



EVALUACIÓN DE DOS ESPECIES DE BAMBÚ BAJO PLANTACIÓN EN ZIRACUARETIRO, MICHOACÁN, MÉXICO †

[EVALUATION OF TWO SPECIES OF BAMBOO UNDER PLANTATION IN ZIRACUARETIRO, MICHOACÁN, MEXICO]

H. Jesús Muñoz-Flores¹, J. Trinidad Sáenz-Reyes¹, Rubén Barrera-Ramírez², David Castillo-Quiroz³ and Francisco Castillo-Reyes^{3*}

¹ Campo Experimental Uruapan, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro-CIRPAC, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Latinoamericana #1101, Col. Revolución, CP. 60150, Uruapan, Michoacán, México. Email: munoz.hipolitojesus@inifap.gob.mx, saenz.j.trinidad@inifap.gob.mx

² Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Carr. Nac. No 85, km 145, C.P. 67700, Linares, Nuevo León, México. Email: ruben.barrera.ram@gmail.com

³ Campo Experimental Saltillo, Centro de Investigación Regional Noreste-CIRNE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Carretera Saltillo-Zacatecas km. 8.5, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Email: castillo.david@inifap.gob.mx, reyes.francisco@inifap.gob.mx

* Corresponding Author

SUMMARY

Background. Bamboo species is characterized by their rapid growth; therefore, they have been used in commercial forest plantations in Mexico under several environments. This study aimed to evaluate the survival and growth of two bamboo species: *Otatea acuminata*, and *Otatea rzedwoskiorum*, in plantations in Ziracuaretiro, Michoacán. **Methods.** An experimental design with randomized blocks, two treatments, four replicates, and 25 plants as experimental units was used. Variance ($p=0.05$) and Tukey-test analyses were performed for the variables height (AT), diameter at stem base (DBT), and relative growth rate (TCR) in the program Statistica version 13. **Results:** After two years, there were differences between both species ($p \leq 0.05$), where *O. rzedwoskiorum* stood out in survival (96%), but *O. acuminata* had more AT (2.04 m), DBT (8.30 mm), and TCR (0.013 mm day⁻¹). **Implications:** *O. acuminata* can be established adequately in commercial forest plantations in the temperate region of Michoacán. **Conclusions:** In survival, *O. rzedwoskiorum* was better; however, *O. acuminata* had better growth.

Keywords: survival; growth; *Otatea acuminata*; *O. rzedwoskiorum*; commercial forest plantations; cultural labor.

RESUMEN

Antecedentes. Las especies de bambú se caracterizan por su rápido crecimiento, por lo que han sido utilizadas en plantaciones forestales comerciales en México en diversos ambientes. El objetivo fue evaluar la supervivencia y crecimiento de dos especies de bambú: *Otatea acuminata* y *Otatea rzedwoskiorum*, bajo plantación en Ziracuaretiro, Michoacán. **Metodología.** Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar, con dos tratamientos, cuatro repeticiones y 25 plantas como unidad experimental. Con las variables altura (AT), diámetro a la base del tallo (DBT) y tasa de crecimiento relativo (TCR), se realizaron análisis de varianza ($p=0.05$) y comparación de medias de Tukey con el programa Statistica versión 13. **Resultados.** A los dos años, hubo diferencias significativas entre ambas especies ($p \leq 0.05$) donde *O. rzedwoskiorum* sobresalió en supervivencia (96%), pero *O. acuminata* tuvo mayor AT (2.04 m), DBT (8.30 mm) y TCR (0.013 mm día⁻¹). **Implicaciones.** *O. acuminata* se puede establecer adecuadamente en plantaciones forestales comerciales en la región templada de Michoacán. **Conclusiones.** En supervivencia *O. rzedwoskiorum* es mayor, sin embargo, *O. acuminata* presentó mejor crecimiento.

Palabras clave: Supervivencia; crecimiento; *Otatea acuminata*; *O. rzedwoskiorum*; plantaciones forestales comerciales; labores culturales.

† Submitted September 20, 2021 – Accepted January 12, 2022. <http://doi.org/10.56369/tsaes.3979>



INTRODUCCIÓN

El bambú pertenece a la familia Poaceae (Tropicos, 2020). En México, esta familia integra ocho géneros que incluye 55 especies nativas, de las cuales, cuatro son herbáceas y 51 leñosas que se distribuyen en la mayoría de los estados, a excepción de Baja California, Coahuila y Tlaxcala (Ruíz-Sánchez *et al.*, 2011). Las especies leñosas se encuentran en 23 de los 32 estados del territorio nacional, sin embargo, se estima que cerca del 50% están subutilizadas (Dávila y Brugger, 2012). Se tienen documentados alrededor de 42 usos de poblaciones de bambú silvestres, los más importantes son la elaboración de bastones, juguetes, andamios, utensilios de cocina, cestos, material de construcción, forraje para ganado, ornamental, medicinal y como alimento (Dávila y Brugger, 2012).

El bambú está considerado como una especie de rápido crecimiento; crece tres veces más en comparación con tasas del género *Eucalyptus* y se puede cosechar al quinto año por periodos entre 80 a 120 años (Lárraga y Rivera, 2018); de acuerdo con el CATIE (2004), en algunas especies de bambú la tasa de crecimiento en los primeros 30 días varía entre 4 a 6 cm día⁻¹, donde el 60% se presenta durante la noche, y al alcanzar los 90 cm de altura, se puede incrementar de 9 a 11 cm día⁻¹. El Ministerio de Agricultura de Perú (2011) reporta que la velocidad de crecimiento de los tallos en la mayor parte de las especies de bambú se encuentra en un rango entre los 10 a 30 cm día⁻¹, sin embargo, en especie como *Bambusa tulda* Roxb., puede crecer hasta 70 cm día⁻¹ y *Phyllostachys edulis* (Carrière) J. Houz., hasta 120 cm día⁻¹.

Por otro lado, el bambú tiene ventajas desde el punto de vista ambiental, dado a que esta planta captura más del 40% de bióxido de carbono (CO₂) en los primeros tres años, en comparación con las coníferas y diversas especies del género *Eucalyptus* que capturan en una década; además, producen entre dos y cuatro ton ha⁻¹ de biomasa (Zaragoza-Hernández *et al.*, 2014; Castañeda-Mendoza *et al.*, 2005).

Dentro de los géneros del bambú está *Otatea* que cuenta con 11 especies mexicanas, crece principalmente en hábitats secos a lo largo de la vertiente del Pacífico, desde los 10 hasta 2,100 m de altitud (Ruíz-Sánchez, 2019). Sus usos desde la época prehispánica son para la construcción de viviendas, muebles, cestos, mangos para escoba y diversos utensilios domésticos (Dávila y Brugger, 2012). *Otatea acuminata* (Munro) C.E. Calderón & Soderstr., crece en laderas del bosque tropical caducifolio y en el ecotono del bosque de encino (*Quercus* spp.), aislados y algunas veces en poca densidad, en altitudes de 800 a 1,500 m, requiere suelos calcáreos y clima seco (Ordoñez, 1999); en tanto, *Otatea rzedwoskiorum* Ruiz-Sánchez, sólo se tiene

conocimiento de tres poblaciones en el estado de Chiapas, dos de las cuales se encuentran en áreas naturales protegidas (Cascada el Aguacero y Cañón del Sumidero) y habita en bosques secos tropicales, y en suelos calcáreos en altitudes de 600 a 1,000 m, con una temperatura media anual de 26.7 °C, y precipitación anual de 973.6 mm (Ruíz-Sánchez *et al.*, 2011). Entre estas dos especies, *O. acuminata* es la taxa más utilizada por los pobladores de las comunidades rurales de México, debido a su amplia distribución y abundancia, se ha utilizado en cestería, así como la elaboración del bajareque, que es una mezcla de tallos con suelo húmedo y paja que se utiliza en la construcción de viviendas rurales principalmente en los estados de Jalisco y Veracruz (Rodríguez *et al.*, 2009). Recientemente en México, diversas especies de bambú se han utilizado en proyectos productivos en comunidades rurales, mediante el establecimiento de plantaciones forestales, tal y como los realizados en los estados de Veracruz, Tabasco, Colima, Chiapas, Michoacán y Puebla (Juárez y Márquez, 1992; Aguirre-Cadena *et al.*, 2018; Orozco *et al.*, 2018 y Muñoz *et al.*, 2021); además, dichas especies constituyen un abanico de oportunidades para realizar investigación dada las características propias de la planta y su rentabilidad económica y ecológica (Castañeda-Mendoza *et al.*, 2012); por lo tanto, es de vital importancia evaluar las plantaciones forestales de bambú en diferentes condiciones edafo-climáticas, por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento y la supervivencia de dos especies del género *Otatea* bajo plantaciones forestales en Ziracuaretiro, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de plantación

La presente investigación se realizó en el paraje “Piedras Paradas” en el Ejido El Copal, municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, ubicado en las coordenadas 19° 24' 58.7" de latitud N y 101° 52' 49.4" de longitud W y a una altitud de 1,483 msnm. De acuerdo con INEGI (2009), el tipo de clima asociado al sitio de estudio le corresponde un (A)C(wo) semicálido-subhúmedo con abundantes lluvias en verano según Köppen modificado por García (1973), con una precipitación anual de 1,400 mm y temperaturas que oscilan entre 8 a 37 °C. El suelo en el sitio es Luvisol con una profundidad mayor a 1.0 m y con una topografía del terreno casi plana y una pendiente del 3%. La vegetación asociada al sitio de plantación corresponde a una zona de transición donde se puede encontrar bosque de pino-encino (*Pinus michoacana* y *P. oocarpa*) y vegetación representativa de selva baja caducifolia como Ceiba (*Ceiba acuminata* (S. Watson) Rose, Tepehuaje (*Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth), Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.), Parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb) y

Papelillos (*Bursera* spp.) (INAFED, 2019).

Material de plantación

Las plantas de bambú, perteneciente a las especies *O. acuminata* y *O. rzedwoskiorum* se propagaron por chusquines en el vivero del Campo Experimental Tecomán del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Tecomán, Colima, en bolsa de polietileno negro de 10 x 15 cm con suelo de monte.

Preparación del terreno y Establecimiento de la plantación

Previo a la plantación de bambú, se realizó el corte (chapón) de la vegetación arvense y paralelamente se tomó una muestra de suelo que se envió al Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del INIFAP, en Tecomán, Colima, para su análisis correspondiente. El establecimiento de la plantación fue bajo condiciones temporal en julio de 2018. Las plantas madre de *O. acuminata* al momento de la plantación tenían una altura promedio de 1.41 m y un diámetro a la base del tallo (DBT) de 0.6 cm, mientras que *O. rzedwoskiorum* con una altura promedio de 0.89 m y un DBT de 0.7 cm. Las plantas se establecieron en sistema de plantación de “cepa común” con dimensiones de 25 x 25 x 25 cm, elaboradas en forma manual con la ayuda de un talacho, las plantas se introdujeron en cada cepa, además en la cepa se construyó un “cajete” de 1.0 m de diámetro que funciona como una microcuenca para la captación de humedad. Las plantas se distribuyeron a un espaciamiento de 4.0 m entre plantas y 3.0 m entre hileras, a una densidad de 825 plantas ha⁻¹.

Manejo de la plantación

A dos meses del establecimiento de la plantación, se realizó un deshaje que consistió en eliminar los primeros brotes de la planta madre, quitando los de menor vigor y tamaño y dejando de 2 a 3 brotes por planta y así sucesivamente durante los años siguientes, se continuo con la eliminación de brotes de menor porte. Al inicio (tercer mes de plantado) y al final del periodo de lluvias, se aplicó una fertilización al suelo con Triple 16[®] a una dosis 20 g planta⁻¹, complementariamente se realizó una aplicación foliar con Quelato[®] de Fe y Zn, en dosis de 4.11 y 0.29 ppm, respectivamente, dos veces al año y durante la temporada de estiaje en los meses abril-mayo se aplicaron riegos de auxilio cada 15 días. Además, desde el inicio y hasta el final del periodo de evaluación de la plantación, se realizaron deshierbes en forma manual con ayuda de azadones, eliminando toda la vegetación arvense dentro del área de estudio.

Diseño experimental y variables evaluadas

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, con dos tratamientos (2 especies) y 4 repeticiones por tratamiento, cada unidad experimental estuvo formada por 25 plantas, con un total de 100 plantas por especie. Las variables evaluadas fueron altura total de la planta (At:cm) con ayuda de un estadal topográfico modelo Apex graduado en cm, y el diámetro de la base del tallo (DBT:mm) se midió con un calibrador Vernier digital Neiko y la supervivencia (S) a través de conteo directo. Se hizo registro de las variables altura y diámetro a los 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, y 730 días después de establecida la plantación. Además, se estimó la tasa de crecimiento relativo en cada una de ellas. Con las variables At y DBT, se realizó un análisis de varianza ($p=0.05$) en el programa Statistica versión 13 y en las variables donde se encontraron diferencias significativas, se efectuó una prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey ($p=0.05$) con límites de confianza al 95%. Los datos de supervivencia al no cumplir con el supuesto de normalidad se transformaron a logaritmo natural (\ln) para su análisis. El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

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

Dónde:

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 ($i=2$ especies de *Otatea*)

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

Para el análisis de la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) de la At y DBT para ambas especies, se utilizó la siguiente función (Villar *et al.*, 2004):

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

Dónde:

TCR = tasa de crecimiento relativo (cm o mm día⁻¹),
 $\ln(\text{altura } 2)$ = altura de planta o DBT a los 730 días (cm)

$\ln(\text{altura } 1)$ = altura de planta o DBT a los 100 días
 (Tiempo 2) = 730

(Tiempo 1) = 100

Se calculó el incremento medio mensual (IMM), dividiendo el crecimiento alcanzado hasta el periodo de evaluación (dos años) entre los meses a partir del año de establecimiento, tanto para altura como el DBT (Prodan *et al.*, 1997, Bettinger *et al.*, 2009). Asimismo, se estimó el incremento medio anual (IMA) en altura para las dos especies y se comparó el IMAA de estas especies respecto al IMAA de otras especies utilizadas

en plantaciones forestales evaluadas en Michoacán.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supervivencia (S)

De acuerdo con el análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en supervivencia entre las dos especies, donde a los dos años de su establecimiento en campo, *O. rzedwoskiorum* presentó una $S=96\%$, en comparación con *O. acuminata* que mostró un 40% .

Las causas de la alta mortalidad en *O. acuminata* (60%), se atribuyen principalmente a diferentes factores, entre ellos la inadecuada plantación (10%), estrés de la planta causado durante el traslado del vivero (Tecomán, Colima) al sitio de plantación (15%), a factores no identificados (7%) y el restante 28% a daños causados por tuza (*Geomys mexicanus* (Licht.) Rich), ya que se observó un número considerable de plantas con daños por este roedor. Se considera el detrimento por tuza como uno de los principales problemas de la mortalidad en plantaciones forestales en la Sierra Purépecha, Michoacán; además, *G. mexicanus* en esta región está considerada como la fauna silvestre más nociva, debido a que llegan a causar considerables pérdidas económicas durante los primeros años en plantaciones forestales y cultivos agrícolas (Monroy *et al.*, 2003). Para el caso de *O. rzedwoskiorum*, la mortalidad fue del 4%, debido principalmente al estrés de la planta causado durante el traslado del vivero al sitio de plantación.

Asimismo, la variación del porcentaje de supervivencia entre las especies evaluadas pudiera estar relacionada con los requerimientos edafoclimáticos propios de cada especie (40% vs 96 % para *O. acuminata* y *O. rzedwoskiorum*, respectivamente) (Figura 1). En este sentido *O. acuminata* requiere de suelos calcáreos y clima seco (Ordoñez, 1999).

Los resultados de supervivencia de la especie *O. rzedwoskiorum* de esta investigación son similares a los obtenidos por Orozco *et al.* (2018), quienes evaluaron tres plantaciones de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth.), bajo condiciones de temporal en Comala, Colima, donde obtuvieron una supervivencia promedio del 94% a los 40 meses de edad. También coinciden con Muñoz *et al.* (2021) quienes reportan una supervivencia al año de plantación en condiciones de clima cálido y bajo riego para *Guadua inermis* Rupr. ex E. Fourn. con 99%; *Guadua amplexifolia* J. Presl con 96 %; sin embargo, *Guadua aculeata* Rupr. ex E. Fourn. y *Guadua angustifolia* Kunth., presentaron el valor más bajo con 62%. Así mismo, Mercedes (2006) en República Dominicana reporta una supervivencia del 77 a 100% a seis meses del establecimiento de cuatro especies de bambú (*Bambusa dolichoclada* Hayata, *B. stenostachya* Hack., *B. vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl. y *Phyllostachys makinoi* Hayata). El porcentaje de supervivencia de *O. rzedwoskiorum* es superior en comparación a los reportados por Ely y Jaimez (2017) en una plantación en Colombia con *G. angustifolia*, que obtuvieron un promedio de 64% de supervivencia a 44 meses de edad.

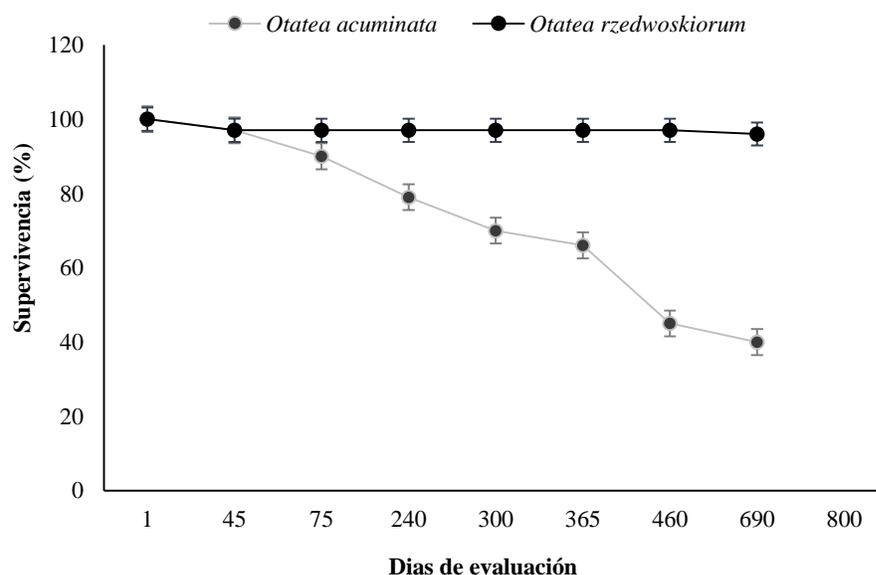


Figura 1. Comportamiento de la supervivencia de dos especies de bambú en una plantación en zona de transición, a dos años de su establecimiento, en el estado de Michoacán (Las barras indican el error estándar de la media).

Altura total (At)

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para la variable altura; la evaluación a dos años (hijuelos secundarios o de segunda generación) indicó que la especie *O. rzedowskiorum* alcanzó 2.04 m y *O. acuminata* 1.78 m. Por lo tanto, existe una diferencia de crecimiento entre ambas especies de hasta 22.04 cm, destacando *O. rzedowskiorum* (Tabla 1). Estas diferencias son típicas en especies de bambú (Dávila y Brugger, 2012), ya que están en función de las condiciones edafoclimáticas del sitio y las características propias de la especie, para lograr un rápido crecimiento (Muñoz et al., 2021).

El comportamiento del crecimiento en altura de las dos especies fue muy similar durante los primeros 250 días de su plantación, sin embargo, a partir de los 300 días y hasta el término de la evaluación (2 años o 730 días), *O. rzedowskiorum* mostró el mayor crecimiento en esta variable en comparación con *O. acuminata* (Figura 2).

Con otras especies de bambú Muñoz et al. (2021), reportaron crecimientos en altura similares al año de su establecimiento con una altura promedio de 2.12 m para *G. inermis*; seguido de *G. amplexifolia* con 1.26 m; sin embargo, en otras especies el crecimiento en *At* resultó menor al obtenido en este trabajo, como en el caso de *G. angustifolia* con 0.81 m y *G. aculeata* con 0.80 m.

En el Tabla 1, se presentan las diferencias ($P < 0.0001$) respecto a la Tasa de Crecimiento Relativo en altura desde los 50 y hasta 730 días de la plantación en las dos especies de bambú, donde *O. rzedowskiorum* alcanzó el mayor crecimiento en esta variable con un valor promedio de 2.04 cm, así como la mayor tasa de crecimiento relativo e incremento medio anual (1.02 m año^{-1}).

El IMmA para *O. rzedowskiorum* fue de 29 mm mes^{-1} , mientras que para *O. acuminata* fue de 0.12 mm mes^{-1} , el mayor incremento medio anual en altura (IMAA) correspondió para *O. rzedowskiorum* con 1.02 m año^{-1} , y para *O. acuminata* fue de 0.89 m año^{-1} (Tabla 1).

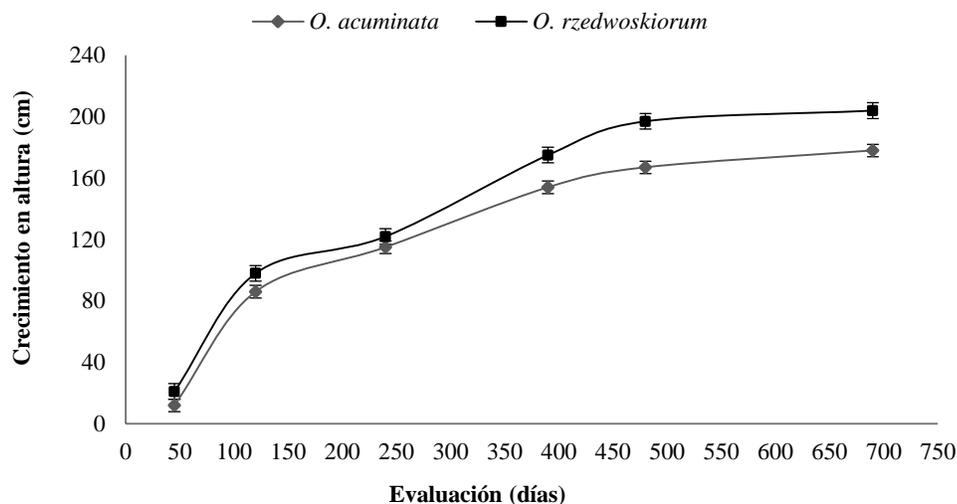


Figura 2. Comportamiento del crecimiento en altura durante el tiempo de evaluación de las dos especies de bambú, establecidas en una zona de transición en el estado de Michoacán (Las barras indican el error estándar de la media).

Tabla 1. Diferencias de crecimiento en altura ($P < 0.0001$) y tasa de crecimiento relativo de dos especies de bambú, a 2 años de su establecimiento en una zona de transición en el estado de Michoacán.

Especie	Crecimiento de la planta (cm)		TCR (cm día^{-1})	IMmA (mm mes^{-1})	IMAA (m año^{-1})
	50 Ddp	730 Ddp			
<i>O. rzedowskiorum</i>	$21.0 \pm 1.7 \text{ a}$	$204.0 \pm 2.2 \text{ a}$	0.30 ± 0.05	29	1.02
<i>O. acuminata</i>	$12.0 \pm 1.5 \text{ b}$	$178.0 \pm 1.6 \text{ b}$	0.151 ± 0.02	12	0.89

Dónde: 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.

Estos resultados fueron contrastes y bajos ya que Mercedes (2006) en República Dominicana, reportó que el crecimiento en altura a los seis meses del establecimiento de cuatro especies de bambú (*Bambusa dolichoclada* Hayata, *B. stenostachya*, *B. vulgaris* y *Phyllostachys makinoi* Hayata) fue de 4.4 a 6.5 cm día⁻¹.

Los resultados obtenidos contrastaron con lo reportado por Muñoz *et al.* (2021) para cuatro especies de bambú establecidas en condiciones de \pm clima tropical en el estado de Michoacán, debido a que los crecimientos reportados no se presentaron con la misma rapidez con la que crecen los culmos o tallos del bambú, ya que existen registros donde algunas especies de bambú pueden alcanzar entre 8 a 120 cm día⁻¹, y llegar a crecer hasta 30 m de altura a los 180 días de su plantación (León, 2000). CATIE (2004) cita que las tasas de crecimiento para bambú durante los primeros 30 días alcanzan de 4 a 6 cm de altura en 24 horas, y El Ministerio de Agricultura de Perú (2011) reporta que la velocidad de crecimiento en altura en la mayoría de las especies de bambúes es de 10 a 30 cm día⁻¹.

Diámetro a la base del tallo (DBT)

Los resultados del análisis de varianza no mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Los valores obtenidos para esta variable fueron muy similares para ambas especies, donde *O. rzedwoskiorum* alcanzó los 7.8 mm y *O. acuminata* 8.3 mm, con una diferencia de 0.5 mm (± 0.02 mm) a los dos años de su establecimiento (Tabla 2).

Al igual que en el crecimiento en altura, estos resultados difieren a los reportados por Muñoz *et al.* (2021), quienes a un año mencionan que el DBT promedio para *G. inermis*, fue de 21.27 mm; seguido de *G. amplexifolia*, con 12.76 mm; *G. aculeata* con 10.32 mm, superando únicamente el DBT que presentó *G. angustifolia* que fue de 5.93 mm. De manera similar, Akinlabi *et al.* (2017) mencionan que el diámetro del tallo varía entre especies, debido a que existen especies con tallos tan delgado como un lápiz, en cambio, otras, miden alrededor de 20 cm de DBT. Así Banik (2015) observó que el diámetro del tallo está en función de las

condiciones del hábitat y la edad, ya que a medida que incrementa la edad, el diámetro de los culmos también aumenta. En relación con la TCR, *O. rzedwoskiorum* alcanzó a la edad de evaluación (2 años) un crecimiento promedio de 0.014 mm día⁻¹, mientras que el DBT en *O. acuminata* fue de 0.013 mm día⁻¹ (Tabla 2).

El IMmD fue de 0.004 mm en ambas especies, mientras que el incremento medio anual en diámetro a la base del tallo (IMADBT) fue para *O. rzedwoskiorum* de 0.65 mm año⁻¹ y para *O. acuminata* de 0.69 mm año⁻¹ (Tabla 2). Se consideró que los crecimientos en altura y DBT observados para ambas especies durante los dos años de evaluación, continuaron en aumento conforme a la edad de plantación, dado que los resultados corresponden al segundo año de evaluación, es decir, a su etapa juvenil; ya que en especies de bambú, generalmente durante su estado de madurez (4-5 años) las plantas alcanzan su máxima altura (García, 2014), por lo tanto, los crecimientos registrados hasta el momento de la evaluación tendrán una tendencia a aumentar de acuerdo a su edad, ya que el crecimiento será mayor, por lo que se podría esperar que en los próximos años (4-5 años) esta variable se incremente aún más, hasta completar su etapa de madurez.

Por otra parte, las tasas del bambú, a diferencia de otras especies, no presentan crecimiento diametral, este disminuye de forma proporcional con la altura, una vez que el bambú emerge del suelo, lo hace con el diámetro máximo que tendrá hasta el final de su ciclo de vida, es decir aumenta el grosor del tallo hacia la parte interior y se endurece al paso de los años (Peña, 2015).

El taxón *O. rzedwoskiorum* mostró una buena adaptación al sitio de plantación (zona de transición) en el estado de Michoacán, con una tendencia a una mayor altura y diámetro, y se esperaría que este comportamiento continúe durante los siguientes años, ya que las plantas aún no han alcanzado su máximo crecimiento, tal y como lo citan 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.

Tabla 2. Diferencias de crecimiento promedio en diámetro a la base del tallo ($P < 0.0001$) y tasa de crecimiento relativo de dos especies de bambú, establecidas en el estado de Michoacán.

Especie	Crecimiento de DBT (mm)		TCR (mm día ⁻¹)	IMmD (mm mes ⁻¹)	IMADBT (mm año ⁻¹)
	45 Ddp	730 Ddp			
<i>O. rzedwoskiorum</i>	3.00 \pm 0.5 a	7.80 \pm 0.7 a	0.014 \pm 0.02	0.004	0.65
<i>O. acuminata</i>	3.56 \pm 0.4 b	8.30 \pm 0.5 b	0.013 \pm 0.02	0.004	0.69

Dónde: Ddp = Días después de la plantación, TCR = Tasa de crecimiento relativo en diámetro a la base del tallo, IMmD = Incremento medio mensual en diámetro basal. IMADBT = Incremento medio anual en diámetro basal.

Tabla 3. Resultados de los análisis de suelo en la plantación de dos especies de bambú, en zona de transición en el estado de Michoacán.

Determinación	Resultados	Determinación	Resultados
pH agua (1:2)	7.37	Potasio (K)	228.33 ppm
Materia orgánica	3.16%	Fosforo (P)	1.79 ppm
Textura	Franco-arenoso	Calcio (Ca) (Acetato amónico)	765.71 ppm
Arena	54.60%	Hierro (Fe)	23.40 ppm
Limo	34.00%	Zinc (Zn)	0.12 ppm
Arcilla	11.40%	Cobre (Cu)	0.77 ppm
% de Saturación	67.50	Manganeso (Mn)	7.12 ppm
Nitrógeno (N asimilable)	No encontrado	Carbono (C)	1.83%

Tipo de suelo y sus características físico-químicas

En la Tabla 3 se muestran los resultados de los análisis de suelo y debido a que son escasos los estudios en Michoacán sobre los requerimientos nutricionales de especies de bambú, se realizó una comparación con las determinaciones de la NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, sanidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis, catalogadas como base de cultivos agrícolas.

El pH del suelo donde se estableció la plantación es medianamente básico con un pH de 7.4, el contenido de materia orgánica de 3.16%, en los elementos mayores, el N no se encontró, el K se presentó en concentración media (228.33 ppm), el Ca en concentración alta (765.71 ppm), y en concentraciones bajas el P (1.79 ppm) y los elementos menores Fe (23.40 ppm), Zn (0.12 ppm), Cu (0.77 ppm) y Mg (7.12 ppm); en concentraciones muy bajas el C en 1.83%. El tipo de textura es franco-arenosa, con un contenido de arena del 54.60%, limo 34.00% y arcilla 11.40% (Tabla 3).

CATIE (2004) cita que las características del suelo y la topografía son factores que condicionan el crecimiento de los bambúes y en general crecen mejor en suelos con buen drenaje, franco arenoso a franco arcilloso, rico en nutrimentos minerales, como suelos derivados de aluviones de ríos y no prospera en suelos estacionalmente inundados. Las características y condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos son influyentes para lograr la adaptación de una especie de bambú y también conseguir su desarrollo y producción óptima (Añazco, 2013). De acuerdo con Hidalgo (2003), la precipitación afecta la distribución de bambúes, ya que su requerimiento de agua es alto y durante la estación seca, la planta reduce la transpiración al eliminar las hojas. Con las primeras lluvias, emite nuevos brotes, esto muestra que el crecimiento vegetativo se ve más afectado por la humedad del suelo como resultado de la lluvia que por la temperatura; en promedio el rango más común es de 1,200-4,000 mm por año.

En relación con la temperatura, Hidalgo (2003) menciona que es un factor muy importante para el crecimiento de las especies de bambúes, cuando se presentan con mayor intensidad generalmente promueven su crecimiento, y las más bajas lo inhiben. García (2006) señala que, debido a la amplia distribución geográfica de las especies de bambúes, así como a su adaptabilidad a diferentes climas y suelos pueden presentar diferencias en cuanto a su desarrollo y crecimiento, el cual es determinado por la calidad del sitio de plantación, la precipitación y temperatura del sitio; además, las condiciones ambientales para su crecimiento varían ampliamente entre las numerosas especies y están relacionadas con muchos factores asociados, como la latitud y altitud, temperatura, lluvia, suelo y la topografía (Hidalgo, 2003), ya que en este estudio ambas especies fueron establecidas en una zona de transición, se pudo observar que dichos factores antes mencionados afectan su desarrollo y crecimiento, pero también se comprobó que tanto *O. acuminata* como *O. rzedwoskiorum* son especies de bambú que se adaptan a condiciones de suelos con pocos nutrientes y pH medianamente básico (Tabla 3). Maya *et al.* (2017) menciona que 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, es necesario considerar la adecuada selección de los sitios, de acuerdo con los fines y usos de plantación para los que esta sea considerada.

CONCLUSIONES

En condiciones de temporal y en zona de transición de bosque de pino-encino a selva mediana caducifolia, donde el clima es semicálido-subhúmedo, la supervivencia y el crecimiento en altura que presenta *Otatea rzedwoskiorum* es mayor, sin embargo, el desarrollo del diámetro a la base del tallo, que presenta es muy similar al de *O. acuminata* con tan solo de una diferencia de 0.5 mm (± 0.02 mm). Debido a las características físico-químicas del suelo donde fueron establecidas las dos especies de bambú, el crecimiento, desarrollo y porcentaje de supervivencia fueron

afectados debido a deficiencia en el contenido de macro y micronutrientes, que se observó en una baja tasa de crecimiento relativo y baja productividad, especialmente para *O. acuminata*. Al realizar labores culturales complementarias (cajetes, deshierbes, riegos de auxilio y fertilización), puede ayudar a mejorar el crecimiento que presentaron ambas especies de bambú.

Agradecimientos

Al Ejido “El Copal” municipio de Ziracuaretiro, Mich., por el apoyo para la realización del presente trabajo en campo y al compañero Prestador de Servicios Técnicos Forestales Ing. Ysidro Castro Irineo†, en la consecución del terreno y contacto con los ejidatarios.

Funding. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria, México.

Conflict de interest. The authors declare that there is no conflict of interest related to this publication.

Compliance with ethical standards. The global code of conduct for research in resource-poor settings was strictly adhered to following the Convention on Biological Diversity and the Declaration of Helsinki.

Data availability. The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Author contribution statement (CRediT). H.J. Muñoz-Flores and J.T. Sáenz-Reyes, conceptualization, writing –original draft, methodology, writing–review & editing, funding acquisition, supervision and validation. R. Barrera-Ramirez, D. Castillo-Quiroz and F. Castillo-Reyes, conceptualization, writing –review & editing, methodology, formal Analysis.

REFERENCIAS

- Aguirre-Cadena, J.F., Cadena-Iñiguez, J., Ramírez-Valverde, B., Juárez-Sánchez, J.P., Caso-Barrera, L., and Martínez-Carrera, D., 2018. Bamboo production system of *Guadua angustifolia* kunth and *Bambusa oldhamii* Munro in the northeast sierra of Puebla. *Agro productividad*, 11 (8), pp. 167-175. doi.org/10.32854/agrop.v11i8.1114
- Akinlabi, E.T., Anane-Fenin, K., and Akwada, D.R., 2017. Properties of Bamboo. In: Springer, Cham. Bamboo. pp. 87-147. doi: 10.1007/978-3-319-56808-9_3
- Añazco, M., 2013. Estudio de vulnerabilidad del bambú (*Guadua angustifolia*) al cambio climático, en la costa del Ecuador y norte Perú. Editores Cabrera, A. y Soria, P. Unión Europea – Red Internacional del Bambú y Ratán (INBAR). http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_del_bambu.pdf
- Banik, R.L., 2015. Morphology and growth. In: Liese, W. and Kohl, M. eds. Bamboo: the plant and its uses, Tropical forestry series. Switzerland: Springer International Publishing. pp. 43–87. ISBN: 9783319385976.
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J. P., and Grebner, D.L., 2009. Forest management and planning. 1a. ed. USA, Academic Press, pp. 360 ISBN: 978-0-12-374304-6
- Castañeda-Mendoza, A., Vargas-Hernández. J., Gómez-Guerrero, A., Valdez-Hernández, J.I., and Vaquera-Huerta, H., 2005. Acumulación de carbono en la biomasa aérea de una plantación de *Bambusa oldhamii*. *Agrociencia*, 39(1), 107-116. <http://www.colpos.mx/agrociencia/Bimestral/2005/ene-feb/art-10.pdf> (24 de noviembre 2021).
- Castañeda-Mendoza, A., Vargas-Hernández, J.I., and Gómez-Guerrero, A., 2012. Componentes de la producción primaria neta aérea en una plantación de *Bambusa oldhamii*. *Agrociencia* 46, 63-74. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=30223126006>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2004. Guadua-Bamboo. Investigación para el manejo y el mercadeo sostenible del Bamboo en Costa Rica y Colombia. <http://web.catie.ac.cr/guadua/default.asp>
- Cruz, R. H., 2009. Bambú-Guadua: *Guadua angustifolia* Kunth, bosques naturales en Colombia y plantaciones comerciales en México. 1ª edición. Pereira, Colombia, Ed. Risaralda. 710 pp.
- Daquinta, M., Gregori, A., Cid, M., Lezcano, Y., and Sagarra, F., 2007. Formación de callos e inducción de brotes a partir de tejido intercalar de ramas de plantas adultas de *Guadua angustifolia* Kunth. *Bioteología Vegetal* 7(2), 119-122. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/366/html>
- Dávila, M.E., and Brugger, J.S., 2012. El Aprovechamiento del bambú para impulsar el desarrollo económico sustentable en México. Observatorio de la Economía

- Latinoamericana. Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México 25 p. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/366/339> (23 de abril de 2021).
- Ely, F., Araque, O., and Jaimez, R., 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, M.E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F., México. 71 p.
- García, J.C., 2006. Growth and productivity of the bamboo species *Guadua angustifolia* Kunth in the coffee region of Colombia. PhD thesis Forest Sciences. Georg-August-Universität. Göttingen, Germany. 206 p.
- García, J.C., 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.
- Hidalgo, L.O., 2003. Bamboo the gift of the gods. 1a edition. Bogotá, Colombia. 553 pp. ISBN: 9789583342981.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo (INAFED), 2019. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Michoacán de Ocampo. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16111a.html> (9 de julio de 2019).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2009. Prontuario de información geográfica municipal, de Ziracuaretiro, Michoacán de Ocampo Clave geoestadística16058. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/16/16058.pdf> (15 de enero de 2021).
- Juárez, E.O., and Márquez, G., 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.
- Lárraga, L.R., and Rivera, E.R., 2018. El Bambú: Alternativa en el turismo sostenible para el desarrollo comunitario. Universidad Autónoma de San Luis Potosí y Universidad Autónoma Chapingo. 86 p. ISBN: 978-84-17583-42-2. <https://www.eumed.net/libros/1808/index.html>
- León, J., 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3ra Edición. Costa Rica: Editorial Agroamérica - IICA. 522 pp. ISBN: 92-9039-395-5.
- Maya Echeverry, J.M., Camargo García, J.C., and Marino Mosquera, O., 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. Santo Domingo, República Dominicana: Ed. CEDAF. 38 p. <http://190.167.99.25/digital/bambu.pdf>
- Ministerio de Agricultura de Perú. 2011. Bambú, Biología, cultivo, manejo y usos en el Perú. Dirección General de Competitividad Agraria. Lima-Perú. 64 p.
- Monroy, V. O., Ortega, M., and Velázquez, A., 2003. Dieta y abundancia relativa del coyote: un dispersor potencial de semillas. Las enseñanzas de San Juan. (Velázquez, A., A. Torres, y G. Bocco, comps.). SEMARNAT-INE y Gobierno de Michoacán. México, Distrito Federal, 565-591. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/420/veintiseis.html>
- Muñoz, F.H.J., Sáenz, R.J.T., Orozco, G.G., De Dios, B.J., and Prieto, J.A.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, Michoacán, México. 54 p.
- Muñoz, F. H.J., Sáenz, R.J.T., Ramos, J.H., Gutiérrez, G.O., and Ramírez, R.B., 2021. Plantación de cuatro especies de bambú establecidas en el trópico seco de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12(65), 45-66. doi: 10.29298/rmcf.v12i65.788
- Norman, G.R., Streiner, D.L. and Freixenet, T.J., 1996. Bioestadística (No. Sirsi) i9788481741506). Mosby/Doyma Libros. Barcelona, España. 237 p.
- Ordoñez, C.V.R., 1999. Perspectivas del bambú para la construcción en México. *Madera y Bosques* 5(1): 3-12. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61750102.pdf>

- Orozco, G., Guajardo, G.E.A., and De Lira, R.R.C., 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.
- Peña, C.M., 2015. Solución Bambú: Guía para el manejo sustentable del género *Phyllostachys*. 1^a ed. Edición especial.- Tigre: Peña, Clara María. Argentina. ISBN: 978-987-33-8429-5
<http://www.unmundodebambu.com.ar/librosdebambu/SB.pdf>
- Prodan, M., Rolan, P., Cox, F., and Real, P., 1997. Mensura forestal. Serie de investigación y educación en desarrollo sostenible. Costa Rica: IICA. 586 p. ISBN: 92-9039-304-1.
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/15038>
- Rodríguez, M.R.M., Galicia, S.L., Sánchez, W., Gómez, M.L., Zarco, A.A.E., and Cecon, E., 2009. Usos actuales, distribución potencial y etnolingüística de los bambúes leñosos (Bambuseae) en México. En: Pochettino, M.L., Ladio, A.H y Arenas, P.M. Eds. Tradiciones & transformaciones en Etnobotánica. Argentina: CYTED. pp. 355–363. ISBN: 978-84-96023-95-6.
<http://scifunam.fisica.unam.mx/mir/el/marina/capitulodelibroRodriguez.pdf>
- Ruíz-Sánchez, E., Clark, L.G., Londoño, X., Mejía-Saulés, T., and Cortés, G., 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
- Ruíz-Sánchez, E. 2019. Los bambúes de México: diversidad, conservación y uso. CONABIO. *Biodiversitas*, 143, 13-16.
<https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/14853.pdf>
- Ruíz-Sánchez, E., Sosa, V., Mejía-Saules, M.T., Londoño, X., and Clark, L.G., 2011. A taxonomic revision of *Otatea* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae) including four new species. *Systematic Botany*, 36(2), 314-336. DOI: 10.1600/036364411X569516
- NOM-021-RECNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana) 2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 31 de diciembre de 2002.
- Statistica. 2018. TIBCO Statistica ® programa de análisis y visualización de datos, versión 13.0. TIBCO Software Inc.
<https://statistica.software.informer.com/13.0/> (1 de marzo de 2021).
- Tropicos. Org. 2020. Missouri Botanical Garden.
<https://www.tropicos.org/name/Search?name=Otatea%20zedwoskiorum>
- Villar, R., Ruíz-Robledo, J., Quero, J.L., Poorter, H., Valladares, F., and Marañón, T., 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: Aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En: Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A. pp. 191-227. ISBN. 84-8014-552-8.
- Zaragoza-Hernández, I., Borja de la R., A., Zamudio, S.F.J., Ordóñez, C.V.R., and Bárcenas, P.G.M., 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.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712014000300008&lng=es&tlng=es.