



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.788>

Artículo

Plantación de cuatro especies de bambú establecidas en el trópico seco de Michoacán, México

Planting of four bamboo species established in the dry tropics of the state of *Michoacán*, Mexico

H. Jesús Muñoz Flores¹, J. Trinidad Sáenz Reyes¹, Jonathan Hernández Ramos³, Gabriela Orozco Gutiérrez⁴ y Rubén Barrera Ramírez^{2*}

Abstract

Bamboo is cosmopolitan, of Asian origin, which offers enormous advantages of use due to its rapid growth and resistance to extreme environmental conditions. In the present work, the following were proposed as objectives: to evaluate the survival and growth of four bamboo species established in conditions of the dry tropics of the state of *Michoacán*; and to compare the increases (IMA) in height and diameter with other tropical species used in commercial plantations in the entity. The evaluated species were: *Guadua aculeata*, *G. inermis*, *G. amplexifolia* and *G. angustifolia*. Prior to the establishment of the plantation, a fallow and tracing was carried out. A completely randomized design was used, with four treatments (4 species) and 4 replications per treatment. Each experimental unit consisted of 25 plants, (100 plants per species). The assessed variables were: total height (*At*), diameter of the stem base (*DBT*), and survival. At 400 days, *G. inermis* reached the highest survival (99 %), and growth in *At* and *DBT*, respectively with an average of 2.12 m and 21.27 mm, compared to the other species. The IMAA of *G. inermis* did not exceed the increase shown by *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Acrocarpus fraxinifolius* and *Cedrela odorata*, however, it surpassed those reported for *T. grandis* and *Eucalyptus camaldulensis* in *Nuevo Urecho* and *Buenavista* municipalities, state of *Michoacán*. The results of the development of *G. inermis* show a good adaptation to the conditions of the planting site, with a tendency to a greater growth in height as well as in diameter, during the following years.

Key words: Growth and development, *Guadua* sp., commercial plantations, survival, irrigation, exotic species.

Resumen

El bambú es una planta cosmopolita, de origen asiático con enormes ventajas de uso, por su rápido crecimiento y resistencia a condiciones ambientales extremas. En el presente trabajo se plantearon como objetivos: evaluar la supervivencia y crecimiento de cuatro especies de bambú establecidas en condiciones del trópico seco del estado de Michoacán; y comparar los incrementos (IMA) en altura y diámetro con otros taxones tropicales utilizados en plantaciones comerciales de la entidad. Los taxa estudiados fueron: *Guadua aculeata*, *G. inermis*, *G. amplexifolia* y *G. angustifolia*. Previo al establecimiento de la plantación se realizó un barbecho y rastreo. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (especies) y cuatro repeticiones por tratamiento; cada unidad experimental estaba compuesta por 25 plantas, (100 por taxón). Las variables consideradas fueron: altura total (*At*), diámetro de la base del tallo (*DBT*) y supervivencia. A los 400 días, *G. inermis* registró la mayor supervivencia con 99 %, y crecimiento en *At* y *DBT* con un promedio de 2.12 m y 21.27 mm, respectivamente. El IMAA de *G. inermis* no superó los de *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Acrocarpus fraxinifolius* y *Cedrela odorata*; sin embargo, fue mayor a los documentados para *T. grandis* y *Eucalyptus camaldulensis* en los municipios de *Nuevo Urecho* y *Buenavista*, Michoacán. Los resultados del desarrollo de *G. inermis* evidenciaron una buena adaptación a las condiciones del sitio de plantación, con una tendencia a un crecimiento mayor tanto en altura, como en diámetro durante los siguientes años, después de la plantación.

Palabras clave: Crecimiento y desarrollo, *Guadua* spp., plantaciones comerciales, supervivencia, riego, especies exóticas.

Fecha de recepción/Reception date: 29 de mayo de 2020

Fecha de aceptación/Acceptance date: 19 de noviembre de 2020

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Centro de Investigación Regional-Pacífico Centro. Campo Experimental Uruapan. México.

²Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Centro de Investigación Regional-Sureste. Campo Experimental Chetumal. México.

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Centro de Investigación Regional-Pacífico Centro. Campo Experimental Tecomán. México.

*Autor por correspondencia; correo-e: ruben.barrera.ram@gmail.com

Introducción

El bambú es utilizado, principalmente, en países como China y Colombia para la elaboración de muebles, artesanías, laminados para pisos, artículos para la cocina, como alimento, y material de construcción (Cedeño e Irigoyen, 2011; Londoño y Ruiz, 2014; Zaragoza-Hernández *et al.*, 2014; Maya *et al.*, 2017). Ofrece numerosas ventajas comparado con otras especies forestales. Por ejemplo, la teca crece hasta 30 m y se cosecha a los 20-25 años, en función de la densidad de plantación; por su parte, algunas especies del género *Guadua* alcanzan de 25-30 m de altura en 5 o 6 meses y se cosechan a los 4 o 5 años (tiempo en que maduran los tallos) (Camargo, 2014).

Existen informes que refieren que el bambú crece tres veces más rápido que los eucaliptos y se puede cosechar a partir del quinto año por un periodo de 80 a 120 años, lo que no es común en especies maderables (Kibwage *et al.*, 2008; Lárraga y Rivera, 2018). Además, se considera que una producción de 60 ha de bambú equivale a la madera de 500 ha de árboles tropicales valiosos (Kibwage *et al.*, 2008). También, tiene ventajas ecológicas, porque capta 40 % más de bióxido de carbono en los primeros tres años, con respecto a la captación de CO₂ que realizan los pinos y eucaliptos en un lapso de una década, a lo que habría que agregarse que produce entre dos y cuatro toneladas de biomasa por hectárea (Cedeño y Irigoyen, 2011; Zaragoza-Hernández *et al.*, 2014). Igualmente, tiene propiedades medicinales, nutricionales y es una fuente para la alimentación humana, y de gran trascendencia ornamental (García *et al.*, 2007).

En México, existen ocho géneros y se han consignado 55 especies nativas de bambú: cuatro herbáceas y 51 leñosas, distribuidas en la mayoría de los estados, con excepción de Baja California, Coahuila y Tlaxcala (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2015). El género más representativo en México, Argentina, Uruguay, Perú, Cuba, Puerto Rico y Trinidad es *Guadua*, ya que esos países existen 26 taxa que se desarrollan entre 0 y 2 200 msnm, aunque son más abundantes por debajo de los 1 500 msnm (Gutiérrez y Dorantes, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2016; Lárraga y Rivera, 2018).

En el territorio nacional habitan cinco taxones: *G. aculeata* Rupr. ex E. Fourn., *G. amplexifolia* Presl., *G. longifolia* (E.Fourn.) R.W.Pohl, *G. inermis* Rupr. ex E. Fourn., y *G. velutina* Londoño & L.G. Clark; los cuales se consideran como los más grandes y frondosos de los bambús mexicanos (Cedeño e Irigoyen, 2011; Maya *et al.*, 2017). Además de, las cinco especies nativas de guaduas existe una especie introducida, *Guadua angustifolia* Kunth (Gutiérrez *et al.*, 2016); en conjunto, estos taxones pueden estar en producción, principalmente, en climas cálidos-subhúmedos del país, donde alcanzan alturas de hasta 25 m y diámetros basales de 25 cm, como sucede con *G. aculeata* (Cruz, 2009; Ruiz-Sánchez *et al.*, 2015).

G. aculeata, llamada otate, tarro, carrizo, o caña brava, se ha señalado como la más utilizada en el medio rural del estado de Veracruz. El tallo se usa como tubería para el agua potable, los carrizos para varas de pescar y en la fabricación de huacales, jaulas y cunas. También, para la construcción de casas rurales y la elaboración de escaleras, cimbras de construcción y cercado de fincas (Gutiérrez y Dorantes, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2016).

Guadua amplexifolia, conocida como otate, se caracteriza por su alto porte y tallos gruesos; sus tallos espinosos presentan grandes vainas de hasta 25 cm de largo y 20 cm de ancho. La madera se aprovecha para vigas, alfardas, techos, cercas para casas, cercas vivas y para leña; en México se registra en los estados de Sinaloa, Tamaulipas, Hidalgo, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Morelos, Oaxaca, Tabasco y Chiapas (Juárez y Márquez, 1992; Zaragoza-Hernández *et al.*, 2014).

Se considera que *G. angustifolia* es la especie más importante del género, porque es un producto forestal no maderable, con gran valor de uso comercial, y tasas de crecimiento destacado (11 a 21 cm por día) (Deras, 2003; Ortiz, 2017; Panizzo *et al.*, 2017).

Guadua inermis es una de las pocas especies nativas de México. Crece en la Planicie Costera al noroeste de la región de Los Tuxtlas, Veracruz; presenta caña sólida, por lo menos hasta la mitad de su tallo y una de sus principales características es la ausencia de

ramas basales con espinas, además tiene afinidad en algunos caracteres morfológicos con *G. amplexifolia*, con la que comparte un hábito cespitoso (Londoño y Ruiz, 2014).

La superficie de plantaciones comerciales en México es reducida. Al cierre del año 2018, se registraron 349.2 mil ha con plantaciones forestales comerciales (PFC); de las cuales, 222.9 mil ha pertenecían a PFC maderables, 101.3 mil ha a PFC no maderables y 24.9 mil ha eran PFC de doble propósito. Los principales taxa que se han establecido en PFC maderables son: eucalipto (42 305 ha), cedro rojo (37 219 ha), pino (34 050 ha), teca (30 775 ha) y melina (28 062 ha), las cuales concentran 77 % del total de superficie de las PFC maderables. El resto (23 %) de PFC no maderables y de doble propósito con especies como: candelilla (38 516 ha), lechuguilla (29 299 ha) y piñón de aceite (12 905 ha); agrupan 80 % del total y el resto con otras especies (incluye a plantaciones de bambú) (Conafor, 2019).

El bambú en México se ha manejado con diferentes fines desde la época prehispánica y actualmente en diferentes proyectos productivos. Representa un área de oportunidad amplia de investigación y desarrollo por su rentabilidad económica y ecológica; por lo tanto, es imprescindible evaluar las plantaciones forestales no maderables con bambú, tal y como lo han hecho en Veracruz, Tabasco y Chiapas donde se han realizado numerosos trabajos de campo (Juárez y Márquez, 1992; Cortés y Gilberto, 2007).

En este contexto, cabe destacar el estudio realizado por Orozco *et al.* (2018), quienes evaluaron tres plantaciones en condiciones de temporal con *Guadua angustifolia* en el municipio Comala, estado de Colima; sus resultados indican un crecimiento favorable en altura e IMMA de 5.4 m y 0.22 m por mes, respectivamente; a cuatro años de establecida y con una supervivencia de 95 %.

Con base en lo anterior, se plantearon como objetivos de la investigación que se describe a continuación evaluar la supervivencia y crecimiento de cuatro especies de bambú del género *Guadua* establecidas en condiciones del trópico seco del estado de Michoacán; y comparar los incrementos (IMA) y tasas de crecimiento en altura y diámetro con otros taxones tropicales utilizados en plantaciones comerciales en la

entidad. La hipótesis de trabajo fue que las especies de bambú alcanzan mayor desarrollo que otras especies leñosas.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La plantación evaluada se ubica dentro del Campo Experimental Valle de Apatzingán (CEVA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, Forestales y Pecuarias INIFAP), en el municipio Apatzingán, Michoacán. La región a la que pertenece forma parte de la Sierra Madre del Sur del estado, y el Campo está situado en las coordenadas 19°00' 40.6" latitud norte y 102°13'29.3" longitud oeste, a una altitud media de 343 m (INAFED, 2019).

El clima es del tipo Aw_o (w), cálido subhúmedo con lluvias en verano (Köppen modificado por García (1973); la precipitación media anual es de 800 a 1 000 mm, con un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 °C, y temperaturas que oscilan de 14 a 36 °C.

El suelo corresponde a Vertisol pélico, de origen calcáreo, arcilloso y con profundidad superior a 1.0 m (INAFED, 2019). El pH del suelo en la plantación es de 7.58 (medianamente básico) y con textura franca arcillo arenoso (20 % limo, 25.40 % arcilla y 54.605 % arena), con un porcentaje de materia orgánica de 1.99. El terreno es plano con una pendiente media de 1 % (INEGI, 2009).

La vegetación aledaña al sitio de plantación está conformada, principalmente, por bosque tropical caducifolio, con especies como zapote (*Diospyros digyna* Jacq.), chico zapote (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen.), parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), ceiba (*Ceiba* sp.), ramón (*Brosimum alicastrum* Sw. subsp. *alicastrum* C.C. Berg) pinzán o guamúchil (*Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth.), y tepeguaje (*Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth) (INEGI, 2009).



Especies utilizadas y características de la planta

Las especies evaluadas fueron *Guadua aculeata*, *G. inermis*, *G. amplexifolia* y *G. angustifolia*. La planta se produjo en el vivero del Campo Experimental de Tecomán (INIFAP), Colima; y posteriormente, se le trasladó al Campo Experimental Valle de Apatzingán para su establecimiento. Se utilizó bolsa de polietileno negro (1+1) de 5 × 20 cm, con una capacidad de volumen de 393 mL; el sustrato utilizado fue 60 % de tierra de encino (hojarasca en descomposición) y 40 % de tierra colorada (*topure-suelo* Andosol). Previo a la plantación se realizó un barbecho y rastreo, enseguida se plantó en julio de 2018. Se usó una cepa común de 25 × 25 × 25 cm de largo, alto y ancho, respectivamente. Adicionalmente, se aplicó un riego (4 L de agua por planta). Después del establecimiento de la plantación, se suministró riego rodado cada 15 días. Además, se realizó un análisis de suelo que evidenció deficiencias de Fe y Zn; para corregirla, mensualmente se adicionó fertilizante foliar en las cuatro especies (*Quelato*[®] de Fe y Zn), en dosis de 4.11 y 0.29 ppm, respectivamente.

Diseño experimental y variables evaluadas

El diseño estadístico empleado fue un modelo completamente al azar, con cuatro tratamientos (4 especies) y cuatro repeticiones por tratamiento; cada unidad experimental estuvo compuesta por 25 plantas, para un total de 100 plantas por taxón. Las variables evaluadas fueron la altura total de la planta (*At*: cm) con ayuda de un estadal topográfico modelo *Apex* graduado en cm; el diámetro de la base del tallo (*DBT*: mm) se midió con un calibrador Vernier digital *Neiko*; y la supervivencia (vivo o muerto) mediante conteo directo. Las variables (altura, *DBT* y supervivencia), se midieron a los 40, 80, 160, 360 y 400 días después de la plantación.

Con las variables *At* y *DBT*, se hizo un análisis de varianza ($p=0.05$) en el programa *Statistica* (2018) versión 13.0; y se estimó la tasa de crecimiento relativo para cada una. Los datos de supervivencia al no cumplir con el supuesto de normalidad, se transformaron a logaritmo natural (*ln*) para ser analizados; en las variables con

diferencias significativas, se efectuó una prueba de comparaciones múltiples de medias de *Tukey* ($p=0.05$) con límites de confianza de 95 %. El modelo matemático fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + (E_{ij})$$

Donde:

Y_{ij} = Variable aleatoria que representa el valor de la respuesta en la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento

μ = Constante que representa la respuesta media de la variable Y

A_i = Efectos del tratamiento i ($i = 4$ especies de *Guadua*)

E_{ij} = Error experimental (Norman *et al.*, 1996)

Para el análisis de la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) de la *At* y *DBT* de cada especie de *Guadua* se aplicó la siguiente función (Villar *et al.*, 2004):

$$TCR = [\ln(altura\ 2) - \ln(altura\ 1)]/[Tiempo\ 2 - Tiempo\ 1]$$

Donde:

TCR = Tasa de crecimiento relativo (cm o mm^{-día})

$\ln(altura\ 2)$ = Altura de planta o *DBT* a los 400 días (cm)

$\ln(altura\ 1)$ = Altura de planta o *DBT* a los 40 días

$Tiempo\ 2$ = 400 días

$Tiempo\ 1$ = 40 días



Resultados y Discusión

Supervivencia

Las diferencias del porcentaje de supervivencia fueron significativas ($p < 0.05$), en las que el valor más alto obtenido al año de plantación correspondió a *G. inermis*, con 99 %; seguido de *G. amplexifolia*, con 96 %; mientras que, *G. aculeata* y *G. angustifolia* registraron una supervivencia de 62 % (Figura 1).

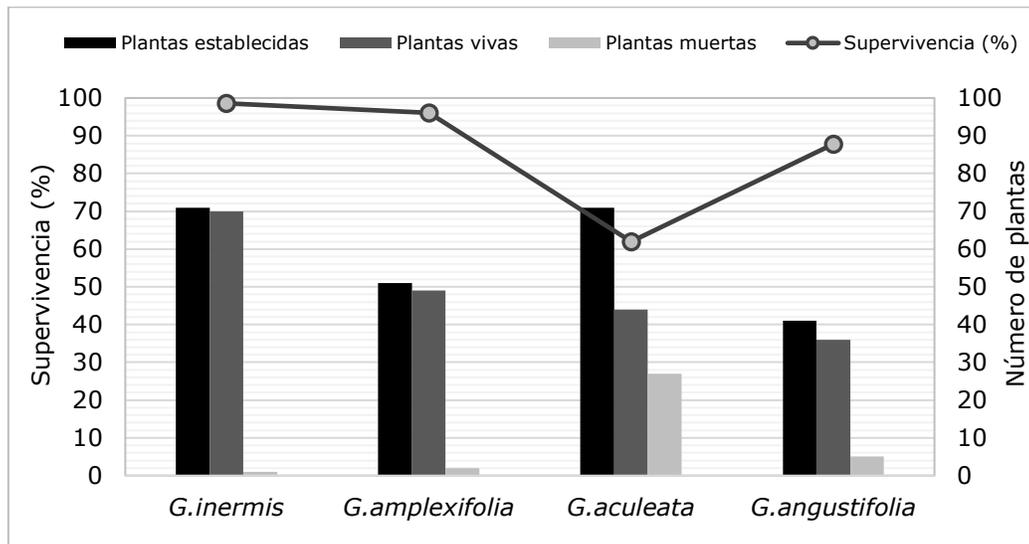


Figura 1. Supervivencia promedio de cuatro especies de bambú en condiciones de riego en el trópico seco del estado de Michoacán.

La variación del porcentaje de supervivencia entre las especies de bambú se debe, principalmente, a los requerimientos edafoclimáticos propios de cada taxón de *Guadua*. Al respecto, en trabajos de propagación vegetativa realizados bajo condiciones controladas en invernadero, se registró 100 % de supervivencia. *G. angustifolia* es fácil de reproducir, siempre y cuando se tengan en consideración los requerimientos agroecológicos para su óptimo desarrollo (Jiménez *et al.*, 2006). Por

otra parte, estos resultados son similares a los obtenidos por Orozco *et al.* (2018), que evaluaron tres plantaciones bajo condiciones de temporal de *G. angustifolia* en Comala, Colima, quienes calcularon una supervivencia promedio de 94 % a los 40 meses de edad.

Los resultados del presente estudio son superiores a los de Ely *et al.* (2017), autores que para una plantación en Colombia con *G. angustifolia* lograron un promedio de 64 % de supervivencia, a los 44 meses de edad.

En otro trabajo, pero con especies maderables de rápido crecimiento (*Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Acrocarpus flaxinifolius* y *Eucalyptus camaldulensis*), en condiciones de clima tropical, ubicadas en Múgica y Nuevo Urecho, Michoacán, Muñoz *et al.* (2010) determinaron porcentajes de supervivencia, a la edad de 2.5 a 7 años de plantación, similares a los de la presente investigación de entre 88 y 96% de supervivencia para *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, respectivamente.

Crecimiento en altura

El aumento de la variable *At* presentó una tendencia de incremento para cada especie respecto a la última evaluación, la cual se mantuvo desde los 40 y hasta los 400 días después de su establecimiento; el crecimiento promedio más alto se registró para *G. inermis*, con 2.12 m; seguido de *G. amplexifolia*, con 1.26 m; mientras que, la menor *At* la presentaron *G. angustifolia* (0.81 m) y *G. aculeata* (0.80 m) (Figura 2).



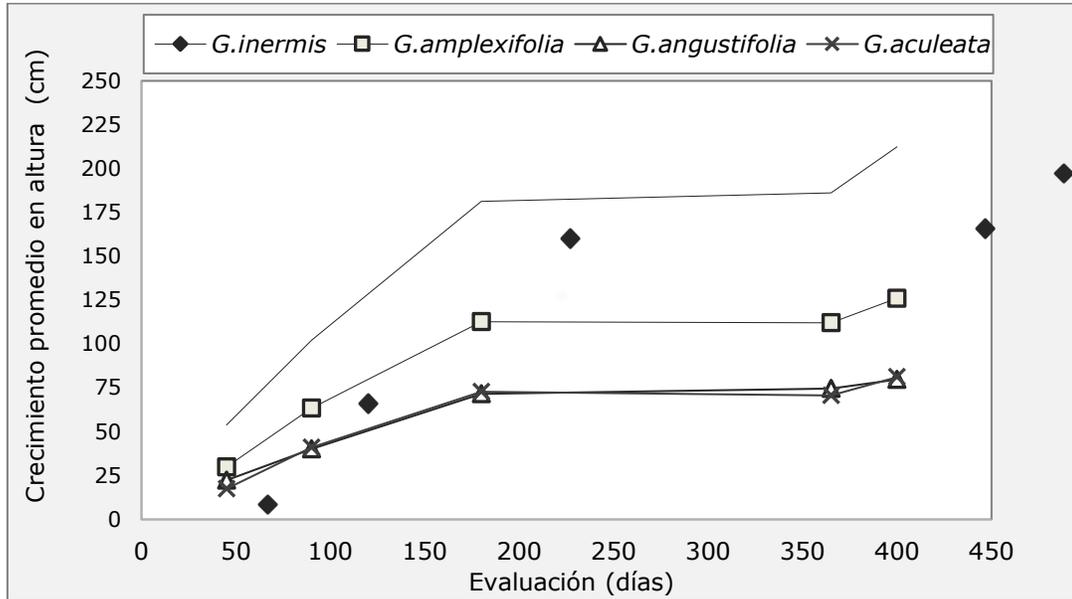


Figura 2. Crecimiento promedio en altura (cm) de cuatro especies de bambú en condiciones de riego, en el trópico seco del estado de Michoacán.

En el Cuadro 1 se muestran las diferencias de crecimiento promedio en *At* a los 40 y 400 días de las plantas ($P < 0.0001$) y la TCR de las cuatro especies de bambú, de las cuales *G. inermis* llegó al mayor crecimiento en altura a los 400 días de su establecimiento, con una altura promedio de 2.12 m; así como la TCR más alta e incremento medio anual (1.93 m año^{-1}). En contraste, los taxa que presentaron las menores alturas, tasa de crecimiento relativo e IMMA correspondieron a *G. angustifolia* (0.74 m año^{-1}) y *G. aculeata* (0.73 m año^{-1}) (Cuadro 1). El bajo crecimiento en altura evidenciado por *G. angustifolia*, en condiciones de riego en el trópico seco del estado de Michoacán, difiere de los resultados obtenidos para la misma especie en tres plantaciones establecidas en condiciones de temporal en Comala, Colima, en donde alcanzó una altura promedio de 4.6 a 5.60 m, a los 40 meses de su plantación (Orozco et al., 2018). También, son diferentes a los correspondientes a *Bambusa oldhamii* Munro, la que al cuarto año de plantación tenía 11.8 m de altura, en una localidad de Veracruz (Castañeda-Mendoza et al., 2005).

Cuadro 1. Diferencias de crecimiento promedio en altura total de las plantas ($p < 0.0001$) y tasa de crecimiento relativo (TCR) de cuatro especies de bambú en condiciones de riego en el trópico seco del estado de Michoacán.

Especie	Altura de la planta (cm)		TCR (cm día ⁻¹)	IMmA (cm mes ⁻¹)	IMAA (m año ⁻¹)
	45 Ddp	400 Ddp			
<i>Guadua inermis</i> Rupr. ex E. Fourn.	53.83 a	212.41 a	0.495	17.70	1.93
<i>Guadua amplexifolia</i> Presl.	29.93 b	126.08 b	0.300	10.50	1.15
<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	22.33 c	81.11 c	0.179	6.60	0.74
<i>Guadua aculeata</i> Rupr. ex E. Fourn.	17.48 c	79.74 c	0.198	6.80	0.73

Ddp = Días después de la plantación; TCR = Tasa de Crecimiento relativo en altura; IMmA = Incremento medio mensual en altura; IMMA = Incremento medio anual en altura.

El potencial de crecimiento de *G. inermis* se explica, en gran parte, por las condiciones ambientales. Sin embargo, habría que considerar que los crecimientos en altura mostrados por las cuatro especies estudiadas corresponden solo al primer año de evaluación; es decir, a su etapa juvenil; ya que en especies de bambú, las plantas alcanzan su máxima altura entre uno y dos años (Castañeda-Mendoza *et al.*, 2005; Camargo, 2014) y en ocasiones, hasta los 5 años (Cedeño e Irigoyen, 2011; Zaragoza-Hernández *et al.*, 2014; Ortiz, 2017); por lo tanto, los crecimientos registrados hasta el momento de la evaluación tendrán una tendencia que al aumentar su edad, el crecimiento será mayor, por lo que se podría esperar que para los próximos años esta variable se incremente aún más. Al respecto en Colombia, Cruz (2009) consignó valores de crecimiento en diámetro y altura de *G. angustifolia* que siguieron aumentando hasta los nueve años después de la plantación.

Por otra parte, Camargo *et al.* (2010) describen alturas promedio de 10.10 m, a los siete años del establecimiento de una plantación con la misma especie en Pereira, Colombia; con un IMAA de 1.44 m año⁻¹, en sitios situados a una altitud de 1 200 m, en andosoles, con pH neutro, alto contenido de materia orgánica, ligeramente limitados por los contenidos de arcilla; con una precipitación promedio anual de 1 900 mm y temperatura media de 24 °C. Duarte *et al.* (2016) indican que *G. angustifolia* crece en todo tipo de suelos, pero los de textura franco arenosa (53 % arena, 28 % limo y 19 % arcilla) no son aptos para el desarrollo y calidad estructural de la especie.

Las diferencias de crecimiento en altura, posiblemente, se deben a las condiciones edafoclimáticas en las cuales se realizaron las plantaciones con taxones de *Guadua*; tal es el caso de las plantaciones de Colima, ya que a pesar de que el clima es similar (no igual) al de Michoacán, el tipo de suelo en la localidad de la plantación corresponde a un Vertisol pélico y en Comala, Colima a un Regosol; en tanto que *Guadua* prefiere suelos aluviales bien drenados (Mercedes, 2006).

Un punto importante por considerar se refiere a que los suelos donde se establezcan plantaciones con las especies de *Guadua* estudiadas deben tener buen drenaje, para evitar encharcamientos (Camargo, 2014; Duarte *et al.*, 2016; Ortiz, 2017), ya que los factores de sitio influyen directamente en su crecimiento y desarrollo. Por otra parte, Camargo (2006) sostiene que debido a la amplia distribución geográfica de *G. angustifolia*, así como a su adaptabilidad a diferentes climas y suelos puede presentar diferencias en cuanto a su desarrollo y crecimiento, el cual es determinado por la calidad del sitio de plantación, la precipitación y la temperatura del lugar (Giraldo y Sabogal, 1999).

En otros trabajos, como el realizado por García *et al.* (2008) y García y Camargo (2010) se documenta que los guaduales en Colombia presentan los mejores índices de crecimiento en altura, entre los 1 200 y 1 500 m de altitud, con temperaturas de 19.6 a 21.3 °C y pendientes de hasta 18 %; asimismo, las condiciones ideales del suelo están determinadas por densidades bajas de plantación y altos contenidos de aluminio. Cabe mencionar, que los mejores suelos en los que *G. angustifolia* se desarrolla son los de textura franco arcillo-limosa, pero también prospera en suelos

con textura franco-limosa, franco-arcillosa y franco-arenosa (Camargo, 2006; Camargo, 2014; Duarte *et al.*, 2016).

El crecimiento de *G. inermis* evidenció buena adaptación al sitio de plantación en el trópico seco del estado de Michoacán, con una tendencia a una mayor altura y diámetro debido a que las condiciones del suelo son franco arcilloso y franco arenoso y con un porcentaje de materia orgánica de 1.99. Se esperaría que este comportamiento del crecimiento continúe durante los siguientes años, por lo que podría considerarse a esta especie con potencial para el establecimiento de plantaciones comerciales no maderables en la entidad.

Al comparar el IMAA de *G. inermis* (1.93 m año^{-1}) con los resultados de la evaluación de 12 plantaciones comerciales de especies maderables en el trópico seco de Michoacán (Muñoz *et al.*, 2010) señalan que los incrementos fueron superiores, ya que *Gmelina arborea* alcanzó incrementos de 8.58 a 4.65 m año^{-1} , *Tectona grandis* de 3.33 a 2.35 m año^{-1} , *Acrocarpus fraxinifolius* de 3.20 y 2.79 m año^{-1} , y *Cedrela odorata* con 3.14 m año^{-1} . Sin embargo, refieren que *T. grandis* y *E. camaldulensis* fueron las que presentaron el menor IMAA, con un intervalo de 1.57 a 1.65 m año^{-1} y de 1.52 a 1.81 m año^{-1} en los municipios Nuevo Urecho y Buenavista, Michoacán, respectivamente; valores que son superados, ligeramente, por los obtenidos para *G. inermis* ($\pm 15 \text{ cm}$ en promedio). Estos resultados concuerdan con algunas de las ventajas de las especies de bambú, comparadas con cualquier taxón arbóreo, en particular con *T. grandis*, y *E. camaldulensis* (Camargo, 2014).

Diámetro a la base del tallo

Los resultados del análisis de varianza para *DBT* fueron significativos; las diferencias de crecimiento en esta variable ($p < 0.0001$) y la tasa de crecimiento relativo a los 40 y 400 días destacaron para *G. inermis*, con un crecimiento promedio de 9.26 mm y 21.27 mm , respectivamente; los cuales fueron superiores a los de *G. amplexifolia* (6.8 - 12.76 mm), *G. aculeata* (4.91 - 10.32 mm) y *G. angustifolia* (4.48 - 5.93 mm)

(Cuadro 2). El mayor incremento medio anual en *DBT* lo presentó *G. inermis* con 19.41 mm año⁻¹; seguido de *G. amplexifolia* con 11.64 mm año⁻¹; *G. aculeata* con 9.42 mm año⁻¹; y *G. angustifolia* con 5.41 mm año⁻¹ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Diferencias de crecimiento promedio en diámetro basal ($p < 0.0001$) y tasa de crecimiento relativo de cuatro especies de bambú en el trópico seco del estado de Michoacán.

Especie	Diámetro basal de la planta (mm)		TCR (mm día ⁻¹)	IMmD (mm mes ⁻¹)	IMAD (mm año ⁻¹)
	45 Ddp	400 Ddp			
<i>Guadua inermis</i> Rupr. ex E. Fourn.	9.26 a	21.27 a	0.034	1.773	19.41
<i>Guadua amplexifolia</i> Presl.	6.28 b	12.76 b	0.018	1.064	11.64
<i>Guadua aculeata</i> Rupr. ex E. Fourn.	4.91 c	10.32 c	0.006	0.500	9.42
<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	4.48 c	5.93 d	0.015	0.860	5.41

Ddp = Días después de la plantación; TCR = Tasa de Crecimiento relativo en altura; IMmD = Incremento medio mensual en diámetro; IMAD = Incremento medio mensual en diámetro basal.

Al respecto, Camargo *et al.* (2010) informaron sobre valores similares del crecimiento en *DBT* promedio de 5.1 (± 1.7) cm, siete años después del establecimiento de plantaciones de *G. angustifolia* en Pereira, Colombia. Sin embargo, las dimensiones en diámetro y altura fueron inferiores (hasta 50 %) que las registradas en bosques naturales de *Guadua* (Camargo *et al.*, 2010; Camargo y Arango, 2012); esto indica que las plantas aún no han alcanzado su máximo crecimiento, tal y como lo citan Castañeda-Mendoza *et al.* (2005), Daquinta *et al.* (2007) y Cruz (2009) debido a que,

a través de los años, las especies de bambú siguen aumentando su dimensión en altura y diámetro, hasta nueve años después de ser plantadas.

Muñoz *et al.* (2010) para *E. camaldulesis* establecido en condiciones de temporal, el IMA del diámetro de tocón fue de 16.30 mm año⁻¹ a los siete años, en el municipio Buenavista, Michoacán. Estos resultados fueron superados por el IMA del diámetro de tocón de *G. inermis*, con 19.41 mm año⁻¹, al primer año de su establecimiento; por lo tanto, se considera que *G. inermis* tiene un área de oportunidad para que se le utilice para realizar plantaciones en el trópico seco de Michoacán. Sin embargo es necesario hacer un análisis de suelo previo a su establecimiento, con la finalidad de amortiguar la deficiencia de nutrientes que pudiese existir, tal y como se hizo en la presente investigación, ya que como señalan Maya *et al.* (2017), las condiciones de sitio influyen en las propiedades físicas y mecánicas (densidad y dureza) de los culmos, y proporcionan características distintas de crecimiento. Por lo tanto, se debe necesario considerar la adecuada selección de los sitios de plantación, de acuerdo con las intenciones para las que se desee orientar su uso.

Conclusiones

Los factores edafoclimáticos y la precipitación presente en el sitio de plantación influyen, aparentemente, en el crecimiento en altura y diámetro de las cuatro especies de bambúes evaluadas; ya que se registran rendimientos inferiores, respecto a otras especies maderables en plantaciones comerciales en la entidad. Sin embargo, *Guada inermis*, a un año de su establecimiento, muestra una buena adaptación a las condiciones del sitio de plantación que corresponden al trópico seco, con una supervivencia de 99 % y una tendencia a un mayor crecimiento en altura y diámetro durante los siguientes años. Por lo tanto, podría considerarse a esta especie con potencial para el establecimiento de plantaciones comerciales en sitios de Michoacán con condiciones similares al sitio del presente estudio.

Agradecimientos

Al INIFAP por la autorización del proyecto fiscal “Viabilidad y factibilidad en la propagación, conservación, establecimiento y manejo sostenible de cinco especies nativas de bambú leñoso en la región Pacífico-Centro de México”.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

H. Jesús Muñoz Flores: trabajo de campo y elaboración del manuscrito; J. Trinidad Sáenz Reyes: revisión y corrección del manuscrito; Jonathan Hernández Ramos: revisión general y corrección del manuscrito; Gabriela Orozco Gutiérrez: revisión general y corrección del manuscrito; Rubén Barrera Ramírez: análisis estadístico de datos.

Referencias

Camargo, J. 2006. Growth and productivity of the bamboo species *Guadua angustifolia* Kunth in the coffee region of Colombia. PhD thesis Forest Sciences. Georg-August-Universitat. Gottingen, Germany. 206 p.

Camargo, J., C., A. Rodríguez J. y M. Arango, A. 2010. Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. Recursos Naturales y Ambiente. 61: 86-94.

<http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/5987/13.Camargo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (20 de mayo de 2020).

Camargo G., J. y A. M. Arango A. 2012. Consideraciones sobre inventario y medición del bambú en bosques y plantaciones, con especial referencia a *Guadua angustifolia* en el eje cafetero de Colombia. Recursos Naturales y Ambiente 65: 62-67. <http://hdl.handle.net/11554/7068> (15 de mayo de 2020).

Camargo, G. J. 2014. Defining growth and quality of guadua bamboo culms: a case study of guadua bamboo forests, Colombia. Journal of Tropical Forest Science 26 (2): 218-224. Doi: 10.2307/23723907.

Castañeda-Mendoza, A., J. Vargas-Hernández, A. Gómez-Guerrero, J. I. Valdez-Hernández y H. Vaquera-Huerta. 2005. Acumulación de carbono en la biomasa aérea de una plantación de *Bambusa oldhamii*. Agrociencia 39(1): 107-116. <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2005/ene-feb/art-10.pdf> (14 de marzo 2020).

Cedeño, V., A. y J. Irigoyen C. 2011. El bambú en México. USJT Arquitectura Urbana 6: 223-243. Doi: 10.37916/arq.urb.vi6.317.

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2019. Evaluaciones de Plantaciones Forestales Comerciales y Reforestación con propósitos de restauración y conservación. Sistema Nacional de Investigación y Gestión Forestal. 147 p. <https://snigf.cnf.gob.mx/plantacionesforestalescomerciales/> (22 de enero de 2020).

Cortés, R. y R. Gilberto. 2007. Los Bambúes Nativos de México. Instituto Tecnológico de Chetumal. Chetumal, Q. Roo, México. <https://www.bambumex.org> (17 de marzo de 2020).

Cruz R., H. 2009. Bambú-Guadua: *Guadua angustifolia* Kunth, bosques naturales en Colombia y plantaciones comerciales en México. Ed. Risaralda. 1ª edición. Pereira, Colombia. 710 p.

Daquinta, M., A. Gregori, M., Cid, Y. Lezcano y F. Sagarra. 2007. Formación de callos e inducción de brotes a partir de tejido intercalar de ramas de plantas adultas de *Guadua angustifolia* Kunth. *Biotecnología vegetal* 7(2): 119–122.

<https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/366/339> (23 de abril de 2020).

Deras, J., E. 2003. Análisis de la Cadena Productiva de Bambú en Costa Rica. Tesis de Maestría. Escuela de Posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 135 p

<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4145?show=full>

(14 de febrero de 2020).

Duarte, T., M., A. López. G. y C. Campos M. 2016. Factores edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la *Guadua angustifolia*. *Ingeniería y Región* 15 (1): 9-21.

Doi: 10.25054/22161325.1175.

Ely, F., O. Araque. and R. Jaimez. 2017. Growth and ecophysiological response in juvenile clones of *Guadua* (Guaduinae: Bambusoideae) cultivated in an altered lowland tropical region. *Photosynthetica* 55(2): 264-275. Doi: 10.1007/s11099-016-0236-4.

García de M., E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F., México. 71 p.

García, J. y J. Camargo. 2010. Condiciones de calidad de *Guadua angustifolia* para satisfacer las necesidades del mercado en el Eje Cafetero de Colombia. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* 61: 61-70.

<http://201.207.189.89/handle/11554/8444> (18 de mayo de 2020).

García R., Y., M. Freire S., M. Tejeda y M. Reyes. 2007. Germinación *in vitro* de semillas de *Dendrocalamus strictus* (Rosb.) Nees. *Biotecnología Vegetal* 7 (1): 41-44. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/355> (11 de mayo de 2020).

- García R., Y., M. Freire S., M. Tejeda y M. Reyes. 2008. Formación de callos de *Dendrocalamus strictus* (Rosb.) Ness a partir de semillas. *Biotecnología vegetal* 8 (1): 31-34. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/332> (22 de mayo de 2020).
- Giraldo, E. y A. Sabogal O. 1999. Una alternativa sostenible: la guadua, técnicas de cultivo y manejo. Ed. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Armenia, Colombia. 192 p.
- Gutiérrez C., L. y L. J. Dorantes. 2004. Especies forestales de uso tradicional del estado de Veracruz. Potencialidades de especies con uso tradicional del estado de Veracruz, con opción para establecer plantaciones forestales comerciales. Conafor-Conacyt-UV. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 220 p. <http://www.verarboles.com/> (16 de enero de 2020).
- Gutiérrez, L., G., R. López-Franco and T. Morales-Pinzón. 2016. Micropropagation of *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae) using a temporary immersion system RITA®. *African Journal of Biotechnology* 15(28): 1503-1510. Doi: 10.5897/AJB2016.15390.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2009. Datos geográficos de Apatzingán, Michoacán de Ocampo. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística (16006), Ver. 6. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/16/16006.pdf (26 de mayo de 2020).
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (Inafed). 2019. Municipio de Apatzingán. Medio físico y descripción de los municipios de Michoacán (16006a). <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16006a.html> (27 de enero de 2020).
- Jiménez V., M., J. Castillo., E. Tavares., E. Guevara and M. Montiel. 2006. *In vitro* propagation of the neotropical giant bamboo, *Guadua angustifolia* Kunth, through axillary shoot proliferation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 86(3): 389-395. Doi: 10.1007/s11240-006-9120-4.

- Juárez, E. O. y G. Márquez. 1992. Posibles impresiones de otate (*Otatea acuminata* ssp. *acuminata*) (Gramineae: Bambusoideae) en el bajereque arqueológico de sitio Loma Iguana. *La Ciencia y El Hombre* 12(13): 143-159. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/5171/19921213P143.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (20 de abril de 2020).
- Kibwage, J. K., J. Odondo A. and M. Momanyi G. 2008. Structure and performance of formal retail market for bamboo products in Kenya. *Scientific Research and Essay* 3(6): 229-239. <http://41.89.55.71:8080/xmlui/handle/123456789/468> (22 de abril de 2020).
- Lárraga, R. y R. Rivera. 2018. El Bambú: Alternativa en el turismo sostenible para el desarrollo comunitario. Ed. eumed.net. Instituto de Investigaciones Socioambientales, Educativas y Humanísticas para el Medio Rural (IISEHMER) de la Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 86 p.
- Londoño, X. y S. Ruiz E. 2014. *Guadua tuxtensis* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae), una nueva especie inadvertida de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Botanical sciences* 92(4): 481-488. Doi: 10.17129/botsci.76.
- Maya, E., J. M., J. C. Camargo G. y O. Marino M. 2017. Características de los culmos de guadua de acuerdo al sitio y su estado de madurez. *Colombia Forestal* 20(2): 171-180. Doi: 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a06.
- Mercedes J., R. 2006. Guía técnica cultivo del bambú. Ed. CEDAF. Santo Domingo, República Dominicana. 38 p.
- Muñoz F., H. J., J. T. Sáenz R., G. Orozco G., J. De Dios B. y J. A. Prieto R. 2010. Evaluación de plantaciones forestales comerciales en el trópico seco del estado de Michoacán. Folleto Técnico Núm. 21. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich., México. 54 p.

Orozco, G., G., E. A. Guajardo G. y R. C. De Lira R. 2018. Caracterización dasométrica de tres plantaciones de bambú *Guadua angustifolia* en Colima, México. *In: Proceedings of the 11th World Bamboo Congress*. Xalapa, Ver., México. pp. 762-770.

Norman, G. R., D. Streiner L. and T. Freixenet J. 1996. Bioestadística (No. Sirsi) i9788481741506). Mosby/Doyma Libros. Barcelona, España. 237 p.

Ortíz P., K. S. 2017. Caracterización y clave de identificación de los bambúes en la región Nor-Oriental (San Martín, Amazonas y Cajamarca). Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Lima, Perú. 209 p.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2987> (22 de mayo de 2020).

Panizzo, C., C., V. Fernández P., D. Colombatto., M. Ciancia and S. Vega A. 2017. Anatomy, nutritional value and cell wall chemical analysis of foliage leaves of *Guadua chacoensis* (Poaceae, Bambusoideae, Bambuseae), a promising source of forage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97(4): 1349-1358. Doi: 10.1002/jsfa.7873.

Ruiz-Sánchez, E., L. G. Clark., X. Londoño., T. Mejía-Saulés and G. Cortés R. 2015. Morphological keys to the genera and species of bamboos (Poaceae: Bambusoideae) of Mexico. *Phytotaxa* 236 (1): 1–24. Doi: 10.11646/phytotaxa.236.1.1.

Statística. 2018. TIBCO Statística® programa de análisis y visualización de datos, versión 13.0. TIBCO Software Inc. <https://statistica.software.informer.com/13.0/> (1 de marzo de 2020).

Villar, R., J. Ruiz R., J. L. Quero, H. Poorter, F. Valladares y T. Marañón. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. Ed. EGRAF, S. A. Madrid, España. pp. 191-227.



Zaragoza-Hernández, I., A. Borja de la R., F. J. Zamudio S., V. R. Ordóñez-Candelaria y G. M. Bárcenas-Pazos. 2014. Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. *Madera y bosques* 20(3): 87-96. Doi: 10.21829/myb.2014.203154.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.