

# CRECIMIENTO EN DIÁMETRO Y ALTURA DE UNA PLANTACIÓN MIXTA DE ESPECIES TROPICALES EN VERACRUZ

## DIAMETER AND HEIGHT GROWTH OF A MIXED PLANTATION WITH TROPICAL SPECIES IN VERACRUZ STATE

Edgar Hernández Máximo<sup>1</sup>, José Luis López Ayala<sup>1</sup> y Vicente Sánchez Monsalvo<sup>1</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental El Palmar, Veracruz con el objetivo de evaluar el crecimiento en altura y diámetro, de una plantación de cuatro especies asociadas (*Cedrela odorata*-*Cordia alliodora* y *Tectona grandis*-*Swietenia macrophylla*). En el primer grupo se consideraron cuatro tratamientos experimentales: T1) Sin fertilización y procedencia local; T2) Sin fertilización y procedencia foránea; T3) Con fertilización y procedencia local; T4) Con fertilización y procedencia foránea. Para el segundo se incluyó un solo tratamiento T1) Sin fertilización y procedencia local en cuatro parcelas ubicadas en los extremos de la plantación. El análisis de varianza se realizó, para cada asociación, con un arreglo de parcelas divididas bajo un modelo de medidas repetidas. En general, se determinó que en ambas se presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) en altura y diámetro. Destacó el tratamiento (T1) como el mejor. *T. grandis* fue la especie que registró el mayor crecimiento promedio (diámetro = 10.9 cm, altura = 9.83 m) y la tasa de crecimiento más alta (altura = 1.96 m año<sup>-1</sup> diámetro = 2.3 cm año<sup>-1</sup>), mientras que *C. alliodora* tuvo el menor crecimiento promedio (diámetro = 5.7 cm, altura = 4.89 m) y la menor tasa de crecimiento (altura = 0.97 m año<sup>-1</sup> y diámetro = 1.3 cm año<sup>-1</sup>). Se concluyó que conocer la fuente de germoplasma es más importante para las plantaciones que la aplicación de fertilizante.

**Palabras clave:** *Cedrela odorata* L., *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken., crecimiento, plantación mixta, *Swietenia macrophylla* King, *Tectona grandis* L. f.

### ABSTRACT

The study here described was carried out in El Palmar Experimental Station, in Veracruz State, with the aim of assessing growth in height (H) and diameter (DBH) of a plantation with four associated species (*Cedrela odorata*-*Cordia alliodora* and *Tectona grandis*-*Swietenia macrophylla*). In the first group, four experimental treatments were included: T1) Without fertilization and local provenance; T2) Without fertilization and foreign provenance; T3) With fertilization and local provenance; T4) With fertilization and foreign provenance. For the second group one single treatment was considered, T1) Without fertilization and local provenance in four lots located in the limits of the plantation. The analysis of variance was applied to each association with a split lot arrangement under a repeated measurements model. Differences in H and DBH were highly significant ( $p < 0.0001$ ) in both groups. T1 proved to be the best. *Tectona grandis* had the greatest average growth (DBH = 10.9 cm, H = 9.83 m) and the highest growth rate (H = 1.96 m year<sup>-1</sup>, DBH = 2.3 cm year<sup>-1</sup>) while *Cordia alliodora* had the lowest average growth (DBH = 5.7 cm, H = 4.89 m) and the lowest growth rate (H = 0.97 m year<sup>-1</sup>, DBH = 1.3 cm year<sup>-1</sup>). It was concluded that to know the germ plasm source for plantations is more important than fertilization.

**Key words:** *Cedrela odorata* L., *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken., growth, mixed plantation, *Swietenia macrophylla* King, *Tectona grandis* L. f.

Fecha de recepción: 5 de marzo de 2010.

Fecha de aceptación: 22 de julio de 2011.

<sup>1</sup>Campo Experimental El Palmar, CIR Golfo-Centro, INIFAP. Correo-e: hernandez.edgar@inifap.gob.mx

## INTRODUCCIÓN

La mayor parte de las plantaciones en el trópico americano han sido establecidas con especies introducidas, debido a que crecen más rápidamente que las nativas. Esto genera un alto factor de riesgo, pues a menudo hay poco conocimiento sobre su comportamiento fuera de su área de distribución natural (Ladrach, 1992).

Las plantas nativas crecen con más lentitud, pero su viabilidad a largo plazo es mayor ya que se están adaptadas a las condiciones locales y están mejor preparadas para sobrevivir a variaciones climáticas, brotes de plagas y enfermedades. Si se cuenta con suficiente información en una guía para: la selección del sitio, el establecimiento y manejo de plantaciones, las especies propias de una región pueden ofrecer ventajas tanto ecológicas como económicas, sobre aquellas que son de otra procedencia (Alice *et al.*, 2004; Hummel, 2001). Sin embargo, la asociación con taxa introducidos se logrará con buenos resultados, cuando se les hayan realizado las pruebas de aptitud correspondientes (Wienstroer, 2003).

La diversificación y formas de cultivo en plantaciones mixtas tiene importantes impactos desde los puntos de vista social, ambiental y económico; puesto que contribuyen a restaurar y recuperar la biodiversidad, al reducir la presión sobre los bosques naturales y restablecer hábitats para la fauna silvestre. En ellas se asocian vegetales que generan productos de alto valor, con otros que proporcionan beneficios en el transcurso de la rotación. La diversificación disminuye riesgos fitosanitarios, facilita y reduce las actividades de manejo (podas y limpiezas), mejora la calidad de la madera y aumenta la producción (Loewe y González, 2007; Petit *et al.*, 2009).

En México, las plantaciones forestales se han limitado, principalmente, a la protección de áreas degradadas y pocas veces se han destinado a fines comerciales. No obstante, muchas industrias y organizaciones ligadas a la actividad silvícola las han establecido o planean hacerlo para satisfacer parte de sus necesidades de materia prima, ante la inminente escasez y alejamiento de las fuentes productoras en algunas regiones del territorio nacional (Martínez, 2006).

Zamudio y López (1999) señalan que los aprovechamientos forestales en el sureste del país han sido de especies con alto valor económico como: *Haematoxylum campechianum* L. (tinto), *Cedrela odorata* L. (cedro rojo) y *Swietenia macrophylla* King (caoba). Además, *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken. (suchichuahuitl) y *Tectona grandis* L. f. (teca) son consideradas importantes en el estado de Veracruz. Desafortunadamente existen pocas referencias sobre su crecimiento cuando se agrupan, lo que constituye una de las razones por las que no se han realizado plantaciones mixtas extensivamente.

## INTRODUCTION

Most of the plantations in the American tropics have been established with exotic species, since they grow faster than the native. This means a high risk factor, since often there is a poor knowledge about their behavior out of their natural distribution area (Ladrach, 1992).

Native plants grow slower, but its viability on the long run is greater as they are adapted to the local environment and they are better prepared to survive to climatic variations, plagues and diseases. If there is enough information in a guide to: select the site, establishment and management of plantations, the species of a region might offer ecologic and economic advantages, particularly those from a different provenance (Alice *et al.*, 2004; Hummel, 2001). However the association with exotic taxa will be achieved with good results when the fitness tests have been applied to them (Wienstroer, 2003).

Diversification and cultivation forms in mixed plantations have important impact from social, environmental and economic view points, since they help to restore and recover biodiversity, as they reduce the pressure over natural forests and to re-establish habitat for wildlife. Vegetals that produce high value products are associated with them, with others that supply benefits in the rotation. Diversification lowers phytosanitary risks, favors and reduces managements activities (pruning and sanitation), it improves the quality of wood and increases production (Loewe and González, 2007; Petit *et al.*, 2009).

Forest plantations in Mexico have been restricted, mainly, to the protection of degraded areas and a few times have been made for commercial endings. Nevertheless, many industries and organizations linked to forestry have established them or plan to do it in order to satisfy part of their demands for raw material as they face an imminent scarcity and are far from production sources in some regions (Martínez, 2006).

Zamudio and López (1999) declare that forest harvest in the Southeast of the country has been done over very valuable species such as *Haematoxylum campechianum* L. ("tinto"), *Cedrela odorata* L. ("red cedar") and *Swietenia macrophylla* King (mahogany). Moreover, *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken. ("suchichuahuitl") and *Tectona grandis* L. f. ("teca"), which are considered important species in Veracruz State. Unfortunately there are only a few references about their growth when they get together which is one of the reasons why extensive mixed plantations have not been made.

Since it is important to study the association of economically valuable forest species, in 1994 was developed a project entitled "Establishment, cultivation and management of tropical species in commercial plantations" at the El Palmar

A partir de interés por investigar la asociación de especies forestales con importancia económica, en el Campo Experimental (C.E) El Palmar, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se desarrolló en 1994 un proyecto de gran visión denominado "Establecimiento, cultivo y manejo de especies tropicales de valor en plantaciones comerciales", cuya finalidad era aprovechar al máximo terrenos del trópico mexicano. El presente estudio se deriva de dicha investigación y tiene por objetivo analizar los crecimientos de altura y diámetro de *Cedrela odorata-Cordia alliodora* y *Tectona grandis-Swietenia macrophylla* durante los primeros cinco años.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área

El trabajo se realizó a 2 km al sur de las instalaciones del Campo Experimental (C. E) El Palmar, ubicado en el municipio de Tezonapa, Veracruz (Figura 1), entre las coordenadas 18° 30' 02.77"-18° 30' 00.18"N y 96° 45' 17.21"-96° 45' 15.26"W y a una altitud de 180 m. El clima predominante en la zona corresponde al cálido subhúmedo, cuya precipitación anual es de 2,885 mm, temperatura media anual de 24.4 °C, con 16.1 y 35.45 °C como mínima y máxima, respectivamente.

Experimental Station of INIFAP, with the aim of taking out the best of Mexican tropical lands. The actual study came out of that project with the purpose of analyzing height and diameter growth of *Cedrela odorata-Cordia alliodora* and *Tectona grandis-Swietenia macrophylla* during their first five years.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

Field work was made 2 km South of El Palmar Experimental Station located at Tezonapa municipio in Veracruz State (Figure 1), between 18° 30' 02.77" - 18° 30' 00.18"N and 96° 45' 17.21" - 96° 45' 15.26"W at 180 m high. The prevailing climate in the area is sub-humid warm, with 2,885 mm of rain, 24.4 °C as average annual temperature, 16.1 as minimal and 35.45 °C, maximal.

The place of the plantation is 0.82 ha with a slope under 15%, with a higher point to the South, while to the North is a temporary small water spring, which provokes a slight depression. Soils are latheritic red, deep and with good natural drainage, with a sandy-loam and 4.8 pH.

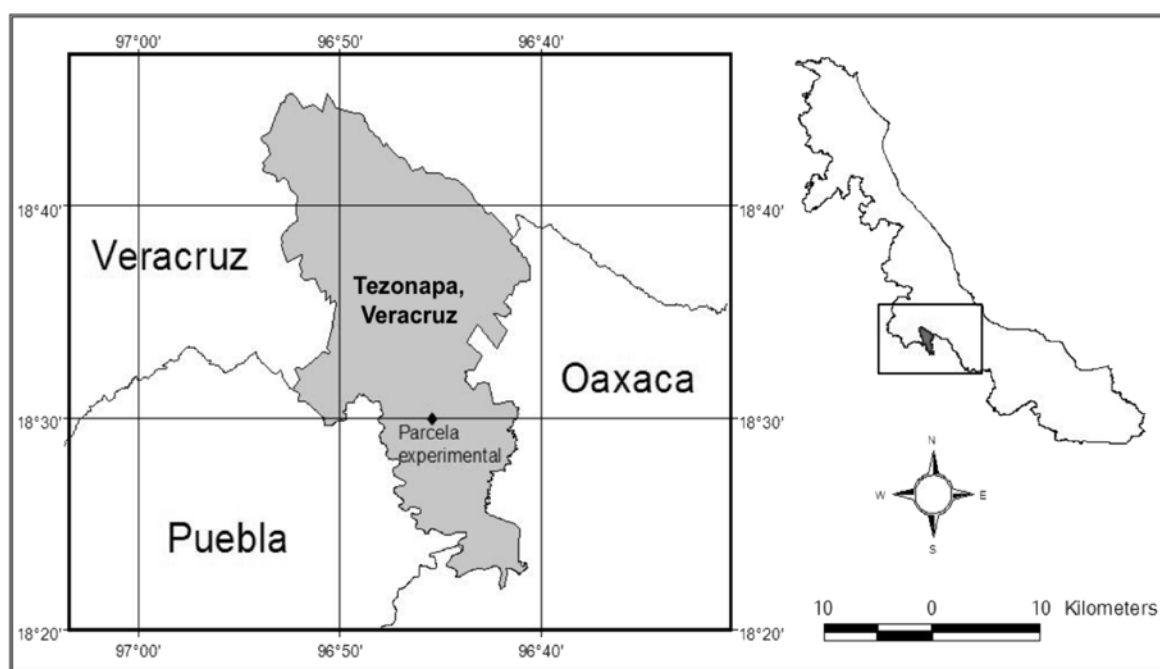


Figura. 1. Localización geográfica de una plantación mixta establecida en el C. E. El Palmar, Tezonapa, Ver.  
Figure. 1. Geographic location of a mixed plantation established in the El Palmar E.S. Tezonapa, Ver.

El sitio donde se estableció la plantación ocupa una superficie aproximada de 0.82 ha, y se caracteriza por tener una pendiente menor al 15%; con una parte más elevada hacia el sur, mientras que en la porción norte se localiza un pequeño nacimiento de agua temporal, que provoca una ligera depresión. Los suelos son rojos lateríticos, profundos y de buen drenaje natural, con textura de migajón arcillo-arenoso y pH de 4.8.

### Diseño y establecimiento de la plantación

En el experimento se plantaron cuatro especies tropicales, y se evaluaron dos asociaciones. La primera con cuatro tratamientos para *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*, mientras que

### Design and establishment of the plantation

In the experiment were planted four tropical species and two associations were assessed. The first with four treatments for *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora*, while in the second group one treatment was applied to *Tectona grandis* and *Swietenia macrophylla* (Table 1). For the local provenance of *Cedrela*, seeds were collected in the Gulf of Mexico Watershed in areas with similar characteristics to those of the site of the plantation and the foreign from the Pacific Ocean Watershed. The male individuals of *Cordia* of local provenance showed phenotypical features common to those of the region. The foreign resulted from the germ plasm obtained from other areas.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a procedencias de cuatro especies establecidas en una plantación mixta.  
Table 1. Applied treatments to the provenances of four species established in a mixed plantation.

Especie	Clave	Tratamiento
<i>Cedrela odorata</i>	T1	Sin fertilización y procedencia local (Tabasco)
	T2	Sin fertilización y procedencia foránea (Jalisco)
	T3	Con fertilización y procedencia local (Tabasco)
	T4	Con fertilización y procedencia foránea (Jalisco)
<i>Cordia alliodora</i>	T1	Sin fertilización y procedencia local (Macho)
	T2	Sin fertilización y procedencia foránea (Hembra)
	T3	Con fertilización y procedencia local (Macho)
	T4	Con fertilización y procedencia foránea (Hembra)
<i>Tectona grandis</i>	T1	Sin fertilización y procedencia local (Árbol 5)
<i>Swietenia macrophylla</i>	T1	Sin fertilización y procedencia local (El Palmar)

en la segunda agrupación se aplicó un tratamiento a *Tectona grandis* y *Swietenia macrophylla* (Cuadro 1). Para la procedencia local de *Cedrela*, la semilla se colectó en la Vertiente del Golfo de México en áreas con características similares al sitio de plantación y la foránea en la Vertiente del Pacífico. Los individuos macho de *Cordia* de procedencia local presentaron características fenotípicas comunes a los de la región. La foránea fue producto de germoplasma obtenido de otras áreas.

La fertilización se llevó a cabo al momento de plantar con la aplicación de 200 g de triple 17 en cada cepa, el cual fue cubierto con una capa de tierra de aproximadamente 10 cm, para separarla de la raíz.

La plantación se estableció en diciembre de 1994. Su trazo se efectuó en "marco real" a 2.5 x 2.5 m, lo que conformó un rectángulo de 78 x 105 m. Se tomaron como base dos hileras horizontales, en la primera se intercalaron ejemplares de *Cedrela-Cordia*, y en la segunda individuos

Fertilization was made at the time of planting with the application of 200 g Triple 17 by each hole, which was covered by a ground layer about 10 cm thick, to separate it from the root.

The plantation was started in December 1994. Its design was in a 2.5 x 2.5 m framework, with built-up a 78 x 105 m rectangle. Two horizontal rows were taken as a basis; in the first one were inserted *Cedrela-Cordia* examples, and in the second, examples of *Cordia*. In four rows in the Eastern (E) and Western (W), part *Tectona-Swietenia* were planted following the same distribution pattern of the first two species (Figure 2).

Afterwards, the spatial arrangement was designed to apply the treatments. In the *Cedrela-Cordia* association were formed two hexagons: one external with foreign provenance *Cedrela* edges, that demarcated the blocks, and an internal one in which the treatments were applied and data were taken. In the interior hexagon were assessed seven *Cedrela* individuals and eight for *Cordia*. In the *Tectona-Swietenia* association were

de *Cordia*. En cuatro hileras de la parte Este (E) y Oeste (O) se introdujeron *Tectona-Swietenia*, con el mismo orden de distribución empleado para las dos primeras especies (Figura 2).

Posteriormente, se diseñó el arreglo espacial para aplicar los tratamientos. En la asociación *Cedrela-Cordia* se formaron dos hexágonos; uno externo con bordos de *Cedrela* de procedencia foránea, que delimitaron los bloques, y otro interno en el que se aplicaron los tratamientos y se tomaron los datos. En el hexágono interior se evaluaron siete individuos de *Cedrela* y ocho para el caso de *Cordia*. En la asociación *Tectona-Swietenia* se hicieron medios hexágonos, y las mediciones se efectuaron sólo en tres árboles de la primera especie y dos en la segunda.

En la asociación *Cedrela-Cordia* se construyeron un total de 16 hexágonos o parcelas, dos de ellas incluyeron una sola especie por lo que correspondieron a los testigos, una de cada especie. En la asociación *Tectona-Swietenia* se generaron cuatro medios hexágonos, distribuidos en la parte E y O de la plantación (Figura 3).

### Toma de datos

Las variables que se midieron fueron el diámetro y la altura derivados de los datos consignados con una periodicidad anual desde 1995 hasta 1999. Para esto se utilizó cinta diamétrica (Forestry Suppliers Model 283D/20F English), clinómetro Sunnto, cinta métrica y varas graduadas a cada 50 cm. La información se registró en formatos de campo, para después capturarla en hojas de cálculo Excel.

### Análisis de la información

Se utilizó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) para realizar el análisis de varianza y determinar si existían diferencias significativas en las variables de respuesta (diámetro y altura) entre los tratamientos. Para ello se empleó un arreglo de parcelas divididas mediante un modelo de medidas repetidas, de acuerdo a la metodología empleada por Gumpertz y Brownie (1993) para mediciones periódicas en un mismo árbol. En el presente estudio tanto la especie, el tratamiento, la repetición y las interacciones tratamiento-especie y tratamiento-repetición se consideraron las fuentes de variación dentro de los individuos. En ésta última se aplicaron las pruebas Greenhouse-Geisser (G-G) y Huynh-Feldt (H-F) para obtener los valores de significancias estrictos (Kuehl, 2001). Las diferencias de crecimiento en diámetro y altura entre especies y fechas de medición por taxón se evaluaron con la Diferencia Mínima Significativa (DMS) para un valor de  $p \leq 0.05$  (Littell *et al.*, 1998).

made half-hexagons, and the measurements were made only in three trees of the first species and two of the second.

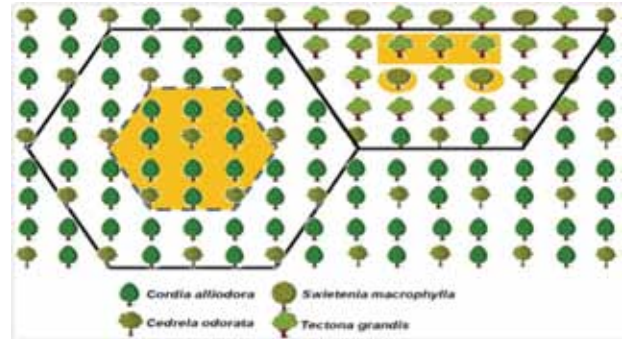
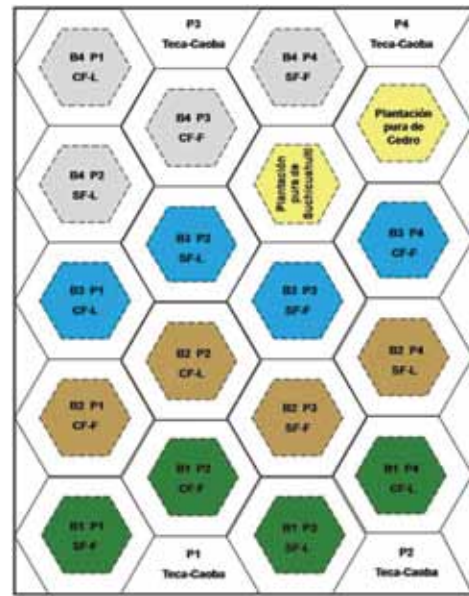


Figura 2. Arreglo espacial de cuatro especies forestales dentro de la plantación experimental.

Figure 2. Spatial arrangement with four forest species in an experimental plantation.

In the *Cedrela-Cordia* association were built 16 hexagons or lots, two of which include one only species, which were taken as control, one for each species. In the *Tectona-Swietenia* association were produced four half hexagons, distributed in the Eastern (E) and Western (W) of the plantation (Figure 3).



SF - L = Sin fertilización y procedencia local; CF - F = Con fertilización y procedencia foránea; SF - F = Sin fertilización y procedencia foránea; B = (Bloques 1, 2, 3, 4); P = (Parcelas 1, 2, 3, 4); CF - L = Con fertilización y procedencia local.  
 SF - L = Without fertilization and local provenance; CF - F = With fertilization and foreign provenance; SF - F = Without fertilization and foreign provenance; B = (Blocks 1, 2, 3, 4); P = (Lots 1, 2, 3, 4); CF - L = With fertilization and local provenance.

Figura 3. Aleatorización de cuatro tratamientos en parcelas experimentales agrupadas en bloques dentro de una plantación mixta.

Figure 3. Randomization of four treatments in experimental lots grouped into blocks in a mixed plantation.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer análisis se obtuvieron diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) de altura y diámetro entre individuos de *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* en tratamientos, especie e interacción tratamiento x repetición. También se observaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) dentro de los individuos (Cuadro 2).

Los resultados para las especies *Tectona grandis* y *Swietenia macrophylla* mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) dentro de los individuos en crecimiento de altura y diámetro normal, únicamente, en las fechas de medición y la interacción fecha x bloque (Cuadro 3).

Al analizar la comparación de medias de la asociación *Cedrela-Cordia* se observó que en el primer año no hubo diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo en los años siguientes sí se presentaron. En las dos especies el tratamiento 1 (sin fertilizante, procedencia local) fue el que presentó los mejores resultados, durante el periodo de evaluación, y registró valores de 4.38 m en altura y 5 cm de diámetro en 1999. Al tratamiento 2 (sin fertilización, procedencia foránea) le correspondieron los resultados más bajos con 2.96 m y 4 cm de altura y diámetro, respectivamente, para el mismo año. La interacción, en ambas taxa, entre los tratamientos 1 y 3 (procedencia local sin y con aplicación de fertilizante), evidenció que las medias en altura y diámetro favorecen a *Cedrela odorata* (cuadros 4 y 5).

En la comparación de medias de la asociación *Tectona-Swietenia* no hubo diferencias significativas en los bloques, por lo que se obtuvieron crecimientos similares tanto en altura, como en diámetro para ambas especies, excepto en 1999. Esto pudo deberse a que en ese año se presentó un incendio que afectó el desarrollo de los árboles de las subparcelas localizadas en la parte sur de la plantación, los cuales fueron superados ampliamente por los de la porción norte. En cambio, al efectuar la interacción de los bloques con las especies, las diferencias significativas se registraron en los años 1995 y 1999 (cuadros 6 y 7).

Al tratamiento 1 le correspondió el mejor efecto, específicamente en *Cedrela odorata*, y con ello se corrobora lo mencionado por Hummel (2001), quien considera que cuando se cuenta con suficiente información en una guía para la selección del sitio, el establecimiento y manejo de la plantación, las especies nativas ofrecen ventajas ecológicas y económicas, sobre las exóticas, o que no son del sitio.

## Data sampling

Diameter and height were the variables that were measured, with an annual record from 1995 to 1999. A diametric tape (Model 283D/20F Forestry Suppliers English), Sunto clinometer, metric tape and 50cm scale yardsticks were used. The data were ordered in field charts to recover them later in Excel worksheets.

## Information analysis

The SAS statistical program was used for the analysis of variance and to determine if there were any significant differences in the response variables (diameter and height) among treatments. Thus, a sub-split plot arrangement was used through a model of repeated means (Gumpertz and Brownie, 1993) for periodical measurements in one same tree. In the actual study the species, the treatment, the replication and the species-treatment and treatment-replication interactions were taken as the variation sources inside the individuals. In this last one, Greenhouse-Geisser (G-G) and Huynh-Feldt (H-F) tests were applied to find the values of strict significance (Kuehl, 2001). The differences in diametrical and height growth among species and measure dates per taxon were assessed by the Least Significant Difference (LSD) for a  $p \leq 0.05$  value (Littell *et al.*, 1998).

## RESULTS AND DISCUSSION

Highly significant differences ( $p < 0.0001$ ) in height and diameter among individuals of *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* were obtained in treatments, species and in the treatment-replication interaction. Within individuals were observed significant differences ( $p < 0.0001$ ) as well (Table 2).

For *Tectona grandis* and *Swietenia macrophylla* there were highly significant differences ( $p < 0.0001$ ) within individuals only in height and diameter in measurement days and in the date x block interaction (Table 3).

When analyzing the mean comparison of the *Cedrela-Cordia* association it was identified that there were non significant differences in the first year among treatments; however, in the following years, they did happen. In both species, treatment 1 (without fertilization and local provenance) showed the best results during the assessment period and registered 4.38 m in height and 5 cm in diameter in 1999. The lowest numbers (2.96 m high and 4 cm of diameter) came from treatment 2 (without fertilization, foreign provenance) for the same year. For both taxa, the interaction between treatments 1 and 3 (local provenance without and with fertilization) made evident that the measurements of height and diameter favor *Cedrela odorata* (tables 4 and 5).

Cuadro 2. Análisis de varianza del crecimiento en altura y diámetro de *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* con un modelo de medidas repetidas.Table 2. Analysis of variance of height and diameter growth of *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora* with a repeated mean model.

Fuente de variación	Altura 1				Diámetro 1		
	g. l	Pr>F	G-G	H-F	Pr>F	G-G	H-F
a) Entre individuos							
Tratamiento	3	<0.0001			<0.0001		
Especie	1	<0.0001			<0.0001		
Repetición	4	0.1101			0.0710		
Tratamiento x especie	3	0.0367			0.0231		
Tratamiento x repetición	9	0.0008			0.0008		
Error	249						
b) Dentro de individuos							
Fecha de medición	4	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fecha x tratamiento	12	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fecha x especie	4	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fecha x repetición	16	0.0073	0.0310	0.0264	0.0102	0.0371	0.0320
Fecha x Trat. x Esp.	12	0.4435			0.0377	0.0814	0.0746
Fecha x Trat. x Rep.	36	<0.0001			<0.0001	<0.0001	<0.0001
Error	996						

Valores de p&lt;0.0001 son altamente significativos

p&lt;0.0001 values are highly significant

g.l = grados de libertad; F = estadístico para evaluar la varianza poblacional; G-G = Greenhouse-Geisser; H-F= Huynh-Feldt.

g.l = degrees of freedom; F = statistical to assess population variance; G-G = Greenhouse-Geisser; H-F= Huynh-Feldt.

Cuadro 3. Análisis de varianza del crecimiento en altura y diámetro de *Tectona grandis* y *Swietenia macrophylla* con un modelo de medidas repetidas.Table 3. Analysis of variance of height and diameter growth of *Tectona grandis* and *Swietenia macrophylla* with a repeated mean model.

Fuente de variación	Altura 1				Diámetro 1		
	g. l	Pr>F	G-G	H-F	Pr>F	G-G	H-F
a) Entre individuos							
Bloque	1	0.0602			0.2852		
Especie	1	0.2430			0.7710		
Bloque x especie	1	0.5333			0.7004		
Error	16						
b) Dentro de individuos							
Fecha de medición	5	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fecha x bloque	5	0.0001	0.0029	0.0006	0.0007	0.0076	0.0022
Fecha x especie	5	0.3669	0.3550	0.3636	0.5084	0.4560	0.4871
Fecha x bloque x especie	5	0.0582	0.1038	0.0771	0.2384	0.2610	0.2501
Error	80						

Valores de p&lt;0.0001 son altamente significativos

p&lt;0.0001 values are highly significant

g.l = grados de libertad; F = estadístico para evaluar la varianza poblacional; G-G = Greenhouse-Geisser; H-F= Huynh-Feldt.

g.l = degrees of freedom; F = statistical to assess population variance; G-G = Greenhouse-Geisser; H-F= Huynh-Feldt.

Cuadro 4. Comparación de medias del crecimiento en altura de *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*.  
Table 4. Mean comparison of height growth for *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora*.

Fuente	enero 95 (m)	enero 96 (m)	enero 97 (m)	enero 98 (m)	enero 99 (m)
Tratamientos					
Sin Fertilizante y Local (1)	1.56a	1.89a	3.55a	4.67a	4.38a
Sin Fertilizante y Foráneo (2)	1.36a	1.51b	2.47b	2.87b	2.96b
Con Fertilizante y Local (3)	1.43a	1.60b	3.50a	3.64b	3.64ab
Con Fertilizante y Foráneo (4)	1.41a	1.55b	2.73b	3.17b	3.44ab
Tratamiento x Especie					
1 x Co	2.71a	2.75a	4.79ab	6.47a	6.53a
1 x Ca	0.94c	1.04c	2.31de	2.87cd	2.23e
2 x Co	1.74b	2.11b	3.33cd	4.21bc	4.63b
2 x Ca	0.99c	0.90c	1.62e	1.53de	1.28e
3 x Co	2.09ab	2.55ab	5.18a	5.99a	5.75ab
3 x Ca	0.77c	0.65c	1.82e	1.30e	1.52e
4 x Co	1.98ab	2.33ab	3.90bc	4.96ab	5.37ab
4 x Ca	0.83c	0.77c	1.57e	1.38de	1.523

Letras distintas indican diferencias significativas (DMS,  $\alpha = 0.05$ ).

Different letters mean significant differences (LSD,  $\alpha = 0.05$ ).

Co = *Cedrela odorata*; Ca = *Cordia alliodora*.

Cuadro 5. Comparación de medias del crecimiento en diámetro para *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*.  
Table 5. Mean comparison of diameter growth for *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora*.

Fuente	enero 95 (cm)	enero 96 (cm)	enero 97 (cm)	enero 98 (cm)	enero 99 (cm)
Tratamientos					
Sin Fertilizante y Local (1)	1a	2a	4ab	5a	5a
Sin Fertilizante y Foráneo (2)	1a	1ab	3c	3b	4b
Con Fertilizante y Local (3)	1a	1ab	4a	4ab	4ab
Con Fertilizante y Foráneo (4)	1a	1b	3bc	4b	5ab
Tratamiento x Especie					
1 x Co	2a	3a	6ab	7a	8a
1 x Ca	0.4b	0.4c	2c	3cd	3b
2 x Co	1a	2b	4b	5bc	6a
2 x Ca	1b	0.2c	1c	2de	1b
3 x Co	2a	3a	7a	7a	7a
3 x Ca	0.3b	0.2c	1c	1e	2b
4 x Co	2a	2ab	5b	6ab	7a
4 x Ca	0.4b	0.3c	1c	2de	2b

Letras distintas indican diferencias significativas (DMS,  $\alpha = 0.05$ ).

Different letters mean significant differences (LSD,  $\alpha = 0.05$ ).

Co= *Cedrela odorata*; Ca= *Cordia alliodora*.



## Supervivencia

*Cedrela odorata* presentó una supervivencia superior al 90 %, al final de los cinco años de evaluación, mientras que *Cordia alliodora* registró una tendencia descendente.

Tal situación es atribuible a la alta densidad (2.5 x 2.5 m) y a las condiciones del terreno donde se estableció la plantación (Figura 4).

There were no significant differences in the mean comparison of the *Tectona-Swietenia* association in the blocks, which means that there were similar growths in height and diameter of both species, except in 1999. This might have been due to the fact that in that year a forest fire occurred that affected the development of the trees of the sub-plots located at the southern part of the plantation, which was widely exceeded by that from the trees of the northern part. In contrast, when analyzing the interaction between blocks and species, the significant differences were confirmed in the 1995 and 1999 years (tables 6 and 7).

Cuadro 6. Comparación de medias del crecimiento en altura para *Tectona grandis* y *Swietenia macrophylla*.  
Table 6. Mean comparison of height growth for *Tectona grandis* and *Swietenia macrophylla*.

Fuente	enero 95 (m)	enero 96 (m)	enero 97 (m)	enero 98 (m)	enero 99 (m)
Bloque					
Norte (1)	1.84a	1.92a	3.82a	4.41a	9.74a
Sur (2)	1.40a	2.08a	4.18a	5.44a	4.28b
Bloque x Especie					
1 x Tg					
1 x Sm					
2 x Tg					
2 x Sm	2.30a	1.83a	2.73a	3.97a	10.43a
	1.38ab	2.00a	4.90a	4.86a	9.06a
	1.68ab	2.45a	5.00a	3.67a	2.50b
	1.13b	1.70a	3.35a	7.14a	5.95ab

Letras distintas indican diferencias significativas (DMS,  $\alpha = 0.05$ ).

Different letters mean significant differences (LSD,  $\alpha = 0.05$ ).

Tg= *Tectona grandis*; Sm= *Swietenia macrophylla*.

Cuadro 7. Comparación de medias del crecimiento en diámetro para *Tectona grandis* y *Swietenia macrophylla*.  
Table 7. Mean comparison of diameter growth for *Tectona grandis* and *Swietenia macrophylla*.

Fuente	enero 95 (cm)	enero 96 (cm)	enero 97 (cm)	enero 98 (cm)	enero 99 (cm)
Bloque					
Norte (1)	1a	2a	4a	4a	10a
Sur (2)	1a	2a	4a	6a	4b
Bloque x Especie					
1 x Tg	2a	2a	3a	4a	11a
1 x Sm	0.4b	1a	5a	5a	9ab
2 x Tg	1ab	3a	6a	4a	4b
2 x Sm	0.4b	1a	3a	7a	5ab

Letras distintas indican diferencias significativas (DMS,  $\alpha = 0.05$ ).

Different letters mean significant differences (LSD,  $\alpha = 0.05$ ).

Tg= *Tectona grandis*; Sm= *Swietenia macrophylla*.

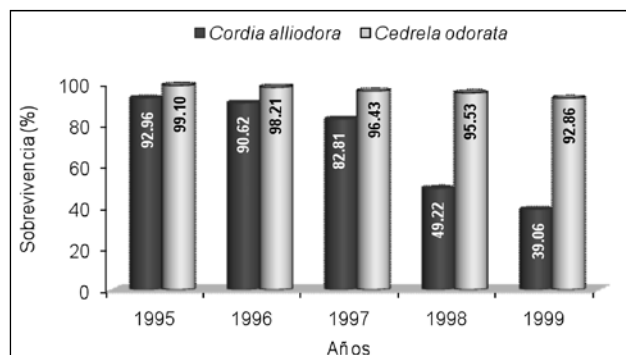


Figura 4. Porcentaje de supervivencia de *Cordia alliodora* y *Cedrele odorata* establecidas en una plantación mixta.

Figure 4. Survival per cent of *Cordia alliodora* and *Cedrele odorata* established in a mixed plantation.

Estos resultados son comparables con lo citado por Van der Poel (1988), quien concluye que *Cordia* requiere, de al menos, un espaciamiento de 4 x 4 m. Distancias menores originan un estancamiento en su crecimiento y, por lo tanto, mortandad después de dos años. Además, es muy susceptible a los excesos de humedad en el área, por lo que debe evitarse plantarla en sitios con acumulación de dicho líquido (CONABIO, 2009).

En cambio, *Cedrele odorata* es tolerante a inundaciones temporales y alcanza un mejor crecimiento sobre suelos profundos, clima húmedo, precipitación entre 1,000-3,738 mm anuales y temperaturas de 20 a 27 °C (CTFS, STRI y Fundación Natura, 2009; SIRE, 2009). Características que existen en el área donde se ubicó la plantación, lo que probablemente permitió a la especie registrar un alto porcentaje de supervivencia superior a 90 %.

Para *Cedrele* se obtuvieron valores similares a los de Ramírez *et al.* (2008) en el sur de Tamaulipas. Ellos consignan una supervivencia de 93.5 %; así mismo, señalan que el Programa Nacional de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN) exige un mínimo de 90 % durante el primer año de la plantación, por lo que sus resultados fueron satisfactorios. En el presente trabajo la reposición de planta se hizo solo en el primer año y se logró un porcentaje de supervivencia de 96.43, a los tres años de edad.

En la asociación *Tectona grandis-Swietenia macrophylla* se observó algo parecido a lo que pasó con *Cordia alliodora*, ya que la primera especie tuvo el porcentaje de supervivencia más alto durante el primer año y disminuyó, hasta mantenerse estable, en el cuarto y quinto año; mientras que para *S. macrophylla* dicho valor se mantuvo constante en el periodo de evaluación (cinco años) (Figura 5).

The best effect came from treatment 1, specifically over *Cedrele odorata*, and with it is confirmed what Hummel (2001) stated, as he considers that when there is enough information in a guide to select a site or place as well as to control the establishment and management of a plantation, native species offer ecological and economic advantages upon the exotic species or over those that do not belong to the place.

### Survival

Over 90% of *Cedrele odorata* individuals survived after the five-year assessment, while *Cordia alliodora* had a descendant tendency. Such situation might be explained by the high forest density (2.5 x 2.5 m) and the land conditions in which the plantation was established (Figure 4).

These results are comparable to what Van der Poel (1988) concluded, that *Cordia* requires a 4 x 4 m spacing, as smaller distances provoke a stagnation in its growth, and consequently, death after two years. In addition, it is very susceptible to moisture excess, so, places where water accumulates must be avoided when being planted (CONABIO, 2009).

In contrast, *Cedrele odorata* is tolerant to temporary floodings and reaches a better size when it grows on deep soil, with a humid climate, 1,000-to 3,738 mm annual precipitation and temperatures between 20 and 27 °C (CTFS- STRI - Fundación Natura, 2009; SIRE, 2009), which are proper characteristics to the area where the plantation was placed, a fact that probably favor the high survival number, over 90%.

Similar values were obtained for *Cedrele* to those Ramírez *et al.* (2008) found in South of Tamaulipas State. They determined 93.5% of survival; also, they point out that the National Program of Commercial Forest Plantations (PRODEPLAN) demands 90% during the first year of the plantation, which means that they had satisfactory results. In the actual work, plant replacement was made only during the first year and the survival per cent was 96.43 after three years.

In the *Tectona grandis-Swietenia macrophylla* association was observed something similar to what happened with *Cordia alliodora*, since the first species had the highest survival during the first year and diminished until the fourth and fifth year till it became stable, while for *S. macrophylla* the value kept the same in the five years of assessment (Figure 5).

*Tectona grandis* plantations in Nicaragua have a 100 % of survival between 3 and 4 years old, and 73 % those of *Swietenia macrophylla* (Piotto *et al.*, 2000), which is similar to the actual study, and differ from what was found in Venezuela for *Swietenia macrophylla* (3 to 9 years) and *Cedrele odorata*

Algunas plantaciones de *Tectona grandis* de Nicaragua tienen una supervivencia del 100 % entre los 3 y 4 años de edad, y 73 % las de *Swietenia macrophylla* (Piotto *et al.*, 2000), que coincide con el presente trabajo, pero contrasta con lo determinado en Venezuela para *Swietenia macrophylla* (3 a 9 años) y *Cedrela odorata* (2 a 4 años) cuyos registros fueron de 24 y 43 %, respectivamente, en respuesta a posibles ataques de *Hypsipyla grandella* Zeller (Lozada *et al.*, 2003). Por su parte, Arteaga e Izaguirre (2004) evaluaron *Cedrela* y *Swietenia* en una plantación con varias especies tropicales en Quintana Roo, bajo tres sistemas de plantación, y obtuvieron un porcentaje de supervivencia de 72 % en el sistema Taungya, en tanto que con el sistema de enriquecimiento en fajas, fue de 63 % y con el de brechas bajo dosel protector, de 48 %.

### Crecimiento en altura y diámetro

La altura y el diámetro normal promedio de *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* mantuvieron un crecimiento de forma ascendente. Para las variables consideradas, la primera especie fue la más sobresaliente, ya que presentó valores de diámetro y altura de 85 cm y 6.64 m, respectivamente en 1999. *Cordia alliodora* alcanzó 57 cm y 4.89 m en diámetro y altura, en el mismo año (figuras 6 y 7).

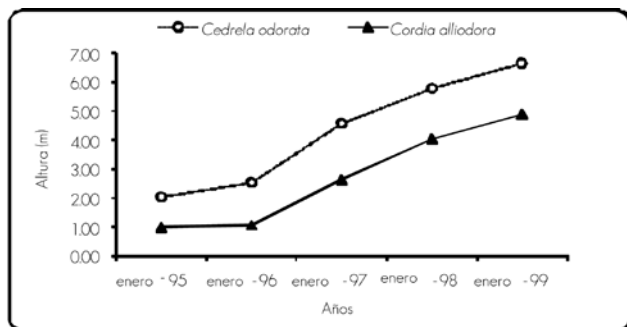


Figura 6. Crecimiento en altura de *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* establecidas en una plantación mixta.

Figure 6. Height growth of *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora* established in a mixed plantation.

En este estudio los valores determinados para *Cedrela* son similares a los citados por Forte *et al.* (2005), con un crecimiento promedio de 10 m en altura y un diámetro de 17 cm, a una edad de 12 años, los cuales se obtuvieron con la aplicación de labores culturales (riego, fertilización, replante, limpiezas y control de plagas) y en un clima de trópico seco. A su vez, los datos fueron superiores a lo registrado por Ramírez *et al.* (2008), quienes determinaron al tercer año de edad un crecimiento promedio de 51 cm en diámetro y una altura de 4.40 m, en una plantación establecida al sur de Tamaulipas, a pesar de que realizaron un mayor número de labores culturales (fertilización y control de malezas).

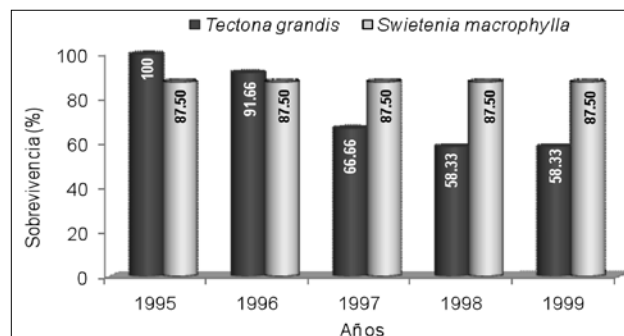


Figura 5. Porcentaje de supervivencia de *Tectona grandis* y *Swietenia macrophylla* establecidas en una plantación mixta.

Figure 5. Survival per cent of *Tectona grandis* and *Swietenia macrophylla* established in a mixed plantation.

*Cedrela* and *Swietenia* in a plantation with several tropical species in Quintana Roo, under three plantation systems, and got 72 % of survival in the Taungya system, while with the enrichment by row system, it was 63 % and with that of paths under protective canopy, 48 %.

### Growth in height and diameter

Average height and normal diameter of *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora* kept an ascendent growth. The first species was the most outstanding, since it reached a diameter of 85 cm and 6.64 m of height in 1999. *Cordia alliodora* registered 57 cm of diameter and 4.89 m in height, in the same year (figures 6 and 7).

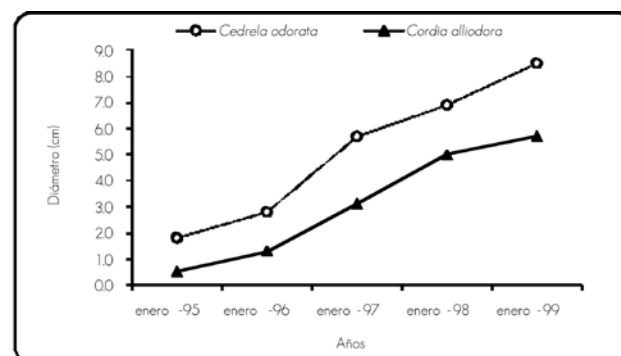


Figura 7. Crecimiento en diámetro de *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* establecida en una plantación mixta.

Figure 7. Diameter growth of *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora* established in a mixed plantation.

In this study the numbers determined for *Cedrela* are similar to those declared by Forte *et al.* (2005), with an average height growth of 10 m and 17 cm of diameter after 12 years, where cultivation labors were applied (watering, fertilization, replanting, cleansing and plague control) and

En Costa Rica se documentaron crecimientos entre 12-15 m de alto y 15-20 cm de diámetro a los 8 años y en Panamá para árboles de 15 años de *C. odorata* de 22 m de alto y diámetros de aproximadamente 70 cm (CTFR, STRI y Fundación Natura, 2009).

En la literatura se mencionan que *Cordia alliodora* durante sus primeros 10 años puede superar los 2 m en altura y 2 cm en diámetro, datos que concuerdan con lo registrado en este trabajo. Sin embargo, el crecimiento diamétrico y volumétrico es susceptible a la densidad de la plantación, ya que depende de las condiciones ambientales. Van der Poel (1988) indica que en una plantación, para alcanzar diámetros de 40-45 cm, es necesario que transcurran entre 20 y 35 años, y menciona que el uso de fertilizantes parece estimular poco el crecimiento juvenil. Por ello se puede decir que esta asociación no es viable, a menos que las especies se establezcan en sitios libres de inundaciones temporales, porque éstas afectan a *Cordia alliodora*.

Para *Tectona grandis* y *Swietenia macrophylla* se verificó una dinámica de crecimiento similar, hasta 1997. En 1998 *T. grandis* fue un poco superada por *S. macrophylla* en altura; después, en 1999 se recuperó y alcanzó una altura de 9.83 m y un diámetro de 10.9 cm, mientras que *Swietenia* llegó a medir 8.58 m y 8.5 cm en altura y diámetro, respectivamente al final del periodo 1995-1999 (figuras 8 y 9). Esto indica que la asociación de esos taxa con la distancia de plantación utilizada es viable a pesar de tener alta densidad, ya que no se modificaron las variables de crecimiento.

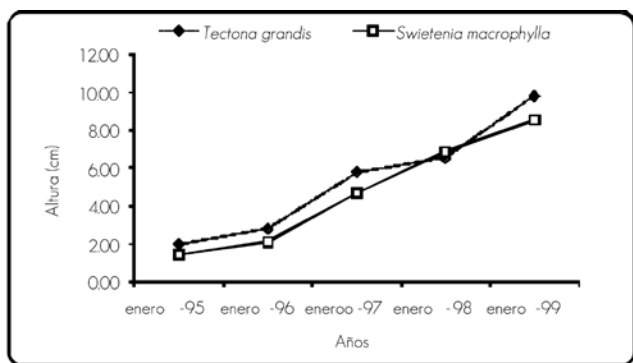


Figura 8. Crecimiento en altura de *Tectona grandis* y *Swietenia macrophylla* en una plantación mixta.

Figure 8. Height growth of *Tectona grandis* and *Swietenia macrophylla* in a mixed plantation.

El crecimiento de las variables en *T. grandis* concuerda con la información de Schargel y Hernando (2007), quienes obtuvieron una altura total promedio de 3.735 m y un diámetro de 418 cm, al primer año de edad en una plantación pura,

prevailed a dry tropical climate. Data were higher than those of Ramírez *et al.* (2008), who calculated an average diameter of 51 cm and a height of 4.40 m at the third year of a plantation at Southern Tamaulipas State, in spite of having made a greater number of cultivation labors (fertilization and weed control).

In Costa Rica were recorded growths between 12-15 m high and 5-20 cm in diameter after 8 years and in Panama for 15 year-old trees of *C. odorata*, of 22 m tall and diameters around 70 cm (STRI and Fundación Natura, 2009).

According to literature, *Cordia alliodora* may surpass 2 m in height and 2 cm in diameter during their first 10 years, which is coincidental to the results of this report. However, diametric and volumetric growth is susceptible to the forest density of the plantation, since it depends on environmental conditions. Van der Poel (1988) indicates that in order to get diameter of 40 to 45 cm in a plantation 20 to 35 years are necessary and fertilization seems to stimulate very little young growth. Thus, it can be declared that this is not a viable association, except that the species are established in places free of temporary droughts as they affect *Cordia alliodora*.

Similar growth dynamics were observed in *Tectona grandis* and *Swietenia macrophylla* until 1997. In 1998 *T. grandis* was slightly overtaken by *S. macrophylla* in height; later, in 1999 it recovered and reached 9.83 m and 10.9 cm of diameter, while *Swietenia* grew up to 8.58 m tall and 8.5 cm in diameter at the end of the 1995-1999 period (figures 8 and 9). This means that the association of these taxa with the plantation distance that was used is viable in spite of having high forest density, as growth variable were not altered.

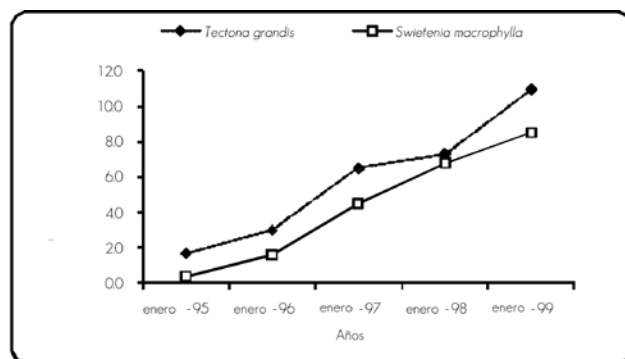


Figura 9. Crecimiento en diámetro de *Tectona grandis* y *Swietenia macrophylla* en una plantación mixta.

Figure 9. Diameter growth of *Tectona grandis* and *Swietenia macrophylla* in a mixed plantation.

mientras que en la asociación agroforestal su altura fue de 3.743 m y 392 cm de diámetro, en suelos inceptisoles. Sin embargo, contrasta con los resultados de Corona *et al.* (2005) y Chaves y Fonseca (2009), que concluyeron que las altas densidades a temprana edad de la Teca (2 x 2 m o 2.5 x 2.5 m) impactan en su crecimiento.

Los datos de la caoba son superiores a los de Benavides *et al.* (2005) para una plantación bajo tratamientos de fertilización, cuyos valores fueron de 84 cm en diámetro y 40 m en altura. Es posible que el mayor crecimiento en ambas variables que se obtuvo en el presente trabajo responda a las condiciones del sitio.

### Incremento por año

De las cuatro especies en estudio, para *Tectona grandis* se registró el incremento más grande (altura = 1.96 m año<sup>-1</sup>, diámetro = 23 cm año<sup>-1</sup>), seguida por *Swietenia macrophylla* (altura = 1.79 m año<sup>-1</sup>, diámetro = 20 cm año<sup>-1</sup>) y *Cedrela odorata* (altura = 1.15 m año<sup>-1</sup>, diámetro = 17 cm año<sup>-1</sup>); *Cordia alliodora* tuvo las menores cifras (altura = 0.97 m año<sup>-1</sup> y diámetro = 13 cm año<sup>-1</sup>).

En la investigación que aquí se documenta, realizada en un área cálida subhúmeda, se determinó que a teca le corresponden los mayores incrementos. Al respecto, Krishnapillay (2000) consigna que en parcelas pequeñas se desarrolla mejor cuando se localizan en regiones más húmedas y cálidas, que las propias para su cultivo tradicional. Por otra parte, en el norte de Malasia se creía que esta especie crecía mejor en los estados más secos y no se promovía su establecimiento en otras partes del país, más cálidas y húmedas (Krishnapillay, 2000).

El incremento por año de *Cordia alliodora* en altura y diámetro es inferior a lo citado por el CATIE (1995), con una tasa de crecimiento en altura de 3 m año<sup>-1</sup>, durante los primeros cinco años en los mejores sitios. En condiciones menos favorables alcanza alturas alrededor de 1.5 m año<sup>-1</sup> entre los 5 a 10 años. Sin embargo, son superiores a los resultados de Lozada *et al.* (2003), en plantaciones de especies tropicales en Venezuela, en fajas con fines de enriquecimiento, cuyos incrementos en diámetro fueron 81 cm año<sup>-1</sup> y 0.61 m año<sup>-1</sup>, en altura. Sus sitios se caracterizaron por tener una temperatura media anual de 25 y 26 °C, precipitación media anual de 1,274 a 2,100 mm, altitud de 160 a 700 m y suelos pobres en nutrientes.

*Cordia alliodora* tuvo el menor incremento, aspecto que coincide con Piotto *et al.* (2000) quienes señalaron para *T. grandis*, *S. macrophylla* y *C. odorata* los mayores incrementos, con diámetros de 82, 92, 95 cm año<sup>-1</sup> y alturas de 0.75, 0.70, 0.65 m año<sup>-1</sup>, respectivamente; a diferencia de *C. alliodora* que mostró 0.69 cm año<sup>-1</sup> en diámetro y 0.58 m año<sup>-1</sup> en altura a una edad de tres y cuatro años.

This growth of the variables of *T. grandis* agrees with the information of Schargel and Hernando (2007), who got a total average height of 3.735 m and 418 cm in diameter after the first year in a pure plantation, while in the agroforestry association, their height was 3.743 m and the diameter of 392 cm over inceptisol soils. However, this is contrasting with the results of Corona *et al.* (2005) and Chaves and Fonseca (2009), who concluded that high densities of Teca (2 x 2 m or 2.5 x 2.5 m) at an early age impact their growth.

The data of mahogany are greater than those of Benavides *et al.* (2005) for a plantation with fertilization which got 84 cm in diameter and 40 m in height. It is possible that the greatest growth of both variables that was obtained in the actual work is a reaction to the prevailing conditions in the site.

### Increment by year

*Tectona grandis* had the greatest increment (height = 1.96 m year<sup>-1</sup>, diameter = 23 cm year<sup>-1</sup>) of the four studies involved in the plantation, followed by *Swietenia macrophylla* (height = 1.79 m year<sup>-1</sup>, diameter = 20 cm year<sup>-1</sup>) and *Cedrela odorata* (height = 1.15 m año<sup>-1</sup>, diameter = 17 cm year<sup>-1</sup>); *Cordia alliodora* had the lowest numbers (height = 0.97 m year<sup>-1</sup> and diameter = 13 cm year<sup>-1</sup>).

In the actual study, which was carried out in a sub-humid warm area, it was determined that to teca registered the highest numbers. In this sense, Krishnapillay (2000) declared that in small plots it gets a better development when it is in more humid and warm regions than those where it is traditionally cultivated. On the other hand, in Northern Malaysia there was the idea that it had a better response in drier conditions and its establishment was not promoted in other parts of the country, warmer and more humid (Krishnapillay, 2000).

The increment per year of *Cordia alliodora* in height and diameter is lower to what CATIE (1995) has recorded, with a height growth rate of 3 m year<sup>-1</sup>, during the first five years in the best places. Under less favorable conditions it gets heights of 1.5 m year<sup>-1</sup> between 5 and 10 years. They are higher than those found by Lozada *et al.* (2003) in plantations of tropical in Venezuela, in enrichment strips, where diameter increments were 81 cm year<sup>-1</sup> and 0.61 m year<sup>-1</sup> in height. These places had an average temperature between 25 and 26 °C, average annual precipitation from 1,274 to 2,100 mm, an altitude of 160 to 700 m and poor soils.

*Cordia alliodora* had the smallest increment, which is coincidental with what Piotto *et al.* (2000) pointed out in regard to *T. grandis*, *S. macrophylla* and *C. odorata*, which reached the highest increments with diameters of 82, 92, 95 cm year<sup>-1</sup> and heights of 0.75, 0.70, 0.65 m year<sup>-1</sup>, respectively, which contrasted with *C. alliodora* that only grew 0.69 cm year<sup>-1</sup> in diameter and 0.58 m year<sup>-1</sup> in height at three and four years old.

## CONCLUSIONES

En la asociación *Cedrela odorata*-*Cordia alliodora* se observó que sin fertilización y con procedencia local fue el mejor tratamiento para ambas especies, y con dicho tratamiento, *Cedrela odorata* superó a *Cordia alliodora* en crecimiento de altura y diámetro. La falta de respuesta de *Cordia alliodora* en a los tratamientos, probablemente se deba a la susceptibilidad de la especie a las condiciones del terreno.

De manera general, *Tectona grandis* registró los valores más altos en crecimiento, seguido por *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*.

Conocer la fuente de germoplasma con la que se trabaja es más importante que la aplicación de fertilizante.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los investigadores Dr. Manuel A. Rodríguez Peña e Ing. Francisco A. Domínguez A. por el inicio y ejecución del proyecto.

## 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. *Agronomía Costarricense* 28: 61-71.
- Arteaga M., B. y C. Izaguirre R. 2004. Comportamiento de especies tropicales bajo tres sistemas de plantación. *Foresta veracruzana* 6(01): 45-51.
- Benavides U., G., J. Benavides S., A. Rueda S. y M. Silva L. 2005. Evaluación del crecimiento de seis especies tropicales de rápido crecimiento en La Huerta, Jalisco. *In: Memorias del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales del 26 al 28 de octubre del 2005*. CONAFOR, SEMARNAT, INIFAP, FIRA. Chihuahua, Chih. México. pp. 958-966.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1995. Desarrollo de especies forestales en tierras bajas húmedas de Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico No. 260. Rebeca Butterfield-Turrialba Costa Rica. 42 p.
- Centro de Ciencias Forestales del Trópico (CTFS), Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STR) y Fideicomiso Ecológico de Panamá (FIDECO)/Fundación Natura. 2009. Cultivo de árboles nativos de Panamá. [http://prorena.research.yale.edu/publicaciones\\_files/folleto\\_2cedro.pdf](http://prorena.research.yale.edu/publicaciones_files/folleto_2cedro.pdf) (14 de junio de 2009).
- Chaves S., E. y W. Fonseca G. 2009. Ensayos de aclareo y crecimiento en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.f.) en la Península de Nicoya, Costa Rica. <http://www.una.ac.cr/inis/docs/Teca/temas/RAenTECA2.pdf> (13 de octubre de 2009).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken (1833). [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/16-boraglm.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/16-boraglm.pdf) (15 de octubre de 2009).
- Corona M., J. M., J. de D. Benavides S., A. Rueda S. y A. Gallegos R. 2005. Comparación del crecimiento de cuatro especies forestales tropicales en una plantación experimental en Santiago Ixcuintla
- Lozada J. R., J. Moreno y R. Suescun. 2003. Plantaciones en fajas de enriquecimiento, experiencias en cuatro unidades de manejo forestal de la Guyana Venezolana. *Interciencia* 20(10): 568-575.
- Martínez R., R., H. S. Azpiroz R., J. L. Rodríguez de la O., V. M. Cetina A., M. A. Gutiérrez E. 2006. Importancia de las plantaciones forestales de *Eucalyptus*. *Ra Ximhai*. 2(003): 815-846.

## CONCLUSIONS

In the *Cedrela odorata*-*Cordia alliodora* association was observed that the treatment without fertilization and with a local provenance was the best for both species and with this treatment, *Cedrela odorata* surpassed *Cordia alliodora* in height and diameter growth. The lack of a positive response of the second species to the treatments might be due to the susceptibility of the species to land conditions.

In a general way, *Tectona grandis* showed the highest growth values, followed by *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora*.

It is more important to know the source of the germ plasm that is being used than the application of fertilizer.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Dr. Manuel A. Rodríguez Peña and Ing. Francisco A. Domínguez A. for their help during the initial period and the accomplishment of the project.

*End of the English version*

- Nayarit. *In: Memorias del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales del 26 al 28 de octubre del 2005*. CONAFOR, SEMARNAT, INIFAP, FIRA. Chihuahua, Chih. México. pp. 765-775.
- Forte C., R., J. de D. Benavides S., A. Rueda S. y A. Gallegos R. 2005. Crecimiento de especies tropicales bajo riego y fertilización en una plantación de Tecoman, Colima. *In: Memorias del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales del 26 al 28 de octubre del 2005*. CONAFOR, SEMARNAT, INIFAP, FIRA. Chihuahua, Chih. México. pp. 776-785.
- Gumpertz, M. L. and C. Brownie. 1993. Repeated measures in randomized block and split-plot experiments. *Can. J. Forest. Res.* 23: 625-639.
- Hummel, S. 2001. Una especie nativa en plantaciones: *Cordia alliodora*. Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT). Estación de Investigación Pacific North West. Portland, OR USA. 18 p.
- Kuehl, R. O. 2001. Diseño de Experimentos: Principios Estadísticos para el Diseño y Análisis de Investigaciones. 2a. ed. Thomson-Learning. México, D.F. México. 666 p.
- Krishnapillay, B. 2000. Silvicultura y ordenación de plantaciones de Teca. *Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales (UNASYVA)*, No. 51(201): 14-21.
- Ladrach, W. E. 1992. Técnicas para el establecimiento de plantaciones forestales en la América Tropical. Zobel Forestry Associates, Inc. Raleigh, NC. USA. 9 p.
- 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: 1216-1231.
- Loewe, M. V. y M. González O. 2007. Plantaciones mixtas: Un sistema agroecológico productivo, rentable y sustentable. feb 2007. II Congreso Brasileiro de Agroecología. *Rev. Bras. Agroecologia* 2(1): 1301-1305.

- Petit, A., J. F. Casanova L. y F. J. Solorio S. 2009. Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrientes. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172009000100011&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000100011&lng=es&nrm=iso). (14 de diciembre de 2010).
- Piotto, D., F. Montagnini, M. Kanninen, L. Ugalde y E. Viquez. 2000. Comportamiento de las especies y preferencia de los productores. <http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev38/ct9.pdf>. (19 de mayo de 2009).
- Ramírez G., C., G. Vera C., F. Carrillo A. y O. S. Magaña T. 2008. El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) como alternativa de reconversión en terrenos abandonados por la agricultura comercial en el sur de Tamaulipas. *Agricultura Técnica en México* 34(2): 243-250.
- Schargel, I. y G. Hernando. 2007. Evaluación de un sistema agroforestal de Teca (*Tectona grandis*) y yuca (*Manihot esculenta*). *Revista Unell. Cienc. Tec.* 24: 40-44.
- Sistema de Información para la Reforestación (SIRE). 2009. *Cedrela odorata* L. Paquetes Tecnológicos. <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Fichas%20Técnicas/Cedrela%20odorata.pdf> (5 de agosto de 2009).
- Van der Poel, P. 1988. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón): Experiencias en Colombia. Serie documentación No. 15. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Bogotá, Colombia. 38 p.
- Wienstroer, M., H. Siebert y B. Muller-Using. 2003. Competencia entre tres especies de *Nothofagus* y *Pseudotsuga menziesii* en plantaciones mixtas jóvenes, establecidas en la precordillera andina de Valdivia, Chile. *Bosque*. 24(3): 17-30.
- Zamudio S., F. J. y J. L. López T. 1999. Estudio de la relación área mínima contra área real de la superficie de la copa en árboles de vegetación secundaria en Campeche, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 5(2): 167-171.



Leonardo Atilano Ponce (2011). Árboles nevados, Grouse Mountain, Columbia Británica, Canadá.