

# EVALUACIÓN DE UNA PLANTACIÓN DE TRES ESPECIES TROPICALES DE RÁPIDO CRECIMIENTO EN NUEVO URECHO, MICHOACÁN

H. Jesús Muñoz Flores<sup>1</sup>, Víctor M. Coria Ávalos<sup>1</sup>,  
J. Jesús García Sánchez<sup>2</sup> y Manuel Balam Che<sup>2</sup>

## RESUMEN

A partir de 2003 opera el Programa de Plantaciones Comerciales en Michoacán; sus existencias están integradas con la siguiente distribución: 69% de *Pinus*, 24% de *Cedrela odorata* y *Acrocarpus fraxinifolius*, 5% de *Eucalyptus camaldulensis* y 2% de especies nativas tropicales. Sin embargo, no se tiene conocimiento sobre la adaptación y crecimiento de los taxa exóticos en diferentes condiciones ecológicas de la entidad. Los objetivos del presente estudio consistieron en evaluar el crecimiento en altura, diámetro y la supervivencia de *Tectona grandis*, *Acrocarpus fraxinifolius* y *Gmelina arborea*; además de comparar su incremento medio anual con el obtenido en México y otros países. La plantación se estableció en diciembre del 2003, en Nuevo Urecho, Michoacán, donde el suelo es vertisol crómico, el clima cálido subhúmedo, la pendiente es de 3% y la altitud de 514 m. Se hizo una preparación del terreno previa a la plantación en la cual el barbecho fue a 30 cm de profundidad; se aplicaron riegos auxiliares durante el estiaje. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres tratamientos (especies) y cuatro repeticiones. Cada unidad de muestreo estaba conformada por 25 plantas, 100 por especie en total. Los resultados mostraron diferencias significativas en altura y diámetro entre los tratamientos. *Gmelina arborea* fue la más sobresaliente, con 6.82 m de altura, DAP de 10.81 cm y 94.96% de supervivencia. Por lo tanto, este taxón ofrece potencial para el desarrollo de plantaciones comerciales en el trópico seco del estado de Michoacán.

**Palabras clave:** *Acrocarpus fraxinifolius*, evaluación de crecimiento, *Gmelina arborea*, Michoacán, plantaciones forestales tropicales, *Tectona grandis*.

Fecha de recepción: 03 de mayo de 2007.

Fecha de aceptación: 20 de agosto de 2009.

<sup>1</sup> Campo Experimental Uruapan, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, INIFAP. Correo-e: [munoz.hipolitojesus@inifap.gob.mx](mailto:munoz.hipolitojesus@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup> Facultad de Agrobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

## ABSTRACT

In the state of Michoacan the Commercial Plantation Program began in 2003 and the most planted species are *Pinus* (69%), *Cedrela odorata* and *Acrocarpus fraxinifolius* (24%), *Eucalyptus camaldulensis* (5%) and 2% of native tropical species. Results about their adaptation and growth in different ecological conditions in the state are unknown. The objectives of this research were to assess the response in height growth, normal diameter and survival of *Tectona grandis*, *Acrocarpus fraxinifolius* and *Gmelina arborea*, as well as to compare the annual mean increment with data from foreign countries. The plantation was established in December 2003 at Nuevo Urecho, Michoacan, where environmental conditions are: chromic vertisol soil, subhumid weather, 3% slope and an altitude of 514 m. A random block experimental design was applied, with three treatments and four replications. Each experimental unit was made up of 25 plants, which summed up 100 for each species. Environmental conditions of the place are: land preparation labor was done prior to the establishment of the plantation, and a fallow at 30 cm deep was done. Additional watering was applied during the dry season. Results showed significant differences in height and normal diameter among treatments after two years, but survival was not different. *Gmelina arborea* was the species with the best response (6.82 cm in high), BHD of 10.81 cm and a survival percentage of 94.96. This species offers a good potential to develop a commercial plantation program in the dry tropic area of the state of Michoacán.

**Key words:** *Acrocarpus fraxinifolius*, growth assessment, *Gmelina arborea*, Michoacan, tropical forest plantations, *Tectona grandis*.

## INTRODUCCIÓN

Se estima que en el mundo existen cerca de 100 millones de hectáreas de plantaciones forestales comerciales. La mitad son de crecimiento medio y lento y la otra de crecimiento medio y rápido. Alrededor de 65% de ellas son de coníferas y 35% de latifoliadas (COFOM, 2003a).

México cuenta con 64 millones de hectáreas de bosques de clima templado y selvas, aproximadamente, que abarcan 32% del territorio nacional y ocupa uno de los primeros lugares en tasas de deforestación a nivel mundial calculado entre 350 y 650 mil ha año<sup>-1</sup> (FAO, 2004).

Figueroa y Aparicio (2009) señalan como causas de la deforestación que la superficie forestal es afectada por los desmontes, 8% por la tala ilegal, 4% por incendios, 3% por plagas y enfermedades, 2% por cambios autorizados y 1% por otros motivos.

Michoacán cuenta con una extensión de 59.864 km<sup>2</sup> que representan 3.04% de la superficie territorial y ocupa el 5° lugar por su biodiversidad y multiplicidad de recursos naturales, ahí convergen las regiones Biogeográficas Neoártica y Neotropical. El área arbolada se estima en 2.602.727 ha, de las cuales 1.544.353 ha corresponden a bosques templados y 1.058.374 ha a selvas, en su mayoría medianas y bajas; además de 236.739 ha cubiertas con vegetación de zonas áridas e hidrófila y halófila (COFOM, 2003a).

En el 2003, el gobierno del estado de Michoacán firmó un acuerdo específico de colaboración con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que contempla, entre otras acciones, promover conjuntamente el establecimiento de plantaciones comerciales e impulsar la participación de los productores, de tal manera que los recursos sean utilizados en beneficio de ejidos, comunidades y pequeños propietarios. Para ese año existían en la entidad 80 proyectos de la federación para cubrir una superficie de 13.073 ha con 18.3 millones de plantas y un monto total asignado de 90.4 millones de pesos. Las especies que se utilizan corresponden en un 69% al género *Pinus*, principalmente *Pinus pseudostrobus* Lindl.; 24% a *Cedrela odorata* L. y *Acrocarpus fraxinifolius* Wight y Arn.; 5% a *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y 2% a nativas tropicales. Sin embargo, a la fecha no se tiene conocimiento sobre el desarrollo y adaptación de los diversos taxa de origen exótico plantados en las diferentes condiciones ecológicas de la entidad (COFOM, 2003b).

Holdridge (1968, citado por Whitmore y Otorola, 1976) determina el comportamiento de cuatro plantaciones de *A. fraxinifolius* en la India y Kenia. A los siete años, en el caso del primer país, las plantas mostraron un crecimiento de 9.29 m en altura, diámetro de 10.67 cm y una supervivencia promedio de 50%. En el segundo alcanzaron 18.19 m, 19.53 cm y 51% de supervivencia, respectivamente. Whitmore y Otarola (1976) para un periodo similar, registraron en Costa Rica que los mejores promedios en altura, fueron de 18.19 m (IMAA 2.59 m) y en diámetro de 19.78 cm (IMAD 2.82 cm).

Escárpita (1978) evaluó a *Gmelina arborea* Roxb. a los cuatro años y ocho meses de edad con un espaciamiento de 3.0 x 3.0 m, en Benito Juárez, Tuxtepec, Oaxaca; en ese momento, los árboles tenían una altura promedio de 19.6 m, DAP de 17.1 cm y una supervivencia de 95%.

Cedeño (1978) estableció una plantación de cuatro especies en Escárcega, Campeche: *A. fraxinifolius*, *Schizolobium parahybum* (Vell) S. F. Blake, *G. arborea* y *Tectona grandis* Linn. F. A. *fraxinifolius* a la edad de siete años tenía un IMAA 1.57 m e IMAD 2.08 cm, a los cuatro años IMAA 1.87 m y IMAD 2.4 cm; *T. grandis* con edad de tres años un IMAA 1.66 m e IMAD 1 cm; *Schizolobium parahybum*, a la edad siete años un IMAA 2.21 m e IMAD 1.91 cm y *G. arborea* a la misma edad,

un IMAA 2.28 M e IMAD 3.92 cm, respectivamente. Las especies con mejores incrementos en altura fueron: *G. arborea* y *Schizolobium parahybum*; mientras que para el IMAD, resultaron ser *G. arborea* y *A. fraxinifolius*.

Barrio (1980) realizó un ensayo de tres fuentes locales de *G. arborea* en el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Escárcega, Campeche. A los cinco años de iniciado el trabajo, se hizo una evaluación de la supervivencia y el IMAD; la plantación establecida en 1975 tuvo 97.22%, en tanto que la correspondiente al periodo de 1976 a 1977 presentó 100% de individuos vivos. Referente al IMAD, los valores fueron de 3.15 cm para los experimentos iniciados entre 1975 y 1976, mientras que los respectivos a 1977 alcanzaron 2.88 cm. A pesar de no existir diferencias significativas en las variables mencionadas, el autor recomienda a *G. arborea* por su gran adaptabilidad y mejor incremento en altura y diámetro con respecto a las especies nativas.

Bertoni y Juárez (1980) estudiaron el comportamiento de nueve especies forestales, en la misma localidad que Barrio (1980). A los nueve años mostraron las siguientes medidas de altura, diámetro y el porcentaje de supervivencia: *Gmelina arborea*, 14.04 m, 19.33 cm y 31.25%; *Eucalyptus camaldulensis* 11.16 m, 9.75 cm y 84.37% y *Lonchocarpus castilloi* Standley, 7.90 m, 11.55 cm y 32.81%. Constataron diferencias altamente significativas entre las especies probadas para las tres variables; aunque destacaron las dos primeras por su crecimiento.

Egenti y Oduwaiye (1983, citados por Sánchez, 1989) indicaron que en Nigeria las procedencias de *G. arborea* con el crecimiento más vigoroso fueron las de Costa de Marfil, pues a los 19 años alcanzaron alturas de 10. 22 m (IMAA 0.53), diámetros de 35.07 cm (IMAD 1.84) y supervivencia de 90%, las cuales tuvieron valores superiores a los correspondientes al arbolado de la montaña de Baramura, provincia de Tripura, India, de 5.70 m de altura (IMAA 0.3 m), diámetros de 21.64 cm (IMAD 1.14 m) y 83% de supervivencia.

De la Cruz (1984 citado por Sánchez, 1989) observó el comportamiento de 21 especies introducidas en Huimanguillo, Tabasco, con un espaciamiento de 4.0 x 4.0 m. A la edad de dos años cinco meses, *G. arborea* presentó los datos más sobresalientes, con una altura promedio de 8 m (IMAA 3.2 m) y diámetro de 10.1 cm (IMAD 4.04 cm).

Cedeño (1985) midió *A. fraxinifolius* en cuatro localidades del trópico húmedo de México. En Bacalar, Quintana Roo, a los 18 meses en suelo gleysol alcanzó un IMAA de 3.1 m. En las plantaciones de 12 años ubicadas en Escárcega, Campeche, se estimó un IMAA de 1.6 m y un IMAD de 3 cm. En Villahermosa, Tabasco a los

tres años y seis meses, el autor obtuvo un IMAA de 3.0 m y un IMAD de 4.2 cm; por último, en Huimanguillo, Tabasco a los dos años se determinó un IMAA de 3.7 m y un IMAD de 3.2 cm. El mejor crecimiento en altura se observó en Huimanguillo y en diámetro correspondió a Villahermosa. Concluyó que dicha especie se adaptó bien en términos generales a las localidades probadas y se podría considerar como un taxón promisorio para plantaciones comerciales en la región de estudio.

Chavelas (1985) estableció un ensayo de nueve especies (ocho exóticas y una nativa) en el Campo Experimental San Felipe Bacalar del INIFAP en Quintana Roo. A los cinco años, sobre suelo litosol *A. fraxinifolius* llegó a tener una altura, diámetro y supervivencia promedio de 1.68 m, 2.0 cm y 16%, respectivamente. *Casia siamea* Lam. 4.13 m, 5.0 cm y 83% y *G. arborea* 3.10 m y 4.1 cm y 6%, respectivamente. Sus resultados indicaron que entre las especies nativas y las exóticas existen diferencias altamente significativas en las tres variables.

Juárez y Ramírez (1985) evaluaron la supervivencia, el diámetro, la altura y el volumen de una plantación de siete años y once meses de edad de *G. arborea* también en Escárcega, Campeche, con cuatro espaciamientos: 2.0 x 2.0; 2.5 x 2.5; 3.0 x 3.0 y 3.5 x 3.5 m. Los incrementos más destacados se presentaron en el de 2.5 x 2.5 m con un IMAA 1.64 m e IMAD 1.54 cm, y el IMAV 0.0219 m<sup>3</sup>. Para el espaciamiento de 3.5 x 3.5 m el IMAA fue de 1.38 m y el IMAD de 1.64 cm y el IMAV de 0.215 m. No existió diferencia significativa en la supervivencia y 84% fue la cifra más prometedora.

Años después, Gómez (1989) realizó un estudio en el mismo sitio con cuatro especies exóticas y cuatro nativas. A los siete años *G. arborea* mostró un crecimiento en altura, diámetro y supervivencia promedio de: 10.75 m (IMAA 1.53 m), 13.7 cm (IMAD 1.95 cm) y 90%; *Delonix regia* (Bojer) Raf., 4.34 m, (IMAA 0.62 m), 8 cm (IMAD 1.14 cm) y 77%; *T. grandis*, 2.50 m (IMAA 0.36 m), 3.90 cm (IMAD 0.56 cm) y 20%; *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb, 1.67 m (IMAA 0.23 m), 2.50 cm (IMAD 0.36 m) y 29% y *A. fraxinifolius*, 1.47 m (IMAA 0.21 m), 1.30 cm (IMAD 0.18 cm) y 7% de supervivencia, respectivamente. Se obtuvieron diferencias significativas en las tres variables evaluadas. Como en los casos anteriores, la especie con los valores más altos fue *G. arborea*, seguida de *D. regia* y en tercer lugar *T. grandis*.

Chávez y Fonseca (1991) registraron el establecimiento de plantaciones con *T. grandis* en diversas localidades. En Argentina a la edad de 16 a 17 años, con un espaciamiento de 2.0 x 3.0 m, presentó una altura media de 16 m y un DAP de 14 a 15 cm. En Brasil a los nueve años con un espaciamiento de 1.0 x 1.0 m, consignaron una altura media de 9.3 m y DAP de 9.0 cm. Para Colombia a la edad de cinco a seis años se estimó una altura media de 16 a 17 m y DAP de 14.5 a 15.4 cm. Los autores concluyeron que en este último país, se registraron los mejores desarrollos.

Díaz *et al.* (1993, citados por Patiño, 1995) dieron a conocer los datos derivados de un ensayo de *T. grandis* con cuatro espaciamientos: 2 x 2; 2.5 x 2.5; 3 x 3 y 3.5 x 3.5 m, en Campeche. A los siete años no hubo diferencias significativas al comparar el crecimiento en altura, diámetro y supervivencia entre los espaciamientos. Los mayores crecimientos y supervivencia se obtuvieron en las opciones de 3 x 3 m y 3.5 x 3.5 m, con valores de 6.72 m, 8.84 cm y 87% y 5.67 m, 7.59 cm y 77%, respectivamente. De ahí surgió la recomendación de que el espaciamiento de 3 x 3 m es el más conveniente para la especie, que corresponde a una densidad de plantación de 1,111 árboles ha<sup>-1</sup>.

Respecto al mismo taxón, Pérez y Kanninen (2002) describieron lo observado en Costa Rica, donde a los cuatro años de edad alcanzó una altura y diámetro promedio de 13 m y 13.5 cm y a los 5 años, 14.4 m y 16.0 cm.

*Acrocarpus fraxinifolius*, establecida en Soconusco, Chiapas, a los tres y medio años medía de 9 a 13.30 m y de 17 a 22.2 cm de DAP. Por lo tanto, ofrece buen potencial de crecimiento en las condiciones edáficas y climáticas de la región (Reyes 2005).

Benavides *et al.* (2005) realizaron la evaluación de seis especies (cuatro nativas y dos exóticas) en el municipio de La Huerta, Jalisco, con tres niveles de fertilización. A los 13 años, la altura, diámetro y supervivencia promedio tuvieron registros de 15 m, 29 cm y 87%, para *G. arborea*; de 11 m, 23 y 70% para *T. grandis* y de 9 m, 16 cm y 84% para *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. Consideraron que el riego y la fertilización no constituyeron factores significativos en los crecimientos, pero en las primeras etapas de desarrollo fueron importantes para la sobrevivencia de algunas especies. Melina y teca destacaron en su desarrollo vertical y diamétrico y en los porcentajes de supervivencia.

### Descripción general de las especies

*Tectona grandis*.- El nombre común más conocido es teca, en la mayoría de los países donde se ha introducido. Es una latifoliada de la familia Verbenaceae; habita en bosque de tipo monzónico y húmedo tropical. Originaria de Birmania, de la India y del oeste de Tailandia. También se le ha consignado en Java y en algunas pequeñas islas del archipiélago indonesio; así como al sur del Ecuador (Mahaphol, 1954; Streets, 1962 citado por Chávez y Fonseca, 1991).

Requiere de climas con temperaturas medias anuales entre 22 y 28°C, con una mínima de 17 a 21.3°C y máxima de entre 30.2 a 46°C, una precipitación media anual de (625 – 1,200) 11,250 a 2,500 mm, (2,291 – 3,000) con tres a cinco meses de sequía. La precipitación media de 1,578.7 mm (Fierros *et al.*, 1999 citados en SIRE, 2005). Se adapta a gran variedad de suelos, pero prefiere los suelos aluviales, de textura franco-arenoso o arcillosa, profundos, fértiles, bien drenados y con pH neutro o ácidos; terrenos planos (Fonseca, 2004).

Su madera tiene albura de color castaño claro y duramen castaño claro a verde olivo; se emplea en la fabricación de chapa para triplay, muebles, construcciones de barco, puertas y ventanas, etcétera (Castillo *et al.*, 1993; Fonseca, 2004).

*Acrocarpus fraxinifolius*.- En México se le conoce como cedro rosado o acrocarpus. Pertenece a la familia Leguminosae, Subfamilia Caesalpiniodae. A pesar de ser originario de regiones tropicales asiáticas (sur de la India, de las regiones tropicales y del Archipiélago Malayo) (Ontiveros y García, 2002) y, en particular, de India, Indonesia, Bangladesh, Birmania, Assam, Himalaya, Burna y Sumatra (Chavelas, 1984), en la República Mexicana ha tenido un extraordinario éxito.

Crece en el trópico húmedo y subhúmedo, con estación seca corta y escasas heladas. En su área natural prospera en sitios con temperatura media anual de 19 a 28°C, mínima de 16 a 22°C y máximas de 25 a 35°C. Precipitación entre 500 y 3,000 mm, pero su mejor desarrollo ocurre en lugares donde la lluvia es igual o mayor a 2,000 mm; en suelos de tipo vertisol, profundos a someros, de textura arcillosa, moderadamente drenados a bien drenados, con un pH de 4 a 7.5; aunque, también crece en suelos compactos. Es susceptible a las heladas y no tolera las sequías. Se distribuye en una altitud mínima de 0 m y máxima de 1,700 m y media de 600 a 1,500 m. En México, se planta desde el nivel del mar hasta los 1,400 msnm (SEPATRO, 1997).

En la India se le destina a la elaboración de pulpa para papel. Bajo condiciones favorables de luz se ha usado como sombra para plantaciones de té y café (Lamprecht, 1989, citado por CONAFORb, 1997). La madera es bastante durable y puede aserrarse y trabajarse con facilidad para lograr un buen acabado y pulido. Se vende como sustituto del fresno o nogal para fabricar muebles y entarimados, construcciones en general, tejamanil, etc. (Howar, 1951; National Academy of Sciences, 1979; Streets, 1962 citado por Cedeño, 1985). En el territorio nacional se cultiva en algunas regiones tropicales para aprovechar su madera, la que se emplea para fabricar muebles rústicos y en construcciones rurales (Niembro, 1986).

*Gmelina arborea*.- Especie introducida que tiene gran versatilidad y potencial de usos. Conocida como "Melina" en México, es caducifolia, de rápido crecimiento, pertenece a la familia Verbenaceae. Originaria de las regiones tropicales y subtropicales del Sureste de Asia, en particular, de la India, Nepal, Bangladesh, Sri Lanka, Pakistán, Malasia y el sureste de China (Niembro, 1986, Chavelas y Dewall, 1988 citado por CONAFORc, 1997). Se cultiva ampliamente en el sureste de Colombia, Costa Rica, Brasil, Venezuela, Trinidad y Tobago, Belice, Cuba, México y otros países de las regiones tropicales. Requiere climas con una condición ambiental seca de dos a ocho meses, con temperatura media anual de 21 a 28°C,

mínima de 14 a 24°C, máxima de 24 a 35°C; una precipitación promedio anual de 762 a 15,000 mm año<sup>-1</sup> y una altitud de 0 a 1,300 m (Agrosoft Ltda., 2000).

Se desarrolla en suelos de someros a 50 cm de profundidad, textura arcillosa, ligeramente arenosa y franca con buen drenaje, humedad aparente húmeda, un pH ligeramente ácido, neutro y alcalino, sin sales y fértil (Chavelas y Dewall, 1988; Von Carlowitz *et al.*, 1991; Fierros *et al.*, 1999 citado por CONAFORc, 1997).

Su principal producto es la madera, que se utiliza para leña y carbón, en la fabricación de muebles y gabinetes, instrumentos musicales, tableros de partículas, triplay, cabos para cerillos, cubiertas de barcos y botes. Los frutos, flores, hojas, raíces y corteza se usan para el tratamiento de la tos, dolores de cabeza, problemas estomacales y enfermedades de la sangre, se emplea también como laxativo y tónico para los nervios (CONAFORc, 1997).

Con base en todo lo anterior, se planteó el estudio que se describe a continuación, con los siguientes objetivos: 1) Evaluar el crecimiento en altura y diámetro, así como la supervivencia de *Tectona grandis* (teca); *Acrocarpus fraxinifolius* (cedro rosado) y *Gmelina arborea* (melina), establecidas en el municipio de Nuevo Urecho, Michoacán. 2) Comparar el incremento medio anual obtenido en altura y diámetro de las tres especies, con los incrementos logrados en diferentes países y en otras localidades de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La plantación se localiza en el rancho "La Guadalupe", municipio de Nuevo Urecho, Mich., entre los 19° 12' 38" de latitud norte y los 101° 53' 07" de longitud oeste. La altitud en el lugar es de 514 m, con clima: Aw (w), cálido subhúmedo con lluvias en verano, el porcentaje de lluvia invernal es menor a 5 (INEGI, 1985). Suelo vertisol crómico, con una topografía del terreno plano, exposición zenital y pendiente de 3% (DETENAL, 1979).

Las plantas se propagaron en el vivero del mismo rancho. La semilla de *G. arborea* y *T. grandis*, procedía de Costa Rica y la de *A. fraxinifolius* del estado de Puebla. La siembra de las semillas se llevó a cabo en almácigo y cuando las plántulas tenían una altura aproximada de 8 a 10 cm, se les trasplantó a bolsas de polietileno negro de 10 x 15 cm; posteriormente, se colocaron en platabandas. El substrato consistió en una mezcla de 70% de tierra de suelo vertisol y 30% de suelo andosol (topure).

Preparación del terreno.- Se realizó de forma mecanizada, con el uso de un tractor, para ello se barbechó a una profundidad de 30 cm con el fin de facilitar el riego, conservar la humedad y mejorar el drenaje.

**Establecimiento de la plantación.**- El establecimiento de la plantación experimental tuvo lugar en diciembre del 2003 con *G. arborea*, *T. grandis* y *A. fraxinifolius*, en una superficie de 7,000 m<sup>2</sup>. Se incorporaron plantas de 6 meses de edad, con una altura promedio de 35 a 45 cm. El diseño de plantación fue “Marco real” y el sistema de “Cepa común”, con dimensiones de 30 x 30 x 30 cm, con un espaciamiento promedio de 4.0 x 4.0 m para *G. arborea* y *A. fraxinifolius*, que corresponde a 625 árboles ha<sup>-1</sup> y para *T. grandis* de 2.0 x 3.0 m, con una densidad de 1,666 árboles ha<sup>-1</sup>.

A partir del inicio de la plantación y durante los meses de febrero a mayo, época de estiaje, se aplicaron riegos de auxilio cada 15 días. El mantenimiento consistió en la eliminación de malezas con la aplicación de herbicidas Faena® y Coloso, tres veces por año.

### Modelo estadístico y análisis de la información

Se siguió un diseño experimental en bloques completos al azar, con tres tratamientos (especies): a) *T. grandis*, b) *A. fraxinifolius* y c) *G. arborea* y cuatro repeticiones; cada unidad constó de 25 plantas, para un total de 100 por especie. El modelo utilizado para el análisis estadístico (Martínez, 1988) se define como:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + I_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta (diámetro, altura y supervivencia)

$B_i$  = Efecto del bloque,  $i = 1, 2, 3, 4$

$\mu$  = Promedio general

$I_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tratamiento,  $j = 1, 2, 3$

$\varepsilon_{ij}$  = Error aleatorio ij.

El análisis de varianza se ejecutó mediante el paquete Statistical Analysis System (SAS) y el procedimiento PROC GLM. Cuando se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), se realizaron las pruebas de comparación de medias de Tukey.

**Evaluaciones de campo.**- Se hicieron cinco mediciones, una al establecer la plantación, a los 6, 12, 20 y 24 meses, durante las cuales se tomaron datos de altura, diámetro y supervivencia. Estos últimos fueron transformados a arcoseno para proceder a su análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura.- El análisis estadístico para esta variable a la edad de evaluación, mostró diferencias significativas en los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), con un coeficiente de variación de 8.47% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable altura promedio a dos años de establecida la plantación de *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Acrocarpus fraxinifolius* en el municipio de Nuevo Urecho, Mich.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Repeticiones	3	0.1955	0.0651	0.24	0.8653
Tratamientos	2	4.3471	2.1735	8.01	0.0202
Error	6	1.6277	0.2712		
Total	11	75.4108			

FV = Factor de variación; GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio.

Al verificarse diferencias significativas entre las alturas promedio de las tres especies, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba de Tukey para la variable altura promedio a dos años de establecida la plantación de *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, y *Acrocarpus fraxinifolius* en el municipio de Nuevo Urecho, Mich.

Tratamientos	Valor
<i>Gmelina arborea</i>	6.8225 a
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	6.2525 ab
<i>Tectona grandis</i>	5.3600 b

\*Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

La prueba indica que la mayor altura promedio correspondió a *G. arborea* con 6.82 m, seguida de *A. fraxinifolius* con 6.25 m y finalmente *T. grandis* con 5.36 m, lo que revela una diferencia de 0.57 m, en comparación con *A. fraxinifolius* y de 1.46 m respecto a *T. grandis* (Figura 1).

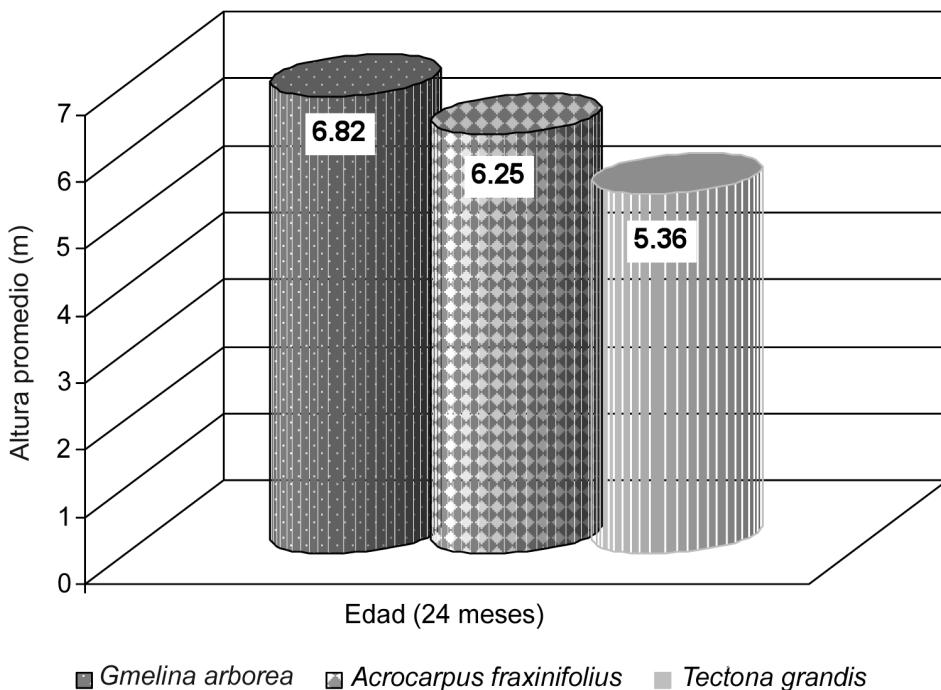


Figura 1. Altura promedio de la plantación de tres especies de rápido crecimiento, establecida a dos años de edad en el municipio de Nuevo Urecho, Mich.

Los resultados concuerdan con los de Bertoni y Juárez (1980) y de Gómez (1989) quienes identificaron diferencias significativas en las variables evaluadas. Concluyeron que *G. arborea*, alcanzó la mayor altura. Patiño *et al.* (1993), Reforesta Mexicana (2004) y Benavides *et al.* (2005) quienes confirmaron que esta especie registra el mayor crecimiento en altura; además de, la mejor adaptación y desarrollo. Sin embargo, difieren con los de De la Cruz y Barroza (1993, citados por Patiño *et al.*, 1993), autores que definieron al eucalipto como el taxón con los valores más sobresalientes, seguido de teca y melina.

Se considera que el crecimiento en altura alcanzado por *G. arborea* bajo las condiciones ecológicas de la localidad de Nuevo Urecho son aceptables, ya que los requerimientos climáticos son similares a los de su hábitat natural, a pesar de que los suelos originales son someros, de 50 cm de profundidad, textura arcillosa, ligeramente arenosa, franco y bien drenado. Así mismo, el desarrollo de melina se le puede atribuir a las características fisiológicas y genéticas de la especie que le permitieron tener una respuesta favorable al crecer en el medio ambiente adecuado.

*A. fraxinifolius* ocupó el segundo lugar en altura, con 6.25 m. Uno de los factores que afectó el crecimiento podría atribuirse a las condiciones edáficas locales, que no cumplen con sus requerimientos; ya que el suelo donde se estableció tiene mal drenaje; mientras que, en su lugar de origen prevalece el tipo vertisol pélico, de profundo a somero, con textura arcillosa y moderadamente drenado a bien drenado.

*Tectona grandis* alcanzó el crecimiento en altura menor con 5.36 m; lo anterior responde a que en la localidad estudiada se presentan condiciones climáticas diferentes a las características de las áreas de distribución natural de la especie. Una de las limitantes principales fue la precipitación; puesto que en el sitio original llueve de 1,250 a 2,500 mm anuales y en el de plantación la precipitación es de tan solo 1,000 mm; a ello habría de agregarse que la especie prefiere suelos planos, aluviales, de textura franco-arenoso o arcillosa, profundos, fértiles, bien drenados; condiciones que contrastan con el suelo local que tiene problemas de drenaje.

Debido a los resultados obtenidos a los dos años de establecida la plantación, *G. arborea* se considera con potencial para plantaciones forestales comerciales en ambientes similares a los estudiados, dentro de la región del trópico seco del estado. Además, como menciona Barrio (1980), este taxón se ha recomendado por su gran adaptabilidad e incrementos en altura y diámetro con respecto a los taxa nativos, aseveración que respalda Agrosot Ltda. (2000) que destaca a melina como una de las principales especies utilizadas en los programas de plantaciones forestales de muchos países.

Diámetro.- Los resultados en el periodo estudiado mostraron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.05$ ). El coeficiente de variación fue de 14.01% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable diámetro normal a dos años de establecida la plantación de *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Acrocarpus fraxinifolius* en el municipio de Nuevo Urecho, Mich.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Repeticiones	3	0.6066	0.2022	0.18	0.9077
Tratamientos	2	67.9783	33.9891	29.88	0.0008*
Error	6	6.8259	1.1376		
Total	11	75.4108			

FV = Factor de variación; GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio.

Dado que en los resultados del análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos probados, se procedió a realizar su respectiva prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de Tukey para la variable diámetro promedio a dos años de establecida la plantación de *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Acrocarpus fraxinifolius* en el municipio de Nuevo Urecho, Mich.

Tratamientos	Valor
<i>Gmelina arborea</i>	10.81 a
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	6.91 b
<i>Tectona grandis</i>	5.10 c

\* Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

El análisis confirmó que a los dos años *G. arborea* tuvo el mayor crecimiento en diámetro, de 10.81 cm, seguida de *A. fraxinifolius* con 6.91 cm y *T. grandis* que sólo llegó a medir 5.10 cm. Al respecto, la diferencia de *G. arborea* fue de 3.90 cm, en relación a *A. fraxinifolius* y de 5.71 cm con *T. grandis* (Figura 2).

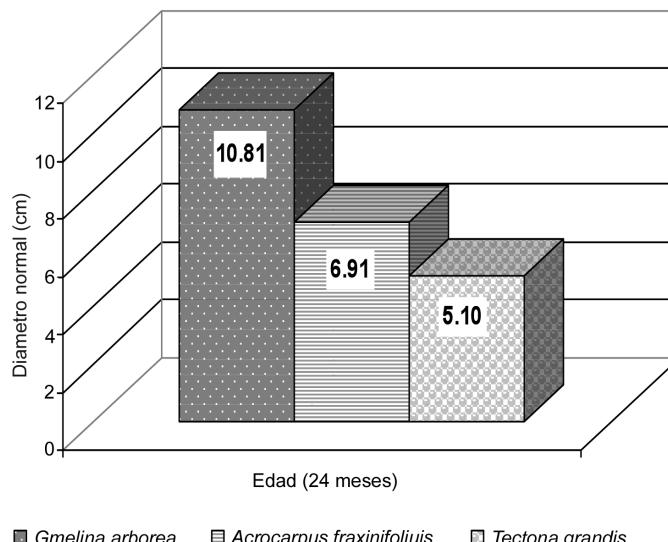


Figura 2. Diámetro normal (DAP) promedio de la plantación de tres especies de rápido crecimiento, a la edad de dos años de establecida en el municipio de Nuevo Urecho, Mich.

Igual que en la altura, los resultados anteriores concuerdan con los de Bertoni y Juárez (1980) y de Gómez (1989) quienes registraron diferencias altamente significativas entre las especies probadas y *G. arborea* fue el taxón que alcanzó el mayor diámetro. Lo mismo concluyeron Patiño *et al.* (1993), Reforesta Mexicana S. A. de C. V. (2004) y Benavides *et al.* (2005) en diferentes estudios realizados en el Campo Experimental del INIFAP en Escárcega, Campeche, en el municipio de las Choapas, Veracruz, y en La Huerta, Jalisco.

Supervivencia.- Con respecto a esta variable, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos probados ( $p \leq 0.05$ ). El coeficiente de variación fue de 17.05% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable supervivencia a dos años de establecida la plantación de *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Acrocarpus fraxinifolius*, en el municipio de Nuevo Urecho, Mich.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Repeticiones	3	514.5804	171.5268	1.11	0.4164
Tratamientos	2	479.1261	239.5630	1.55	0.2871
Error	6	928.7620	154.7936		
Total	11	1922.4686			

FV = Factor de variación; GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio.

A la edad de dos años, la supervivencia de *G. arborea* era de 94.96%, seguida por *T. grandis* con 86.32% y *A. fraxinifolius* (81.86%) (Figura 3).

Los valores calculados en el presente trabajo son similares a los de Agropecuaria Santa Genoveva (2004) que registró una supervivencia promedio de 95% para *T. grandis* y *Cedrela odorata*; sin embargo, difieren de los de Bertoni y Juárez (1980), Patiño *et al.* (1993), Reforesta Mexicana S. A. de C. V. (2004) y Benavides *et al.* (2005).

Estado fitosanitario.- El estado general de la plantación en la actualidad es sano en 97.36%, sólo 2.64% de *A. fraxinifolius* se observó con gomosis. Referente a *T. grandis* y *G. arborea* no se identificaron problemas fitosanitarios, hasta la fecha de evaluación.

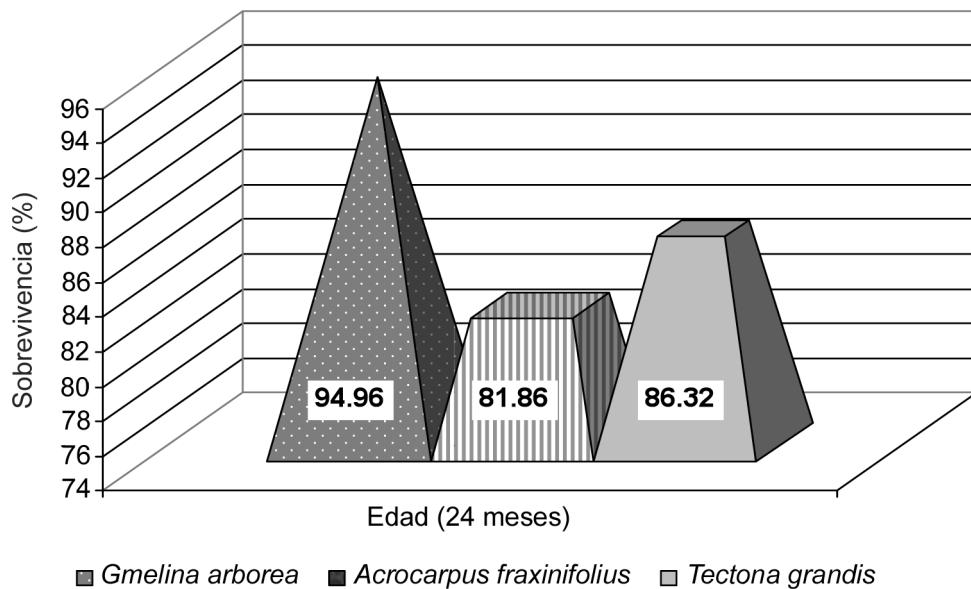


Figura 3. Supervivencia de la plantación con tres especies de rápido crecimiento, a dos años de establecida en el municipio de Nuevo Urecho, Mich.

#### Incremento medio anual en altura (IMAA) e incremento medio anual en diámetro (IMAD)

Con la finalidad de mostrar el potencial de crecimiento de las especies en la localidad de Nuevo Urecho, Mich., se compararon el incremento medio anual en altura (IMAA) y diámetro (IMAD), con los valores obtenidos en diferentes países y en México.

Los IMAA para *G. arborea* en plantaciones forestales establecidas en diversos lugares, corresponden en orden de importancia para América Central de  $3.95 \text{ m año}^{-1}$ , “La Maquina”, Guatemala con  $3.90 \text{ m año}^{-1}$  y Cuba con  $2.71 \text{ m año}^{-1}$  (Cuadro 6).

Los IMAD en orden de importancia se presentan en La Habana, Cuba con  $5.31 \text{ cm año}^{-1}$ ; Sierra Leona, África con  $4.57 \text{ cm año}^{-1}$  y “La Máquina”, Guatemala con  $2.95 \text{ cm año}^{-1}$  (Cuadro 6).

Cuadro 6. Incremento medio anual en altura (IMAA), diámetro (IMAD) y supervivencia de *Gmelina arborea* en plantaciones forestales establecidas en el extranjero.

Continente y/o País	Edad (años)	IMAA (m año <sup>-1</sup> )	IMAD (cm año <sup>-1</sup> )	Supervivencia (%)	Fuente
África	3	2.43	3.76	--	Agrosoft Ltda, 2000
	6	2.23	3.78 <sup>+++</sup>	--	Agrosoft Ltda, 2000
	7	2.0	4.57 <sup>++</sup>	--	Agrosoft Ltda, 2000
	10	1.52	3.2	--	Agrosoft Ltda, 2000
Brasil, Costa Rica y Colombia					Agrosoft Ltda, 2000
	20	1.5	2.5	--	Agrosoft Ltda, 2000
Cuba	4.5	2.71 <sup>**</sup>	5.31 <sup>+</sup>	--	Agrosoft Ltda, 2000
	11.5	1.50	3.88	--	Agrosoft Ltda, 2000
América Central	2	1.95	2.95	--	Hughell, 1991
	2	2.95	4.2	--	Hughell, 1991
	2	3.95 <sup>*</sup>	5.5	--	Hughell, 1991
Guatemala	2	3.9 <sup>**</sup>	2.95	90	Martínez, 1985
Nigeria	19	0.54	1.85	90	Egenti, 1983
		0.30	1.13	83	Egenti, 1983
Malawi	10	1.53	2.3	--	Lamb, 1968

Mayor IMA en altura (\*) y diámetro (+); segundo lugar en IMA en altura (\*\*) y diámetro (++); tercer lugar en IMA en altura (\*\*\*) y diámetro (+++).

Los mejores IMAA para *G. arborea* se observan en América Central, Guatemala y Cuba, con un intervalo promedio de 3.52 m y para el IMAD, de 4.55 cm en Cuba y Sierra Leona, África. En contraste, en Nuevo Urecho, Mich. son de 3.41 m año<sup>-1</sup> y 5.41 cm año<sup>-1</sup>, respectivamente.

El incremento medio anual en altura de esta especie es muy similar a lo citado en otras localidades del extranjero, ya que los resultados son mayores en América Central, Guatemala y Cuba en un 0.11 m año<sup>-1</sup>. Sin embargo, el IMAD es superior en la localidad de Nuevo Urecho con 0.86 cm año<sup>-1</sup>.

En el Cuadro 7 se resumen los resultados en varias localidades de la República Mexicana. Sobresalen en orden de importancia: Benito Juárez Tuxtepec, Oaxaca (4.08 m año<sup>-1</sup>); Huimanguillo, Tabasco (3.20 m año<sup>-1</sup>) y Escárcega, Campeche (3.14 m año<sup>-1</sup>). En relación al IMAD, los números más altos se calcularon para Huimanguillo, Tabasco (4.04 cm año<sup>-1</sup>); Escárcega, Campeche (3.92 cm año<sup>-1</sup>) y Benito Juárez Tuxtepec, Oaxaca (3.56 cm año<sup>-1</sup>).

Los mejores incrementos en altura y diámetro corresponden a las localidades de Tuxtepec, Huimanguillo y Escárcega, en el Cuadro 7 aparecen con un asterisco los valores promedio de IMAA e IMAD (3.47 m año<sup>-1</sup> y 3.99 cm año<sup>-1</sup>, respectivamente).

En la localidad de Nuevo Urecho, Mich., el IMAA calculado para *G. arborea* es de 3.41 m año<sup>-1</sup>; mientras que el IMAD estimado tiene un valor de 5.41 cm año<sup>-1</sup>. En ambos casos, son inferiores a los incrementos obtenidos en las plantaciones consignadas en el Cuadro 7 con un asterisco, en promedio éstas superan los registros del presente trabajo en 0.06 m año<sup>-1</sup>. Sin embargo, las diferencias no son significativas, por lo que es presumible que el IMAA es aceptable para el sitio de estudio.

Además, como menciona Boulet (1977), *G. arborea* plantada en el área adecuada logra en su fase inicial un IMAA de 1.50 m año<sup>-1</sup>. En el caso de Nuevo Urecho, en su primer año alcanzó 1.71 m año<sup>-1</sup>, lo que indica que su crecimiento es acelerado en las primeras etapas, y rebasa el incremento registrado por Boulet (1977).

Así mismo el IMAD de Nuevo Urecho es más grande, con 1.36 cm año<sup>-1</sup>, al mejor incremento para una localidad de Tabasco (4.04 cm año<sup>-1</sup>) (Cuadro 7), hecho que demuestra el buen potencial de crecimiento que tiene la especie para las condiciones del trópico seco de Michoacán.

En lo que se refiere a los IMAA e IMAD obtenidos para *A. fraxinifolius* en plantaciones establecidas en el extranjero, los mayores incrementos corresponden a Zambia con 2.68 m año<sup>-1</sup>, seguido por Kenia, con 2.59 m año<sup>-1</sup> y finalmente la India, con un intervalo de 1.33 a 2.32 m año<sup>-1</sup>. Los IMAD más relevantes se citan para este último país, con 2.83 cm año<sup>-1</sup> y Kenia con 2.79 cm año<sup>-1</sup> (Cuadro 8).

Cuadro 7. Incremento medio anual en altura (IMAA), diámetro (IMAD) y supervivencia de *Gmelina arborea* en plantaciones forestales establecidas en México.

Continente y/o País	Edad (años)	IMAA (m año <sup>-1</sup> )	IMAA (cm año <sup>-1</sup> )	Supervivencia (%)	Fuente
Jalisco	13	1.5	2.23	87	Benavides <i>et al.</i> , 2005
Campeche	7	1.5	1.96	90	Patiño <i>et al.</i> , 1993
Campeche	3	3.14***	3.33	70	Jiménez y Vera, 1993
Campeche	9	1.56	2.14	81	Patiño <i>et al.</i> , 1993
Tabasco	8	2.24	4.0++	--	De la Cruz y Barroza, 1993
Campeche	7	1.54	1.96	90	Gómez, 1989
Campeche	7	1.64	1.54	84	Juárez y Ramírez, 1985
Quintana Roo	5	0.62	0.82	66	Chavelas, 1985
Tabasco	2.5	3.2**	4.04+	--	De la Cruz, 1984
Campeche	5	2.40	3.15	97.22	Barrio, 1980
Campeche	9	1.55	3.86	--	Bertoni y Juárez, 1980
Campeche	6	1.83	3.18	81	Cedeño, 1978
Campeche	7	2.23	3.92+++	--	Cedeño, 1978
Oaxaca	4.8	4.08*	3.56	95	Escárpita, 1978

Mayor IMA en altura (\*) y diámetro (+); segundo lugar en IMA en altura (\*\*) y diámetro (++); tercer lugar en IMA en altura (\*\*\*) y diámetro (+++).

Los IMAA e IMAD para el taxón de interés en Nuevo Urecho, Mich., son de 3.13 m año<sup>-1</sup> y 3.46 cm año<sup>-1</sup>; ambos se lograron a los dos años de su establecimiento y son más grandes a los alcanzados en el extranjero (Cuadro 8). Los mejores IMAA para *A. fraxinifolius* en plantaciones de México, se registran en Xicotepec, Puebla, donde el primer año media 7.50 m año<sup>-1</sup> y al tercero 5.33 m año<sup>-1</sup>; en Villahermosa, Tabasco con 5.0 m año<sup>-1</sup>. El IMAD para Xicotepec, Puebla es de 11.00 cm año<sup>-1</sup> y en Soconusco, Chiapas de 6.34 cm año<sup>-1</sup> (Cuadro 9).

Cuadro 8. Incremento medio anual en altura (IMAA), diámetro (IMAD) y supervivencia de *Acrocarpus fraxinifolius* en plantaciones establecidas en el extranjero.

País	Edad (años)	IMAA (m año <sup>-1</sup> )	IMAD (cm año <sup>-1</sup> )	Supervivencia (%)	Fuente
Zambia	4	2.68*	2.38	--	Cedeño, 1985
Costa Rica	7	2.59	2.82	--	Whitmore y Otorola, 1976
India	7	1.33	1.52	50	Holdridge, 1968
		2.31	2.59***	76	Holdridge, 1968
		2.32***	2.83 <sup>+</sup>	51	Holdridge, 1968
Kenia		2.59**	2.79 <sup>++</sup>	73	Holdridge, 1968

Mayor IMA en altura (\*) y diámetro (+); segundo lugar en IMA en altura (\*\*) y diámetro (++); tercer lugar en IMA en altura (\*\*\*) y diámetro (+++).

El IMAA e IMAD para *A. fraxinifolius* en la localidad de Nuevo Urecho, Michoacán, corresponden a 3.13 m año<sup>-1</sup> y 3.46 cm año<sup>-1</sup>. Son superiores a los consignados en otros estados del país, entre los que sobresale Xicotepec, Puebla (Cuadro 9).

Los incrementos en altura y diámetro en otras entidades federativas probablemente responden a que las plantaciones se ubican en mejores condiciones de suelo y clima. Estos factores son primordiales para un mejor potencial de crecimiento de la especie y se deberán considerar en el futuro establecimiento de plantaciones comerciales en el estado de Michoacán.

En relación a los IMAA obtenidos para *Tectona grandis* en plantaciones del extranjero a diferentes edades, sobresalen las de Costa Rica con 3.25 a 3.31 m año<sup>-1</sup>, Colombia con 3.20 m año<sup>-1</sup> y Argentina con 2.83 m año<sup>-1</sup>. Referente al IMAD, los valores más relevantes se observan en Costa Rica con un intervalo de 3.20 a 3.38 cm año<sup>-1</sup>, Kenia con 2.79 cm año<sup>-1</sup> y Colombia con 2.80 cm año<sup>-1</sup> (Cuadro 10).

Los IMAA e IMAD determinados para *T. grandis* en Nuevo Urecho son del orden de 2.68 m año<sup>-1</sup> y 2.55 cm año<sup>-1</sup>, respectivamente. El incremento en altura resultó inferior a los estimados en Costa Rica, Colombia y Argentina. En cuanto al incremento del diámetro fue mayor en Costa Rica, Kenia y Colombia (Cuadro 10).

Cuadro 9. Incremento medio anual en altura (IMAA), diámetro (IMAD) y supervivencia de *Acrocarpus fraxinifolius* en plantaciones forestales establecidas en México.

Estado	Edad (años)	IMAA (m año <sup>-1</sup> )	IMAD (cm año <sup>-1</sup> )	Supervivencia (%)	Fuente
Chiapas	3.5	2.57	4.85	--	Reyes, 2005
		3.8	6.34 <sup>++</sup>	--	Reyes, 2005
Puebla	3	5.33 <sup>**</sup>	5.33 <sup>+++</sup>	--	SEPATRO, 1997
	1	7.50 <sup>*</sup>	11.00 <sup>+</sup>	--	SEPATRO, 1997
Campeche	7	0.21	0.19	--	Gómez, 1989
Tabasco	3	1.38	1.38	98	Limón, 1989
Tabasco	7	2.0	3.73	--	Llera y Meléndez, 1989
Chiapas	12	1.43	2.92	--	Cedeño, 1985
Quintana Roo	5	0.34	0.40	16	Chavelas, 1985
Quintana Roo	1.6	3.23	2.84	74	Chavelas, 1985
Tabasco	3	5.0 <sup>***</sup>	4.2	--	Cedeño, 1985
Tabasco	2	3.7	3.2	--	Cedeño, 1985
Tabasco	3.6	3.0	4.2	--	Cedeño, 1985
Campeche	12	1.66	3.0	--	Cedeño, 1985

Mayor IMA en altura (\*) y diámetro (+); segundo lugar en IMA en altura (\*\*) y diámetro (++); tercer lugar en IMA en altura (\*\*\*) y diámetro (+++).

Cuadro 10. Incremento medio anual en altura (IMAA), diámetro (IMAD) y supervivencia de *Tectona grandis* en plantaciones establecidas en el extranjero.

País	Edad (años)	IMAA (m año <sup>-1</sup> )	IMAD (cm año <sup>-1</sup> )	Supervivencia (%)	Fuente
Costa Rica	4	3.25	3.38 <sup>+</sup>	--	Pérez y Kannine, 2003
	5	2.88	3.20	--	Pérez y Kannine, 2003
Costa Rica	4	3.31*	2.67	--	Chávez y Fonseca, 1995
	5	2.60	2.30	--	Chávez y Fonseca, 1995
Argentina	16.5	0.97	0.90	--	Chávez y Fonseca, 1995
Argentina	6	2.83***	2.56	--	Chávez y Fonseca, 1995
Brasil	9	1.03	1.0	--	Chávez y Fonseca, 1995
Colombia	5	3.20**	2.80***	--	Chávez y Fonseca, 1995
	6	2.83	2.56	--	Chávez y Fonseca, 1995
Honduras	2.1	2.00	1.90	--	Chávez y Fonseca, 1995
Honduras	2.5	1.80	2.40	--	Chávez y Fonseca, 1995
India	7	1.33	1.53	50	Holdridge, 1968
	7	2.31	2.59	76	Holdridge, 1968
Kenia	7	2.59	2.79 <sup>++</sup>	51	Holdridge, 1968

Mayor IMA en altura (\*) y diámetro (+); segundo lugar en IMA en altura (\*\*) y diámetro (++); tercer lugar en IMA en altura (\*\*\*) y diámetro (+++).

En el Cuadro 11 se consignan los IMAA e IMAD para varios estados, en orden de importancia destacan: Campeche, Campeche con  $4.35\text{ m año}^{-1}$  y  $4.30\text{ cm año}^{-1}$ , Las Choapas, con  $2.17\text{ m año}^{-1}$  y  $3.0\text{ cm año}^{-1}$  y Huimanguillo, con  $2.0\text{ m año}^{-1}$  y  $2.63\text{ cm año}^{-1}$ .

En Nuevo Urecho, Michoacán, se calculó para esta especie un IMAA de  $2.68\text{ m año}^{-1}$  y un IMAD de  $2.55\text{ cm año}^{-1}$ , valores superados por los registros de Campeche, con  $4.35\text{ m año}^{-1}$  y  $4.30\text{ cm año}^{-1}$ , respectivamente. Lo que bien

Cuadro 11. Incremento medio anual en altura (IMAA), diámetro (IMAD) y supervivencia de *Tectona grandis* en plantaciones forestales establecidas en México.

Estado	Edad (años)	IMAA (m año <sup>-1</sup> )	IMAD (cm año <sup>-1</sup> )	Supervivencia (%)	Fuente
Jalisco	13	0.84	1.76	70	Benavides, 2005
Veracruz	1.3	1.58	2.1	--	Reforesta Mexicana 2004
	2.0	1.73	2.0	--	Reforesta Mexicana, 2004
	2.2	1.56	1.8	--	Reforesta Mexicana, 2004
	3.2	2.17**	3.0 <sup>++</sup>	--	Reforesta Mexicana, 2004
Campeche	1	4.35*	4.30 <sup>+</sup>	95	Agropecuaria Sta. Genoveva, 2004
Tabasco	8	2.0***	2.63 <sup>+++</sup>	--	De la Cruz y Barroza, 1993
Campeche	7	0.96	1.27	87	Díaz <i>et al.</i> , 1993
Campeche	7	0.36	0.56	20	Gómez, 1989

Mayor IMA en altura (\*) y diámetro (+); segundo lugar en IMA en altura (\*\*) y diámetro (++); tercer lugar en IMA en altura (\*\*\*) y diámetro (+++).

puede responder al hecho de que las plantaciones se ubican en mejores condiciones de suelo y clima que las objeto del presente estudio.

El IMAA en Nuevo Urecho es mayor al de Las Choapas y Huimanguillo, a diferencia del IMAD, que fue superior en estas últimas.

No obstante los resultados de este trabajo, se requiere continuar con investigaciones sobre la adaptación de especies introducidas a las diversas condiciones climáticas de la entidad; así como en aspectos relativos a la detección de plagas y enfermedades que pudieran presentarse a lo largo del turno de las plantaciones forestales comerciales.

## CONCLUSIONES

Se obtuvieron diferencias altamente significativas en los tratamientos probados, para las variables altura y diámetro.

El mayor crecimiento en altura y diámetro correspondió a *G. arborea*, misma que registró el porcentaje de supervivencia más alto (94.96%); aún sin observarse diferencias significativas entre las especies para esta variable.

Las tres especies evaluadas tuvieron buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la localidad de Nuevo Urecho, Mich., ya que alcanzaron supervivencias promedio superiores al 81%.

El estado general fitosanitario de la plantación es bueno, ya que más del 97.36% de los individuos tienen una condición sana.

Los mayores incrementos medios anuales en altura y diámetro se presentaron en *G. arborea* (3.41 m año<sup>-1</sup> y 5.10 cm año<sup>-1</sup>), seguido de *A. fraxinifolius* (3.12 m año<sup>-1</sup> y 3.45 cm año<sup>-1</sup>) y *T. grandis* (2.68 m año<sup>-1</sup> y 2.55 cm año<sup>-1</sup>).

La comparación de los IMAA e IMAD de las tres especies, con los valores citados para localidades mexicanas y de otros países, determina que los incrementos de la plantación estudiada se consideran de buenos a regulares.

Con base a los crecimientos mostrados por *G. arborea*, resulta ser una especie potencial para utilizarse en plantaciones forestales comerciales en el trópico seco de Michoacán.

## REFERENCIAS

- Agrosoft Limitada (Agrosoft Ltda.). 2000. *Gmelina arborea* Roxb. Trees versión 2. Serie-Especial Forestales. Reporte de especies No. 4. Medellín, Colombia. pp. 2-9. [http://www.colforest.com.co/serie\\_especies\\_forestales/gmelina- arborea.pdf](http://www.colforest.com.co/serie_especies_forestales/gmelina- arborea.pdf). (02 de septiembre de 2005).

- Agropecuaria Santa Genoveva 2004. Proyectos integrales de producción agropecuaria y forestal en Campeche. Sexta Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Expo Forestal México Siglo XXI del 1 al 4 de junio de 2004. CONAFOR, PRODEPLAN, SEMARNAT. Guadalajara, Jal. México. 39 p.
- Barrio C., J. M. 1980. Plantaciones piloto de *Gmelina arborea* (Linn.) ensayada con tres fuentes locales. Revista Ciencia Forestal 5 (25): 41-57.
- Benavides U., G. S., J. D. Benavides, 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. 476 p.
- Bertoni V., R. y V. M. Juárez G. 1980. Comportamiento de nueve especies forestales tropicales plantadas en 1971 en el Campo Experimental Forestal Tropical "El Tormento". Revista Ciencia Forestal 5 (25): 3-40.
- Boulet, G. M. 1977. Monographie du *Gmelina arborea*. Bois et Forêts des Tropiques 172: 3-23.
- Castillo V., J. C., J. M. Jiménez C. y R. A. Díaz M. 1993. Germinación y crecimiento de tres especies forestales. Folleto de Investigación s/n. Centro de Investigación Regional del Sureste. INIFAP. Escárcega, Camp. México. 167 p.
- Cedeño S., O. 1978. Especies tropicales de rápido crecimiento. *In:* Memorias de algunas experiencias forestales. INIF. SFF-SARH. Pub. Esp. Núm. 12. México, D. F. México. pp. 27-37.
- Cedeño S., O. 1985. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight. & Arn., especie promisoria para plantaciones forestales en el trópico húmedo. *In:* Memoria de la III Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. INIF-SARH. Pub. Esp. Núm. 48. México, D. F. México. pp. 561-566.
- Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM). 2003a. Superficie forestal de Michoacán. Bosque y Selvas de Michoacán. Año 1, Vol. 1, Época 1, Núm. 1. Morelia, Mich. México. pp. 4.
- Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM). 2003b. Programa de plantaciones forestales de Michoacán. Bosque y Selvas de Michoacán. Año 1. Vol. 1. Época 1. Núm. 3. Morelia, Mich. México. pp. 6-7.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFORa). 1997. Marco de referencia. Disponible: [http://www.conafor.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/prodeplan/marco\\_prodeplan.htm](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/prodeplan/marco_prodeplan.htm). (20 de abril del 2006).
- Comisión Nacional Forestal (CONAFORb). 1997. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight et Arn. Disponible: [http://www.conafor.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/pronare/fichas%20tecnicas/Acrocarpus%20fraxinifolius.pdf](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/pronare/fichas%20tecnicas/Acrocarpus%20fraxinifolius.pdf). (21 de octubre del 2005).

- Comisión Nacional Forestal (CONAFORc). 1997. *Gmelina arborea*. [http://www.conafor.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/pronare/fichas%20técnicas/Gmelina%20arborea.pdf](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/pronare/fichas%20técnicas/Gmelina%20arborea.pdf). (21 de octubre del 2005).
- Chávez, E. y W. Fonseca G. 1991. Teca *Tectona grandis* L. f. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico No. 179. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 47 p.
- Chavelas P., J. 1985. Estudios preliminares en *Acrocarpus fraxinifolius* Wight. Arn. In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. INIF-SARH. Pub. Esp. Núm. 48. México, D. F. México. pp. 204-218.
- Descripción de Estudio del Territorial Nacional (DETENAL). 1979. Descripción de la leyenda de la carta edafológica. Folleto explicativo. Pub. FAO/UNESCO. México, D. F. México. pp. 87-88.
- Egenti, L. C. 1983. *Gmelina arborea*. Initial observations on the international provenance trial. In: Fast Growing Trees. Anais. Simposio IUFRO em Melhoramento Genético e produtividade de espécies florestais de rápido crescimento. Silvicultura. Año VIII. No. 30. São Paulo. Brasil. pp. 161-163.
- Escárpita H., C. E. 1978. Aspectos generales de las plantaciones comerciales de La Sabana, en el estado de Oaxaca. In: Memoria de la I Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. INIF-SARH. Pub. Esp. Núm. 13. México, D. F. México. pp. 424-439.
- Figueroa A., E. y R. Aparicio. 2009. El manejo del fuego en las prácticas agropecuarias y sus efectos en los bosques. Rev. Electrónica de la Comisión Nacional Forestal. Núm. 112. Junio de 2009. <http://www.mexicoforestal.gob.mx/editorial.php?id=15> (03 de junio de 2009).
- Fonseca G., W. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L.f.) en Heredia, Costa Rica. [http://www.fonafifo.com/text\\_files/proyectos/ManualProductoresTeca.pdf](http://www.fonafifo.com/text_files/proyectos/ManualProductoresTeca.pdf). (08 de mayo del 2006).
- Gómez T., J. 1989. Comparación del crecimiento de ocho especies forestales tropicales, en Escárcega, Campeche, México. Tesis Profesional. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencia del Mar. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 5. Chiná, Camp., México. 64 p.
- Hughell, D. 1991. Modelo preliminar para la predicción del rendimiento de *Gmelina arborea* Roxb. en América Central. Silvoenergía (C.R.) No. 44:1.44
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F. México. 341 p.
- Jiménez C., J. M. y J. A. Vera G. 1993. Evaluación de doce procedencias de *Gmelina arborea* Roxb. Centro de Investigación Regional del

- Sureste. SARH, INIFAP. Folleto de investigación. s/n. Escárcega, Camp. México. 35 p.
- Juárez G., V. M. y M. Ramírez H. 1985. Crecimiento de *Gmelina arborea* Roxb. (L.) en cuatro espaciamientos. Revista Ciencia Forestal. 10 (56): 33-45.
- Lamb A., F. A. 1968. *Gmelina arborea* In: Fast Growing Timber Trees of Lowland Tropics. No. 1. Department of Forestry. University of Oxford. Comm. For. Inst. Oxford, UK. 34 p.
- Limón L., A. 1989. Comportamiento de tres especies forestales tropicales durante los primeros tres años de desarrollo en la sabana de Huimanguillo, Tabasco. In: Memorias del Simposio Agroforestal en México. Sistemas y métodos de uso múltiple del suelo. Linares, Nuevo León. México. pp. 209–225.
- Llera Z., M. y F. Meléndez N. 1989. Evaluación de especies tropicales como alternativa para la sustitución del árbol de sombra mote (*Erythrina* spp.) en el cultivo del cacao. In: Memorias del Simposio Agroforestal en México. Sistemas y métodos de uso múltiple del suelo. Linares, N L. México. pp. 263–277.
- Martínez, H. A. 1985. Producción de leña en zona seca de Guatemala. In: Salazar, R. (Ed.). Técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de la silvicultura intensiva. Actas. CATIES, FAO, MAB. Turrialba, Costa Rica. pp. 77-89.
- Martínez G., A. 1988. Diseños experimentales. Editorial Trillas S. A. México, D. F. México. pp. 118-160.
- National Academy of Sciences. 1979. Tropical legumes: resources of the future. National Academy Press. Washington, D.C. USA. pp. 195-197.
- Niembro R., A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Ed. Limusa. México, D. F. México. 206 p.
- Ontiveros A., S. y M. T. García. 2002. Descripción de la especie *Acrocarpus fraxinifolius* Wight et Arn. Investigación descriptiva. Vol. 8. Época 2. Ciencia y Tecnología de la Madera, Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. (UMSNH). Morelia, Mich. México. pp. 2-7.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2004. Informe Nacional-México. (Versión 04) (Internet). [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=docrep/006/i221515s04.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=docrep/006/i221515s04.htm) (08 de abril del 2006).
- Patiño V., F. 1995. Espaciamiento en plantaciones forestales. Revista Ciencia Forestal en México 20 (77): 67-81.
- Patiño V., F., A. Rodríguez P., J. Marín C. y E. Díaz M. 1993. *Gmelina arborea* Roxb. Producción de planta, establecimiento y manejo de plantaciones. Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. SARH- INIFAP. Mérida, Yuc. México. pp. 31-33.

- Pérez C., L. D. y M. Kanninen. 2003. Estimación del volumen comercial a diámetros y alturas variables para *Tectona grandis* L.f. en Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana 39:56-59.
- Reforesta Mexicana. 2004. Establecimiento de plantaciones comerciales en el municipio de Las Choapas, Veracruz, México. *In: Memoria de la VI Reunión Nacional de Plantaciones Forestales.* México, Siglo XXI. CONAFOR, PRODEPLAN, SEMARNAT. Guadalajara, Jal. México. pp.17.
- Reyes R., J. 2005. El sistema Agroforestal café (*Coffea* sp.)-cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight. & Arn.) a diferentes altitudes en el Soconusco, Chiapas. *In: Memoria del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales.* CONAFOR, SEMARNAT, INIFAP, FIRA. Chihuahua, Chih. México. pp. 11.
- Sánchez M., A. 1989. Monografía de *Gmelina arborea* Roxb. y su situación en México. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México. 95 p.
- Semillas y Productos Agroforestales del Trópico (SEPATRO). 1997. Cedro rosado. Guía del cultivo. <http://www.monografias.com/trabajos20/cedro-rosado/cedro-rosado.shtml>. (8 de agosto del 2005).
- Sistema de Información para la Reforestación (SIRE). 2005. SIRE-Paquetes Tecnológicos. *Tectona grandis*. CONABIO-SEMARNAP. <http://www.icraf.cgiar.org/treessd/AFT/Images/IMG00334.jpg>. (25 de enero del 2006).
- Whitmore, J. L. y A. T. Otarola. 1976. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight. especie de rápido crecimiento inicial, buena forma y madera de uso múltiple. Turrialba 26:2: 201-203.