



Calidad de planta de *Gmelina arborea* Roxb. producida con diferentes mezclas de sustratos en vivero

Jorge Reyes Reyes¹, Dorian de Jesús Pimienta de la Torre^{1*}, Juan Alberto Rodríguez Morales¹, Mario Alonso Fuentes Pérez², Emilio Palomeque Figueroa¹

¹Grupo de Investigación en Recursos Forestales, Universidad Autónoma de Chiapas. México.

²Escuela de Ciencias y Procesos Agropecuarios Industriales, Universidad Autónoma de Chiapas. México.

*Autor por correspondencia: dorian.pimienta@unach.mx

Resumen:

La calidad de planta que se produce en vivero es importante para lograr el establecimiento exitoso de plantaciones forestales. El objetivo del estudio que se describe consistió en evaluar el crecimiento y calidad de plantas de *Gmelina arborea*, especie que se ha adaptado, fácilmente, a las regiones tropicales húmedas y subhúmedas de México, con diferentes mezclas de sustrato mediante el sistema de producción tradicional en vivero. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con seis tratamientos, cinco repeticiones y 25 plantas por unidad experimental. Los tratamientos evaluados fueron: T₁ (50 % tierra +50 % cascabillo de café), T₂ (50 % tierra + 50 % aserrín (mezcla de *Mangifera indica*, *Tabebuia rosea* y *Tabebuia donnell-smithii*)), T₃ (50 % tierra + 50 % cáscara de cacao), T₄ (50 % tierra + 50 % bagazo de caña), T₅ (50 % tierra + 50 % estiércol de ganado) y T₆ (100 % tierra de monte). Después de 75 días de haber llevado a cabo la siembra, el análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ellos, en las que el T₅ generó los valores más altos en diámetro (8.76 mm), altura (66.08 cm), área foliar (1 097.42 cm²), biomasa total (11.48 g) e índice de calidad de *Dickson* (1.00). Se concluye que este sustrato produce plantas de calidad de la especie probada.

Palabras claves: Aserrín, bagazo de caña, cascabillo de café, *Gmelina arborea* Roxb., propagación de plantas, sistema de producción tradicional.

Fecha de recepción/Reception date: 12 de diciembre de 2017

Fecha de aceptación/Acceptance date: 7 de marzo de 2018.

Introducción

En los últimos años ha surgido la necesidad de estimular programas de reforestación y de plantaciones forestales comerciales con especies de rápido crecimiento, para cumplir con la demanda creciente de productos forestales y servicios ambientales (Conafor, 2011; Fierros, 2012), además para recuperar con vegetación áreas denudadas, como consecuencia del grave problema de deforestación provocada, principalmente, por el cambio de uso del suelo (Semarnat, 2015).

Gmelina arborea Roxb. es una especie forestal tropical, nativa del sureste de Asia, de gran importancia económica para diferentes propósitos (Patiño et al, 1982; Hossain, 1999; Dvorak, 2004). Su velocidad de crecimiento (Juárez y Ramírez, 1985), su diversidad de usos y su fácil adaptación a las diversas condiciones ecológicas (Vázquez y Ugalde, 1995; Martínez et al., 2015) han hecho que la incluyan en la mayoría de los programas de plantaciones forestales en países tropicales (Murillo, 1991). En México, se ha adaptado con facilidad a las regiones tropicales húmedas y subhúmedas de los estados de Yucatán, Veracruz, Jalisco, Oaxaca, Quintana Roo, Campeche, Colima, Nayarit, Michoacán, Tabasco y Chiapas.

La tierra de monte es el sustrato más común en los viveros del país que trabajan con el sistema de producción tradicional para especies forestales y frutales; sin embargo, su utilización frecuente causa un impacto ambiental indeseable, debido a la extracción de grandes cantidades de suelo, principalmente de cafetales y cacaotales. La NOM-003-RECNAT-1996 (Semarnat, 1996) establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de la tierra de monte, aunque destaca que su uso

irracional provoca serios problemas al ecosistema por la erosión y pérdida de productividad de los suelos.

Por otra parte, en algunas regiones del país existen subproductos de la industria maderera y otros materiales naturales como los residuos de cosechas agrícolas (bagazo de caña, cascabillo de café, cáscara de cacao, cáscara de coco, estiércol de ganado vacuno y ovino, entre otros) que pueden utilizarse como componentes para mejorar las mezclas de sustratos y sustituir el uso de la tierra de monte (Reyes *et al.*, 2005; Maldonado *et al.*, 2011; Mateo *et al.*, 2011).

Producir plantas de calidad en vivero contribuye a garantizar mayor porcentaje de supervivencia en las plantaciones forestales y en los programas de reforestación (Birchler *et al.*, 1998; Rodríguez, 2008; Prieto y Sáenz, 2011). Para conseguir lo anterior, es importante tener un control efectivo del proceso de producción (Reyes *et al.*, 2005; Basave *et al.*, 2014) y contar con un sustrato adecuado para la especie seleccionada (Cabrera, 1999; Pastor, 2000). Dado que el volumen de un contenedor es limitado (Prieto *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2016), el sustrato y sus componentes deben poseer características físicas y químicas que, combinadas con un programa integral de manejo, permitan el crecimiento y desarrollo óptimo de la plántula (Arteaga *et al.*, 2003; Sánchez *et al.*, 2008, Orozco *et al.*, 2010) y que reduzcan los costos de producción, pero que garanticen la calidad de la planta.

El concepto de calidad de planta se basa, principalmente, en las características morfológicas y fisiológicas (Thompson, 1985; Birchler *et al.*, 1998; Rodríguez, 2008; Prieto *et al.*, 2009), que determinan su condición real en función de las condiciones del sitio en donde se vaya a introducir; es importante porque supone una supervivencia y crecimiento inicial en relación a las diversas prácticas culturales. En este contexto, el objetivo que se propuso para la investigación aquí descrita consistió en evaluar el crecimiento inicial de plántulas de *Gmelina arborea* producidas en el sistema tradicional, con diferentes mezclas de sustratos y determinar las características morfológicas de la planta que favorezcan su supervivencia en el lugar definitivo de plantación.

Materiales y Métodos

Localización del sitio de estudio

El trabajo de investigación se realizó en el vivero forestal de la Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV de la Universidad Autónoma de Chiapas. Se localiza en el municipio Huehuetán, Chiapas, a una altitud de 44 m, entre los paralelos 15°00' y 15°30' N y los meridianos 94°30' y 95°00' O del meridiano de Greenwich.

Condiciones climáticas

El clima que predomina en el área de estudio corresponde a Aw₂ (w") ig, que se refiere al cálido húmedo con lluvias en verano de acuerdo al sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1973). La precipitación media anual es de 2 415 mm de mayo a noviembre, con temperatura promedio de 28.5 °C; media máxima de 37.1 °C y media mínima de 19.7 °C con una evaporación promedio de 1 990 mm.

Material vegetal

La recolecta de semillas de *Gmelina arborea* se realizó en un rodal semillero dentro del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas. El DAP promedio de los árboles fue de 38 cm y la altura total promedio de 21 m. Las semillas para establecer dicho rodal proceden del Rancho El Chaparral, localizado en el municipio Juchique de Ferrer, Veracruz.

Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, se estudiaron seis tratamientos de mezclas de sustratos (Cuadro 1) con cinco repeticiones y 25 plantas por unidad experimental, de las cuales se seleccionaron 12 para el análisis destructivo.

Cuadro 1. Tratamientos de mezclas de sustratos en el crecimiento inicial y calidad de plantas de *Gmelina arborea* Roxb.

Tratamiento	Mezcla de sustratos
1	50 % tierra de monte + 50 % cascabillo de café
2	50 % tierra de monte + 50% aserrín
3	50 % tierra de monte + 50 % cáscara de cacao
4	50 % tierra de monte + 50 % bagazo de caña
5	50 % tierra de monte + 50 % estiércol de ganado
6	100 % tierra de monte

Descripción de los sustratos

Se utilizaron seis sustratos que están disponibles y son fáciles de adquirir en la región como es el cascabillo de café (*Coffea* sp.) procedente de una maquiladora y con un año de haber sido procesado; aserrín de *Mangifera indica* L., *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose, igualmente con un año de haberse procesado y secado a la intemperie; cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) con seis meses de secado bajo sombra de un cacaotal; bagazo de caña (*Saccharum officinarum* L.) con un año de haberse procesado bajo sombra; estiércol de ganado vacuno colectado en fresco y tierra

proveniente de un cacaotal. El cascabillo de café, el aserrín, la cáscara de cacao y el bagazo de caña fueron molidos un molino mecánico, de lo que resultaron las partículas a un tamaño menor de 5 mm. Se midió la cantidad de sustrato para elaborar la mezcla correspondiente a cada tratamiento, y se revolvió con pala hasta quedar homogénea.

Producción de plantas

La germinación de las semillas de *Gmelina arborea* consistió en sumergirlas en agua por 48 h y 24 h a continuación, se dejaron al aire libre bajo sombra para que perdieran humedad; posteriormente, se sembraron dos semillas en el centro de cada envase (bolsas negras de polietileno de 15 × 20 cm calibre 400 µm) a una profundidad de dos veces su tamaño y se taparon con la misma mezcla de sustrato correspondiente al tratamiento. El material fue depositado de forma manual en cada envase.

Prácticas culturales

Una vez ocurrida la emergencia de las semillas, se aplicó Captan® 500 en dosis de 2 g L⁻¹ de agua cada semana por un periodo de 30 días, con el fin de prevenir el *damping-off* o enfermedad de semillero. Se realizaron tres aplicaciones del fertilizante foliar *Bayfolan*® en dosis 2 g L⁻¹ de agua; la primera se hizo a los 30 días después de la emergencia y las otras dos, cada 8 días. Se llevó a cabo una única remoción a los 10 días posteriores a la emergencia, cuando se dejó a las plantas que presentaron características favorables para su crecimiento y desarrollo.



Variables evaluadas

Las plantas de *Gmelina arborea* se evaluaron a los 75 días después de la siembra en todas las variables, excepto para el tiempo de emergencia que se cuantificó al momento de ser visible la planta en cada bolsa; la altura se midió con una regla graduada en centímetros, desde la base del tallo hasta la yema apical; el diámetro se registró en milímetros en la base del tallo, con un vernier digital (*Traceable*[®], Modelo 3416), se cuantificó el número total de hojas por planta evaluada y el área foliar se determinó con ayuda del integrador de área foliar LI-COR[®] modelo LI-3000^a, en cm².

Para evaluar la biomasa se extrajeron 12 plantas al azar de cada unidad experimental, a las que se les eliminó el sustrato adherido mediante un lavado en agua corriente. Las muestras se colocaron en bolsas de papel, con sus respectivas identificaciones y se colocaron en una estufa de secado (VWR *Sheldon Manufacturing*, Modelo 1390FM) a 70 °C hasta alcanzar un peso constante. Transcurrido ese lapso se pesaron por separado la parte aérea y radical en una balanza analítica con precisión a miligramos (*Denver Instrument*, Modelo 310).

La relación parte aérea/raíz se obtuvo al dividir el peso seco aéreo (g) entre el peso seco radical (g) y el índice de esbeltez, al dividir la altura entre el diámetro del tallo (Thompson, 1985). El índice de lignificación corresponde al porcentaje de peso seco con relación al contenido de agua en las plantas (Prieto *et al.*, 2004). El índice de Calidad de *Dickson* (ICD) resultó de integrar los valores de biomasa total, el índice de esbeltez y la relación parte aérea/raíz, en el que los valores altos indican plantas de mejor calidad (Dickson *et al.*, 1960); su fórmula es la siguiente:

$$ICD = \frac{\frac{Peso\ seco\ total\ (g)}{Altura\ (cm)}}{\frac{Peso\ seco\ aéreo\ (g)}{Diámetro\ (mm)}} + \frac{Peso\ seco\ radical\ (g)}{Peso\ seco\ total\ (g)}$$

Análisis estadístico

Los datos de cada planta correspondiente a las variables evaluadas se analizaron mediante el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 1999). El análisis de varianza se realizó con el procedimiento PROC GLM; posteriormente, a las variables que presentaron diferencia significativa se les sometió a la prueba de comparación de medias con el método Tukey ($p \leq 0.05$) para determinar el tratamiento con los valores más destacados.

Resultados y Discusión

Los resultados de los análisis de varianza mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para las variables días a emergencia, número de hojas y área foliar; y significativas ($p < 0.01$) para las variables diámetro del tallo, altura de la planta, biomasa total, relación parte aérea/raíz, índice de lignificación e índice de calidad de *Dickson*. El índice de esbeltez no presentó diferencias significativas (cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Resultados del análisis de varianza para las características morfológicas consideradas en el crecimiento inicial de *Gmelina arborea* Roxb. en vivero en diferentes mezclas de sustrato.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado medio y significancia				
		DMER	DIAM	ALTU	NHOJ	AFOL
Mezcla	5	16.50*	95.94**	483.48**	950.52*	1719255.29*
Error	354	4.82	0.90	95.08	78.99	32083.25
C.V.		17.93	12.90	17.50	24.40	19.54
r^2		0.04	0.59	0.41	0.14	0.43

DMER = Días a emergencia; DIAM = Diámetro; ALTU = Altura; NHOJ = Número de hojas; AFOL = Área foliar; *Significativo con $p \leq 0.05$; ** Significativo con $p \leq 0.01$;

C.V. = Coeficiente de variación (relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de la variable); G.L. = Grados de libertad.

Cuadro 3. Resultados del análisis de varianza biomasa total, relación parte área/raíz, índice de esbeltez, índice de lignificación e índice de calidad de *Dickson* en el crecimiento inicial de *Gmelina arborea* Roxb. en diferentes mezclas de sustrato.

Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado medio y significancia				
		BIOT	RPAR	IESB	ILIG	ICD
Mezcla	5	427.08 **	0.56 **	2.40 ^{ns}	210.02 **	3.17 **
Error	354	4.63	0.97	1.67	17.07	0.04
C.V.		26.81	0.97	17.00	17.52	30.21
r^2		0.56	0.07	0.01	0.14	0.48

BIOT = Biomasa total; RPAR = Relación parte aérea/raíz; IESB = Índice de esbeltez; ILIG = Índice de lignificación; ICD = Índice de calidad de *Dickson*; *Significativo con $p \leq 0.05$; ** Significativo con $p \leq 0.01$; C.V. = Coeficiente de variación (relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de la variable); G.L. = Grados de libertad.

Días a emergencia

La prueba de comparación de medias de *Tukey* ($p \leq 0.05$) reveló que las semillas de *Gmelina arborea* sembradas en tierra de cacaotal al 100 % emergieron en promedio a los 11.7 días, en contraste con el tratamiento de la mezcla de 50 % tierra de monte + 50 % cascabillo de café, donde tardaron más en emerger, en promedio 13.1 días. Esta especie requiere que el sustrato sea de porosidad media, con retención de humedad, sin resistencia mecánica a la emergencia, además de que la profundidad de la siembra debe ser dos veces el grosor de la semilla. Orozco *et al.* (2011) señalan que la tierra que se utiliza para llenar los envases y almácigos debe cumplir varias funciones: dejar entrar y retener agua; ser rica en nutrientes; y blanda para que la raíz pueda crecer. La tierra recolectada en el cacaotal permitió que las semillas de *Gmelina arborea* tuvieran mayor velocidad de emergencia (cuadros 4 y 5).

Cuadro 4. Valores promedio en días a emergencia, diámetro, altura, número de hojas y área foliar en el crecimiento inicial de *Gmelina arborea* Roxb. en diferentes mezclas de sustrato.

Tratamiento	DMER (días)	DIAM (mm)	ALTU (cm)	NHOJ	AFOL (cm ²)
1	13.11 a	7.78 bc	59.47 bc	38.36 a	1 012.34 a
2	12.53 ab	5.08 e	39.76 e	28.76 b	774.47 b
3	11.75 b	7.48 cd	54.90 cd	35.36 a	801.33 b
4	12.20 ab	8.13 b	60.37 b	39.26 a	1 090.07 ^a
5	12.16 ab	8.75 a	66.08 a	38.20 a	1 097.42 a
6	11.71 b	7.08 e	53.56 d	38.53 a	722.10 b

$T_1 = 50\% \text{ tierra de monte} + 50\% \text{ cascabillo de café}$; $T_2 = 50\% \text{ tierra de monte} + 50\% \text{ aserrín}$; $T_3 = 50\% \text{ tierra de monte} + 50\% \text{ cascara de cacao}$; $T_4 = 50\% \text{ tierra de monte} + 50\% \text{ bagazo de caña}$; $T_5 = 50\% \text{ tierra de monte} + 50\% \text{ estiércol de ganado}$; $T_6 = 100\% \text{ tierra de cacaotal}$; $\text{t} = \text{Valores promedio en una misma columna seguida de la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí (p<0.05)}$; DMER = Días a emergencia; DIAM = Diámetro; ALTU = Altura; NHOJ = Número de hojas; AFOL = Área foliar.

Cuadro 5. Valores promedio en biomasa total, relación parte área/raíz, índice de esbeltez, índice de lignificación e índice de calidad de *Dickson* en el crecimiento inicial de *Gmelina arborea* Roxb. en diferentes mezclas de sustrato.

Tratamiento	BIOT	RPAR	IESB	ILIG	ICD
1	8.59 c	3.96 ab	7.69 a	21.97 bc	0.76 c
2	3.72 e	3.55 bc	7.93 a	20.69 c	0.33 e
3	7.72 cd	3.37 c	7.36 a	25.09 a	0.73 c
4	9.84 b	3.91 ab	7.45 a	23.71 ab	0.88 b
5	11.48 a	4.03 ab	7.58 a	24.64 a	1.00 a
6	6.83 d	4.14 a	7.62 a	25.35 a	0.61 d

$T_1 = 50\% \text{ tierra de monte} + 50\% \text{ cascabillo de café}$; $T_2 = 50\% \text{ tierra de monte} + 50\% \text{ aserrín}$; $T_3 = 50\% \text{ tierra de monte} + 50\% \text{ cascara de cacao}$; $T_4 = 50\% \text{ tierra de monte} + 50\% \text{ bagazo de caña}$; $T_5 = 50\% \text{ tierra de monte} + 50\% \text{ estiércol de ganado}$; $T_6 = 100\% \text{ tierra de cacaotal}$. $\text{t} = \text{Valores promedio en una misma columna seguida de la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí (p<0.05)}$; BIOT = Biomasa total; RPAR = Relación parte área/raíz; IESB = Índice de esbeltez; ILIG = Índice de lignificación; ICD = Índice de calidad de *Dickson*.

Diámetro de plantas

Después de 75 días, las plantas de *Gmelina arborea* sembradas en la mezcla de sustrato de 50 % de tierra de monte + 50 % de estiércol de ganado presentaron el mayor diámetro a la base (8.76 mm); mientras que las plantas de menor diámetro fueron las producidas en la mezcla de 50 % tierra de monte + 50 % aserrín, con promedio de 5.08 mm. Esto representa 42 % de diferencia de crecimiento en diámetro de las plantas, respecto a la mejor mezcla de sustrato. Reyes *et al.* (2015) registraron promedios de crecimiento en diámetro de 4.40 mm en plántulas de *Gmelina arborea* producidas en la mezcla base que contenía 60 % de *Peat moss*® + 30 % agrolita + 10 % vermiculita. Es significativa la importancia que tiene considerar que las plantas con diámetros mayores a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran los daños por plagas y fauna nociva, aunque ello varía de acuerdo con la especie (Prieto *et al.*, 2009); no obstante, en todos los ambientes las plantas de diámetro más grande tienen mayor supervivencia (Rodríguez, 2008); las producidas en el experimento que aquí se documenta alcanzaron un diámetro promedio de 8.76 mm, de manera que satisfacen las medidas requeridas para considerarlas plantas de calidad y ser llevadas al sitio definitivo de la plantación.

Altura de las plantas

Las plantas tuvieron la mayor altura (66.08 cm), cuando crecieron en una mezcla con 50 % tierra de monte + 50 % estiércol de ganado. El menor crecimiento se presentó en plántulas desarrolladas en 50 % tierra de monte + 50 % aserrín, con una altura de 39.76 cm. El mejor sustrato produjo plántulas 40 % más altas en el periodo de 75 días. Cabe hacer mención que la altura de la planta se utiliza para su calificación, aunque la altura inicial no se correlaciona con la supervivencia; es decir, por si sola es de valor limitado, pero combinada con otras variables como el diámetro influye de manera importante (Prieto y Sáenz, 2011).

En ese contexto, Rodríguez (2008) indica que se tiene mayor dificultad al plantar ejemplares altos y quedan más susceptibles de sufrir daños mecánicos, pero que la planta pequeña es más propensa a ser pisada, a la competencia y otros factores que afectan su desarrollo; para evitar lo anterior, es preferible que la planta seleccionada en vivero tenga una altura que le permita competir y desarrollarse en campo exitosamente (Prieto et al., 2003).

Número de hojas por planta y área foliar

Las plantas que crecieron en la mezcla de sustrato de 50 % tierra de monte + 50 % bagazo de caña produjeron el mayor número de hojas con un promedio de 39.27 respecto a los demás tratamientos evaluados. Los individuos que formaron el menor número de hojas fueron las del tratamiento de 50 % tierra de monte + 50 % aserrín, con un promedio de 28.77 hojas. Rodríguez (2008) menciona que las características morfológicas que denotan baja calidad son escasez de follaje, síntomas de daños mecánicos (roturas), torceduras, follaje amarillento y pequeñez, tamaño muy grande y clorosis o deformaciones relacionadas con deficiencias nutrimentales (Ramírez, 2017).

Los ejemplares producidos con la mezcla de 50 % tierra de monte más 50 % estiércol de ganado presentaron los valores más altos de área foliar, con un promedio de 1 097.42 cm², en relación con los otros tratamientos evaluados. En las plantas con la menor área foliar se utilizó como sustrato 100 % tierra de monte, con un promedio de 722.10 cm². Según Shibles (1978), el área foliar es la medida usual del tejido fotosintetizador de una comunidad de plantas; es importante porque determina la cantidad o importe de energía solar que es absorbida y convertida en materiales orgánicos



Biomasa total en plantas

A los 75 días después de la siembra, las plantas de *Gmelina arborea* correspondientes a la mezcla de 50 % tierra de monte + 50 % estiércol de ganado registraron el peso seco de raíz y tallo más alto, con un promedio de 4.14 g, respecto de los demás tratamientos evaluados. Las plantas que tuvieron la respuesta contraria proceden del sustrato compuesto por 50 % de tierra de monte + 50 % aserrín, con un promedio de 3.72 g. Vera (1995) y Prieto *et al.* (2003) señalan que la biomasa de las plantas tiene una fuerte correlación con la supervivencia en campo y sugiere que para mayor consistencia en los resultados se deben manejar los valores de peso seco, debido a que el peso en verde tiene gran variación de agua en los tejidos dentro de una misma especie, lo cual se corroboró en el presente trabajo. El peso seco también es un indicador efectivo cuando se relaciona la parte aérea con el sistema radicular.

Índices de calidad de plantas

Para las variables consideradas como indicadores de calidad de planta, el menor valor promedio de la relación parte aérea/raíz (3.37) se registró en las plántulas que crecieron en la mezcla de 50 % tierra de monte + 50 % cáscara de cacao. El valor más alto de dicha relación (4.14) se obtuvo en los individuos con sustrato 100 % tierra de monte. En este contexto, los resultados del presente trabajo indican que el peso seco aéreo es superior al peso seco de raíz. En general, se recomienda que, en sitios con precipitación escasa, el cociente no debe superar el 2.5 (Prieto *et al.*, 2003). Santiago *et al.* (2007) aseveran que mientras menor valor se obtenga en las relaciones altura/diámetro para especies tropicales existirá más vigor en la planta. Aquéllas con una cifra > 2.5 deberían introducirse, de preferencia, en sitios en los que prevalezcan condiciones ambientales favorables o donde exista la posibilidad de aplicar riegos durante la fase de establecimiento, lo que sería ideal para las plántulas de *Gmelina arborea* producidas en el

presente experimento, ya que en la región de estudio es en temporada de lluvias cuando se lleva a cabo la plantación.

Para el índice de esbeltez, el valor más bajo se registró con la mezcla compuesta por 50 % tierra de monte + 50 % cáscara de cacao (7.36). En dicho índice lo que interesa es tener valores reducidos, ya que lo contrario indica desbalance en el crecimiento de las plántulas (Thompson, 1985). Con este número y de acuerdo a la clasificación de calidad de plantas de especies forestales elaborado por Prieto y Sáenz (2011), los resultados se catalogan como de alta calidad. Las plantas que crecieron en el sustrato de 50 % tierra de monte + 50 % aserrín alcanzaron el mayor valor (7.94). Cabe mencionar que los óptimos varían de acuerdo a cada especie y dependerán del lugar donde se plante (Cuevas, 1995).

Respecto al índice de lignificación, parámetro que en los últimos años es fundamental para evaluar la planta antes de que salga a campo, los individuos producidos en la mezcla de 100 % tierra de monte tuvieron los valores más destacados en comparación con los demás tratamientos evaluados, con un promedio de 25.36 %. Las plantas con el menor porcentaje correspondieron a las cultivadas con la mezcla de 50 % tierra de monte +50 % aserrín, con un promedio de 20.70 %. Durante la fase de preacondicionamiento es necesario disminuir el suministro de agua para provocar el estrés de las plantas, lo cual contribuye a reducir el crecimiento en altura, promueve la aparición de la yema apical y se inician mecanismos de resistencia a sequías y bajas temperaturas (Prieto et al., 2004), lo que favorece el endurecimiento y la lignificación del tallo. La lignina es un componente fundamental de la pared celular e interviene en el proceso de ligamiento de las células vegetales (Toral, 1997).

Los valores más altos del índice de calidad de *Dickson* se verificaron en las plantas cuyo sustrato fue la mezcla de 50 % tierra de monte + 50 % estiércol de ganado (1.00). El más bajo se registró en la compuesta por 50 % tierra de monte + 50 % aserrín (0.34). Si en un mismo lote, los ejemplares presentan números altos en dicho índice, o están mejor balanceadas en las dimensiones de la parte aérea y la raíz, representan ejemplares de mayor calidad. El tratamiento 5 produjo esta respuesta. En plántulas de *Gmelina arborea* producidas en la mezcla a base de 60

% de *Peat moss*[®] + 30 % agrolita + 10 % vermiculita, Reyes *et al.* (2015) obtuvieron un promedio de 0.67 para ese criterio. De acuerdo a la metodología de Rueda *et al.* (2010), los valores calculados en este trabajo indican que las plantas cumplen con los estándares de calidad para ser plantadas en campo.

Conclusiones

La mezcla de tierra de monte con estiércol de ganado favorece la producción de plantas de *Gmelina arborea* con características morfológicas de talla ideal en sistema de producción tradicional en un ciclo de producción de 2.5 meses, que permitirá porcentajes altos de supervivencia en campo. Se puede disminuir el impacto ambiental por la extracción de tierra de monte al utilizar otros sustratos locales para la producción de planta forestal.

Agradecimientos

Al Ing. Esaú Jiménez Madrid, Técnico del Despacho de Consultoría Forestal y Ambiental, S.C, [Decofores], por las labores culturales realizadas en el vivero forestal de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas., así como en la toma y captura de datos.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Jorge Reyes Reyes: diseño y planteamiento general del experimento; estructuración y redacción del manuscrito; Dorian de Jesús Pimienta de la Torre: revisión y correcciones del documento; Juan Alberto Rodríguez Morales: análisis estadístico de datos y revisión del documento; Mario Alonso Fuentes Pérez: revisión y correcciones del documento y Emilio Palomeque Figueroa: seguimiento en el vivero y toma de datos.

Referencias

Arteaga M., B., S. León y C. Amador. 2003. Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Mtz. en vivero. *Forestal Veracruzana* 5(2):9-15.

Basave V., E., M. Á. López L., V. M. Cetina A., A. Aldrete, y J. J. Almaraz S. 2014. Prácticas culturales en vivero que influyen en la calidad de planta de *Enterolobium cyclocarpum*. *Bosque* 35(3): 301-309.

Birchler, T., R. W. Rose, A. Royo y M. Pardos. 1998. La planta ideal: revisión de concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Investigación agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 7(1-2): 109-122.

Cabrera, R., I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 5 (1): 5-11.

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2011. Programa Estratégico Forestal para México 2025. Semarnat – Conafor. Zapopan, Jal., México. 173 p.

Cuevas R., R. 1995. Viveros forestales. Calidad de planta. Cenid-Comef. Pub. Esp. Núm. 3. INIFAP. México, D.F., México. pp. 108-119.

Dickson, A., A. L. Leaf and I. E. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white in seedlings stock in nurseries. *Forest Chronicle* 36: 10-13.

Dvorak, W. S. 2004. World view of *Gmelina arborea*: opportunities and challenges. *New Forest* 28: 111-126.

Fierros G., A. M. 2012. Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales, a 15 años de su creación. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jal., México. 152 p.

Hossain, M. K. 1999. *Gmelina arborea*: a popular plantation species in the tropics. fact sheet. quick guide multipurpose trees from around the world. FACT 99 – 5. Forest, Farm and Community. Tree Network. Arkansas, AR, USA. 3 p.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2^a ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 246 p.

Juárez G., V. M. y H. Ramírez M. 1985. Crecimiento de *Gmelina arborea* Roxb (L.) en cuatro espaciamientos. *Ciencia Forestal en México* 10 (56):33-49.

Maldonado B., K. R., A. Aldrete, J. López U., H. Vaquera H. y V. M. Cetina A. 2011. Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezclas de sustrato con hidrogel y riego en vivero. *Agrociencia* 45: 389-398.

Martínez Z., P., M. Domínguez D., A. Juárez G., L. M. López L., V. De La Cruz A. y J. Álvarez M. 2015. Índice de sitio y producción maderable en plantaciones forestales de *Gmelina arborea* en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38 (4): 415 – 425.

Mateo S., J. J., R. Bonifacio V., S. R. Pérez R., L. Mohedano C. y J. Capulín G. 2011. Producción de *Cedrela odorata* L. en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Técpán de Galeana, Guerrero, México. *Ra Ximhai* 7: 123-132.

Murillo, O. 1991. Colección de guías silviculturales- Melina (*Gmelina arborea*).Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 55 p.

- Orozco G., G., H. J. Muñoz F., A. Rueda S., J. Á. Sígala R., J. Á. Prieto R. y J. J. García M. 2010. Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1 (2): 134-145.
- Orozco G., G., H. J. Muñoz F., A. A. Chávez D., E. A. Rubio C., y C Ibáñez R. 2011. Sistemas de producción de planta en viveros forestales del estado de Colima. Folleto Técnico Núm. 26. Campo Experimental Uruapan. INIFAP. Uruapan, Mich., México. 55 p.
- Pastor N., S. 2000. Utilización de sustratos en vivero. *Terra* 17(3):231-235.
- Patiño V., F., V. M. Juárez G. y O. Cedeño S. 1982. *Gmelina arbórea* Roxb, una especie promisoria en el trópico mexicano. *Boletín Técnico* Núm. 3. INF- Cifroh. Campeche, Camp., México. 43 p.
- Prieto R., J. A., G. Vera C., y E. Merlin B. 2003. Factores que influyen en la calidad de brizales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo., México. 24 p.
- Prieto R., J. A., E. Cornejo, O., P. Calleros, D., J. Návar, C., J. G. Marmolejo M. y J. Jiménez P. 2004. Estrés hídrico en *Pinus engelmannii* Carr. producido en vivero. *Forest Systems* 13(3): 443-451.
- Prieto R., J. A. y J. T. Sáenz R. 2011. Indicadores de calidad de planta en viveros forestales de la Sierra Madre Occidental. Libro Técnico Núm. 3. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo., México. 210 p.
- Prieto R., J. A., P. A. Domínguez C., E. H. Cornejo O. y J. J. Návar C. 2007. Efecto del envase y del riego en viveros en el establecimiento de *Pinus cooperi* Blanco en dos condiciones de sitio. *Madera y Bosques* 13 (01):79 -97.
- Prieto R., J. A., J. L. García R., J. M. Mejía B., S. Huchín A. y J. L. Aguilar V. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-Sagarpa. Durango, Dgo., México. 48 p.

Ramírez J., G. 2017. Desarrollo en etapa de vivero de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. sometida a tres dosis de fertilización y dos sustratos. *Cultivos tropicales* 38(2): 45-52.

Reyes R., J., A. Aldrete, V. M. Cetina, A. y J. López U. 2005. Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* en sustratos a base de aserrín. *Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11(2): 105-110.

Reyes R., J., E. Cruz L., S. Posada C., D. J. Pimienta de la T., J. A. Rodríguez M., R. Ramírez C. y E. Palomeque F. 2015. Producción de plantas de *Gmelina arborea* Roxb., en tres mezclas de sustratos en vivero. *Revista Digital del Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH* 3: 672 -675.

Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. México, D.F., México. 156 p.

Rueda S., A., J. D. Benavides S., J. A. Prieto R., J. T. Sáenz R. y G. Orozco G. 2010. Calidad de planta en los viveros forestales de Jalisco y Nayarit. Libro Técnico Núm. 2. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Cirpac. INIFAP. Guadalajara, Jal., México. 167 p.

Sánchez-C., T., A. Aldrete, V. M. Cetina-A. y J. López-U. 2008. Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. *Madera y Bosques* 14(2): 41-49.

Sánchez-A., H., A. Aldrete, J. J. Vargas H. y V. Ordaz C. 2016. Influencia del tipo y color de envase en el desarrollo de plantas de pino en vivero. *Agrociencia* 50(4): 481-492.

Santiago O., T., V. Sánchez M., R. Monroy C. y G. García S. 2007. Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. Folleto Técnico Núm. 44. Campo Experimental El Palmar. INIFAP. Veracruz, Ver., México. 73 p.

Statistical Analysis System (SAS). 2009. SAS Version 9.2. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. n/p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-003-RECNAT-1996. Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el

aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte. Diario Oficial de la Federación. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4887401&fecha=05/06/1996 (10 de octubre de 2017).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2015. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2014. México, D. F., México. pp. 11-20.

Shibles, R. 1978. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 28 (1): 57- 67.

Thompson, B. 1985. Seeling morphological evaluation. What can you tell by looking. In: Durges, M. L. (ed). Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis, OR, USA. pp. 59-65.

Toral I., M. 1997. Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. SEDER., Fundación Chile, Consejo Agropecuario de Jalisco. Guadalajara, Jal., México. 28 p.

Vázquez C., W. y L. A. Ugalde A. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica.: Convenio de Cooperación Proyecto Forestal Chorotega (IDA/FAO/Holanda) Proyecto Madeleña, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 31 p.

Vera C., J. A. G. 1995. The influence of antidesiccants on field performance and physiology of 2+0 ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Dougl.) seedlings. Ph.D. Thesis. Oregon State University. Corvallis, OR, USA. 134 p.