

# Germinación y crecimiento inicial de *Prosopis laevigata* utilizando sustratos locales

Rodrigo Rodríguez-Laguna\*, Ramón Razo-Zárate, Juana Juárez-Muñoz, Juana Fonseca-González, Gustavo Alonso López-Zepeda y Aldo Dasaet Fernández-Peralta  
Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales del Instituto de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Tulancingo, Hgo.; México  
[rlaguna\*, ramón\_razo]@uaeh.edu.mx

**Abstract**— *Prosopis laevigata* is a species of great ecological and economic value in Mexico. However, its natural population has declined considerably. Therefore, it is necessary to produce quality plants to establish new plantations of the species. The objective of the study was to evaluate the performance in germination, growth and biomass increment of mezquite's seeds using different substrates. Mesquite seeds were planted on four different substrates: pure sawdust, sawdust+peat moss, sawdust+commercial mixture and commercial mixture. Germination, growth in height, diameter and biomass were evaluated. The commercial mixture presented the best performance in all variables followed by sawdust+commercial mixture. Pure sawdust was the worst substrate in all variables.

**Keyword**— *Mesquite, Prosopis laevigata, sawdust, substrates, biomass, greenhouse.*

**Resumen**— *Prosopis laevigata* es una especie de gran importancia ecológica y económica en México. Sin embargo, su población natural ha disminuido considerablemente. Por tanto, se requiere producir plantas de calidad para establecer nuevas plantaciones de la especie. El objetivo del estudio fue evaluar el desempeño en la germinación, crecimiento e incremento en biomasa de semillas de mezquite al utilizar distintos sustratos. Se sembraron semillas de mezquite en cuatro sustratos diferentes: aserrín puro, aserrín+turba de musgo, aserrín+mezcla comercial y mezcla comercial. Se evaluaron la germinación, crecimiento en altura, diámetro y biomasa. La mezcla comercial presentó el mejor desempeño en todas las variables seguido del aserrín+mezcla comercial. El aserrín puro fue el de peor desempeño en todas las variables.

**Palabras claves**— *Mezquite, Prosopis laevigata, aserrín, sustratos, biomasa, invernadero.*

## I. INTRODUCCIÓN

*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. Ex Willd (mezquite) es una especie arbórea que crece principalmente en zonas semiáridas; tiene gran importancia ecológica debido a que controla la erosión, fija nitrógeno de la atmósfera en el suelo, brinda alimento y refugio a fauna silvestre, mejora la capacidad de almacenamiento de agua y la tasa de infiltración, además posee una alta tasa fotosintética [1]. También presenta gran capacidad de adaptación a condiciones extremas de sequía, salinidad y altas temperaturas [2]. En la actualidad, el mezquite se usa como forraje para ganado doméstico, las flores como fuente de polen y néctar en explotaciones apícolas, los frutos son consumidos por la población, la goma que excreta es usada como compuesto nutracéutico y su madera es utilizada para la fabricación de muebles, puertas, leña y carbón [3]. A causa del cambio de uso de suelo, pastoreo y sobreexplotación, las poblaciones naturales de mezquite presentan una tasa de disminución de superficie en distintos estados de la república mexicana, siendo especialmente notable los estado de Coahuila (5054 ha año<sup>-1</sup>), Durango (500 ha año<sup>-1</sup>), Zacatecas (70 ha año<sup>-1</sup>) y Chihuahua (340 ha año<sup>-1</sup>) [4]. Para frenar esta tendencia, se ha propuesto en distintas ocasiones el establecimiento de plantaciones de mezquite [5] y para poder garantizar el éxito de las mismas, es necesario contar con planta de calidad producida en vivero, utilizando sustratos que permitan a la planta desarrollarse y alcanzar una altura y diámetro ideales para el trasplante en campo.

En México, para la producción tradicional de plantas forestales se emplea como sustrato tierra de monte, tierra agrícola y arena de río; mientras que en el sistema tecnificado se emplean mezclas de turba, perlita y vermiculita lo que representa mayor costo de producción [6]. Sin embargo, existen numerosos materiales orgánicos e inorgánicos que pueden funcionar adecuadamente como sustratos al proporcionar retención de humedad, porosidad, fijación del sistema radicular entre otros y que pueden sustituir a los materiales usados comúnmente, estos residuos pueden ser utilizados directamente o llevar a cabo un proceso estabilizador para el buen desarrollo del sistema radicular [7]. De entre estos materiales, destaca especialmente el aserrín debido a su abundancia y creciente producción [8], bajo costo, fácil de cernir y depurar, se puede usar sin compostar y no es tóxico para las plantas de vivero [9]. Debido a lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la germinación, crecimiento y biomasa en plantas de *Prosopis laevigata* producidas en cuatro mezclas de sustratos diferente en condiciones de invernadero.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Colecta y siembra de germoplasma

Se colectaron semillas en el municipio de Cuerámara, Guanajuato; esta región presenta una temperatura de 16-20 °C, precipitación entre 700 y 900 mm y un clima predominante semicálido subhúmedo con lluvias en verano [10]. Las semillas provienen de árboles de mezquite maduros con características fenotípicas similares (6-8 m de altura) y que se encontraban en los límites de parcelas agrícolas con distancia entre ellos mayor a 100 metros. La siembra se realizó en el Vivero Universitario del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), situado en el municipio de Tulancingo de Bravo, Hidalgo. El municipio se ubica entre los paralelos 20° 03' y 20° 13' de Latitud Norte y en los meridianos 98° 14' y 98° 31' de Longitud Oeste, con una altitud de 2,200 msnm, temperatura de 12-16 °C y una precipitación entre 500 y 900 mm, clima semiseco templado, con lluvias en verano, con formula climática Bs 1kw [11].

Se utilizaron charolas de 49 envases individuales con capacidad de 160 centímetros cúbicos (cc); las semillas fueron sembradas a una profundidad de entre 0.5-0.7 cm. Como sustrato se emplearon cuatro mezclas diferentes (Tabla I). Durante la preparación de las mezclas, se agregó 10 gramos de fertilizante de liberación controlada (Fórmula 14-14-14 para 8 meses) por litro de mezcla.

### B. Diseño experimental y variables evaluadas

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar; la repetición por tratamiento tuvo 147 semillas y fueron tres bloques, cada tratamiento estuvo formado por 441 semillas, dando un total de 1764 semillas en el experimento. Las variables analizadas fueron germinación, altura, diámetro, biomasa aérea y radicular.

La variable germinación se evaluó cada dos días durante un mes, después de realizada la siembra. Se consideró como semilla germinada, aquella que emergiera a la superficie y mostrara hojas cotiledonares. La variable altura y diámetro se midieron a los 29, 63 y 111 días después de la siembra. La altura se consideró desde el cuello de la plántula hasta la yema apical de la misma y para su medición se utilizó una regla graduada (0.1 cm de precisión); el diámetro se midió con un vernier Mitutoyo® (0.001 mm de precisión).

Tabla I. Tratamientos de mezclas de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de mezquite.

Tratamiento	Descripción
1	<b>Aserrín puro.</b> Sustrato compuesto por 100% de aserrín de pino fresco cribado con malla de 0.5 cm.
2	<b>Aserrín+Turba de musgo.</b> Mezcla compuesta por 50% de aserrín fresco y 50% de turba de musgo (relación volumen 1:1) cribados con malla de 0.5 cm. y mezclados uniformemente.
3	<b>Aserrín+Mezcla comercial.</b> Mezcla compuesta por 50% de aserrín fresco cribado y 50% de mezcla comercial (turba de musgo, agrolita y vermiculita).
4	<b>Mezcla comercial.</b> Mezcla compuesta por 60% turba de musgo, 20% agrolita y 20% vermiculita (relación volumen 3:1:1).

Para la evaluación de biomasa se seleccionaron aleatoriamente 10 plantas por tratamiento. Se extrajeron de su envase (se evitó dañar el sistema radicular), se lavó la raíz para eliminar el sustrato y se cortó en el cuello de la planta, se identificó en bolsas separadas la parte aérea y la radicular, posteriormente se secaron en un horno de secado marca GRIEVE® a una temperatura promedio de 103 °C por 24 horas; una vez transcurrido este tiempo se pesaron las muestras con ayuda de una balanza digital Adam ®.

Para la variable germinación se estimó la media aritmética y porcentajes. Los datos de las variables altura, diámetro, biomasa aérea y radicular se sometieron al análisis de varianza con ayuda del software Statical Analysis System (SAS). En caso de que se presentaran diferencias significativas, se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar el mejor tratamiento.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Germinación

En el cuarto día de realizada la siembra todos los tratamientos habían superado el 15% de germinación, siendo las semillas sembradas en el tratamiento con aserrín+turba de musgo y tratamiento aserrín+mezcla comercial fueron los de mayor germinación. Estos resultados difieren a lo expuesto por García *et al.* (2010) para la misma especie, a los 3 días de realizada la siembra reportaron una germinación de 74% [12]. Esta discrepancia se puede atribuir a que García *et al.* (2010) sometieron las semillas a tratamientos pre-germinativos además de que el sustrato se enriqueció con *Bacillus subtilis* y *Trichoderma sp.*

A los 20 días de realizada la siembra, en el sustrato de mezcla comercial se obtuvo el mayor porcentaje de germinación de semillas en todos los tratamientos (49.6%), mientras que las semillas sembradas en aserrín puro presentaron el menor porcentaje (43.0%). En esa fecha el efecto del aserrín fresco sobre la germinación de las semillas fue poco notorio. A los 30 días después de la siembra, las semillas sembradas en la mezcla comercial (57.1%) superó con más del 9.5% en la germinación de las semillas sembradas en aserrín puro que alcanzó el 47.6%. (Figura 1).

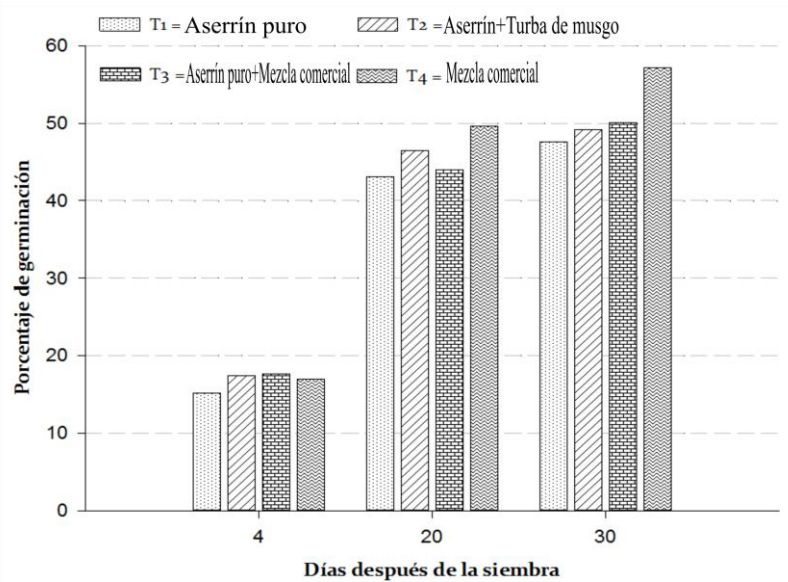


Fig. 1. Porcentaje de germinación en semillas de mezquite en mezclas de sustratos locales.

La diferencia en los porcentajes de germinación se puede deber a que el aserrín puro se utilizó sin ningún tratamiento previo, y liberó sustancias tóxicas para la semilla lo que causó la reducción en la germinación de las semillas de mezquite. Ledesma (2010) menciona que durante el proceso de descomposición del aserrín en estado fresco tiene mayor demanda de nitrógeno y puede contener sustancias tóxicas como resinas y taninos, además como sustrato presenta pobre drenaje [13].

Al evaluar la velocidad de germinación, en el periodo de cuatro a seis días después de la siembra, se presentó la mayor germinación de semillas de mezquite en todos los tratamientos, siendo especialmente notable la mezcla comercial (Turba de musgo, agrolita y vermiculita, relación en volumen 3:1:1) con mayor número de semillas germinadas (88 semillas germinadas), mientras que el sustrato de aserrín puro sólo germinaron 64 semillas, en esa fecha se aprecia el efecto negativo que el aserrín causa a la semilla de mezquite, posiblemente por la liberación de sustancias tóxicas como resinas y taninos que provocan la inhibición y/o retraso de la germinación en semillas de mezquite. En el día seis se presentó la mayor diferencia en germinación por día (24 semillas germinadas) entre tratamientos extremos que fue la mezcla comercial y aserrín puro respectivamente. Posteriormente en el día ocho la germinación disminuyó drásticamente en todos los tratamientos y esta tendencia se mantuvo hasta el final del experimento (Figura 2).

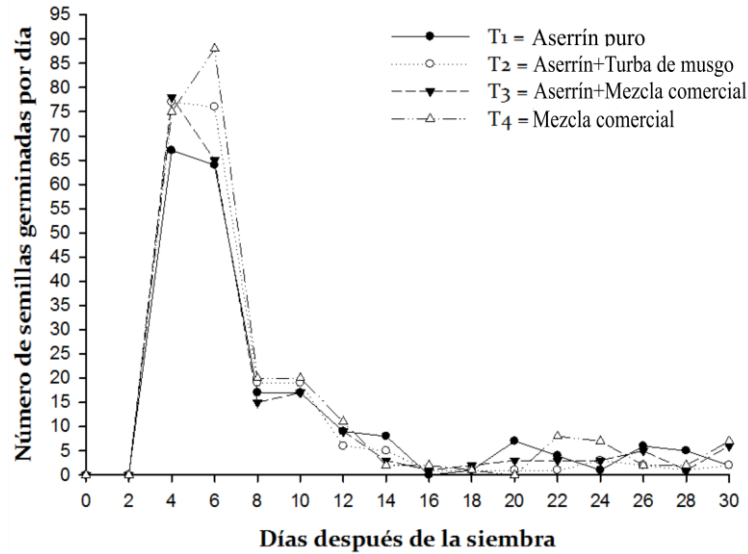


Fig. 2. Semillas de mezquite germinadas por día en distintas mezclas de sustrato locales.

Al evaluar la germinación acumulativa, se aprecia que las semillas en el tratamientos de mezcla comercial, durante todo el ensayo presentaron el mejor desempeño al contabilizar un total de 245 semillas germinadas al momento de finalizar el ensayo (55.6%). Por otro lado, en el tratamiento de aserrín puro durante todo el ensayo presentó los valores menores de semillas germinadas (47.6%) (Figura 3). La germinación de las semillas de mezquite se considera heterogénea en el tiempo, ya que a los 30 días continúan germinando semillas y para esa fecha alcanzó el promedio de 48.3% en todo el ensayo.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Garzón *et al.* (2005), que evaluó sustratos a base de aserrín para *Quercus humboldtii* y menciona que la germinación de las semillas sembradas en aserrín al 100% presentó mayor porcentaje de pérdida (2%) en comparación con el sustrato a base de acículas de pino [14].

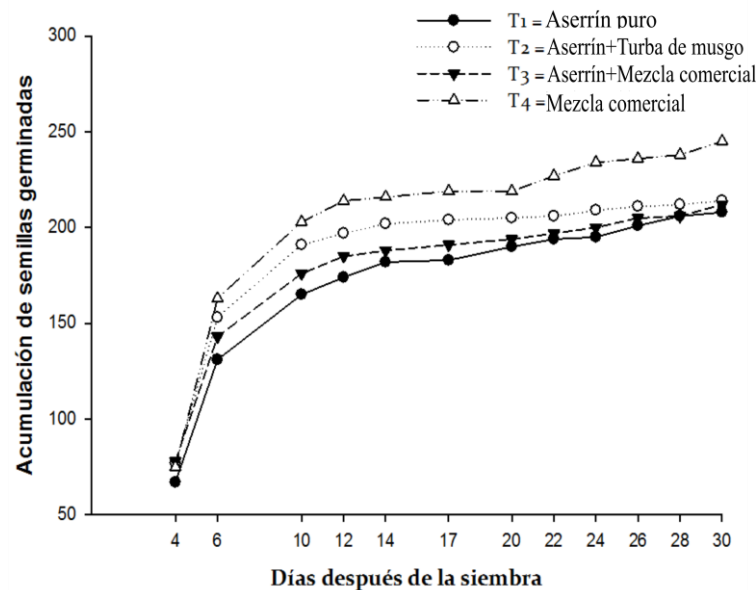


Fig. 3. Semillas de mezquite germinadas en distintas mezclas de sustratos locales.

**B. Altura**

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) en altura de la plántula entre los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación (Tabla II). A los 29 días después de la siembra, las plántulas producidas en el tratamiento de mezcla comercial (Turba de musgo, agrolita y vermiculita, relación en volumen 3:1:1) fueron superiores en altura (6.1 cm) que el resto de los tratamientos. Después de los 63 días las plántulas producidas en sustrato de aserrín puro se mantuvieron con los valores menores (8.6 cm) que el resto de los tratamientos. Y en la última evaluación (111 días) las plántulas producidas en el tratamiento de mezcla comercial alcanzaron alturas en promedio de 18.0 cm a lo largo de todo el ensayo, mientras que las plántulas en aserrín puro tuvieron la menor altura (10.1 cm) (Figura 4).

Tabla II. Análisis de varianza para altura en plantas de mezquite en mezclas de sustratos locales.

Fuente de variación	Cuadrados medios		F value	Pr >F
	Tratamiento (3) <sup>a</sup>	Error (709) <sup>a</sup>		
Medición 1 (29 días)	15.03	1.75	8.59	<0.0001
Medición 2 (63 días)	487.45	8.55	56.98	<0.0001
Medición 3 (111 días)	2647.81	11.74	225.36	<0.0001

<sup>a</sup>= Grados de libertad

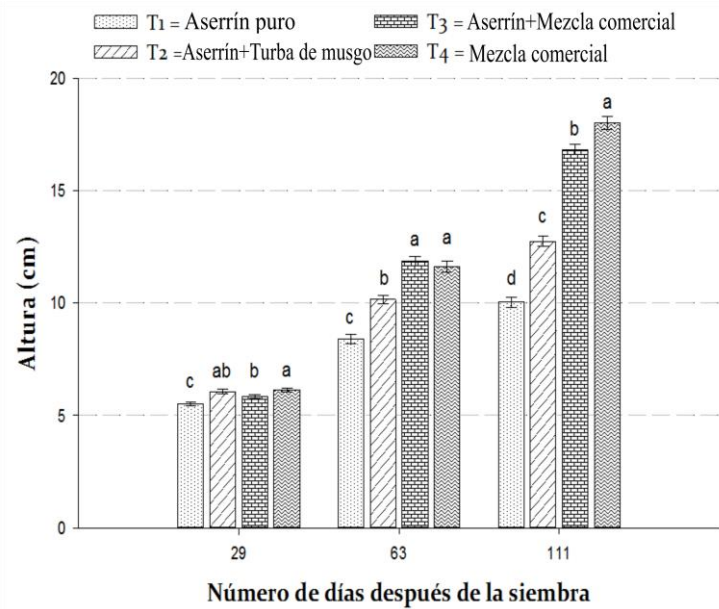


Fig. 4. Altura promedio en plántulas de mezquite con diferentes mezclas de sustratos locales.

La altura de las plantas de mezquite son similares a lo reportado por Prieto Ruiz *et al.* (2013), en su ensayo concluyó que las plantas producidas en la mezcla base (55% turba de musgo, 24% vermiculita, 21% agrolita) al 50% más el 50% de corteza compostada presentaron el mayor crecimiento a lo largo de todo el experimento evaluado durante cinco meses en vivero [15].

C. Diámetro

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.001$ ) en el diámetro de las plántulas entre los tratamientos en todas las evaluaciones (Tabla III). En la primera evaluación (29 días) las plántulas producidas en mezcla comercial (Turba de musgo, agrolita y vermiculita, relación en volumen 3:1:1) tuvieron el mayor diámetro promedio (1.9 mm) que el resto de los tratamientos. Después de los 63 días las plántulas producidas en sustrato de aserrín puro se mantuvieron con los valores menores (2.1 mm) al comparar con el resto de los tratamientos. Las plántulas producidas con mezcla comercial conservaron la superioridad en el diámetro durante todo el ensayo, en la última evaluación (111 días) las plántulas tuvieron en promedio 3.2 mm de diámetro, lo que equivale a 21.9% más que las plantas producidas en aserrín puro (2.5 mm) que fueron las de menor incremento en diámetro a lo largo de todo el experimento (Figura 5). Cabe señalar que la tasa de incremento en el diámetro en las plántulas en mezcla comercial fue de 0.87 mm por mes mientras que las de tratamiento de aserrín puro tuvieron una tasa de incremento en diámetro de 0.67 mm por mes.

Tabla III. Análisis de varianza para diámetro en plantas de mezquite en mezclas de sustratos locales.

Fuente de variación	Cuadrados medios		F value	Pr >F
	Tratamiento (3) <sup>a</sup>	Error (709) <sup>a</sup>		
Medición 1 (29 días)	2.92	0.08	35.34	<0.0001
Medición 2 (63 días)	7.16	0.13	51.98	<0.0001
Medición 3 (111 días)	19.36	0.19	99.36	<0.0001

a = grados de libertad

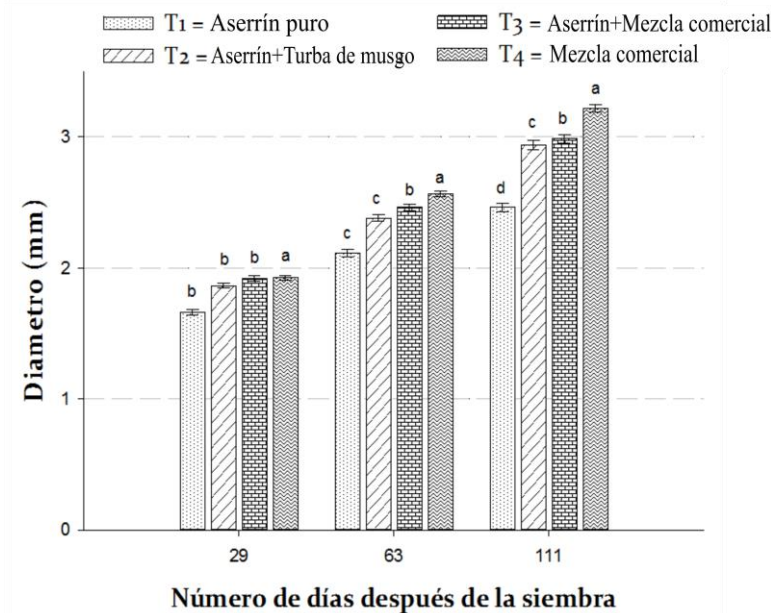


Fig. 5. Diámetro en plantas de mezquite en mezclas de sustrato locales.

El diámetro de las plantas de mezquite son mayores a lo reportado por Prieto Ruiz et al. (2013), en su estudio reportó que las plantas producidas en mezcla base (55% turba de musgo, 24% vermiculita, 21% agrolita) al 50% más el 50% de corteza compostada presentaron un diámetro promedio de 3.05 mm a la edad de 5 meses [15].

**D. Biomasa**

El análisis de varianza arrojó diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) en biomasa aérea y radicular entre los tratamientos evaluados (Tabla IV). Las plántulas producidas en aserrín puro presentaron la menor biomasa aérea y radicular (0.29 y 0.25 gramos respectivamente) con respecto al resto de los tratamientos, mientras que las plantas producidas en mezcla comercial fueron las de mayor biomasa aérea y radicular (0.65 y 47 gramos respectivamente). (Figura 6). La planta producida en mezcla comercial causa un 55.4% más de biomasa aérea comparada con las plantas producidas en aserrín puro, y para la biomasa radicular fue 46.8% más respectivamente durante el periodo de 3.7 meses en vivero,

Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Reyes *et al.* (2005) y Rodríguez *et al.* (2016). Ambos autores reportan que producir *P. Pseudostrobus* con aserrín crudo no afecta negativamente a la biomasa [16, 17]. Por otro lado, Mejía (2007) indica que utilizar aserrín al 100 % como sustrato en la producción de *Pinus patula* mejora significativamente el incremento en la biomasa [18], esta discrepancia se puede atribuir a la diferencia de especies utilizada, además de que el estudio de Mejía duro siete meses más que el presente estudio.

Tabla IV. Análisis de varianza de biomasa de plantas de mezquite en cuatro mezclas de sustratos.

Fuente de variación	Cuadrados medios		F value	Pr >F
	Tratamiento (3) <sup>a</sup>	Error (34) <sup>a</sup>		
Biomasa radicular (g)	0.10	0.013	7.40	<0.0006
Biomasa aérea (g)	0.25	0.031	8.02	<0.0004

<sup>a</sup> = Grados de libertad

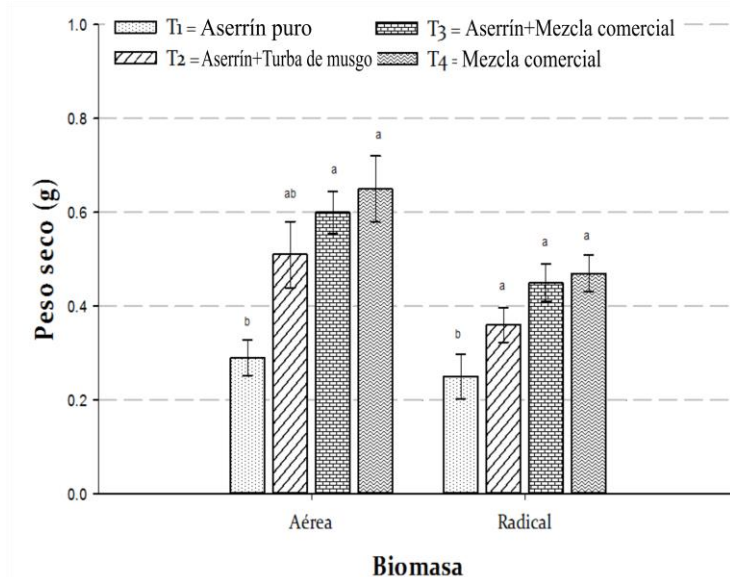


Fig. 6. Biomasa aérea y radicular de *P. laevigata* en sustratos locales de 3.5 meses.



#### IV. CONCLUSIONES

La producción de planta de *Prosopis laevigata* en sustrato de mezcla comercial (Turba de musgo, agrolita y vermiculita, relación en volumen 3:1:1) mejora significativamente la germinación, crecimiento en altura, y diámetro. Pero cabe concluir que la mezcla de aserrín 50% + mezcla comercial 50% se obtienen plantas con características dasométricas similares y se reduce el costo de producción de planta al utilizar sustratos locales en vivero.

#### REFERENCIAS

- [1] A. Palacios Romero, R. Rodríguez Laguna, M. de la L. Hernández Flores, E. Jiménez Muñoz, and D. Tirado Torres, “Distribución potencial de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston basada en un modelo de nicho ecológico,” *Rev. Mex. Ciencias For.*, vol. 7, no. 34, pp. 35–46, 2016.
- [2] G. I. B. de Muniz, S. Nisgoski, and M. G. Lomelí-Ramírez, “Anatomía y ultraestructura de la madera de tres especies de *Prosopis* (Leguminosae-Mimosoideae) del Parque Chaqueño seco, Argentina,” *Madera y Bosques*, vol. 16, no. 4, pp. 21–38, 2010.
- [3] E. N. Rodríguez Saucedo, G. E. Rojo Martínez, B. Ramírez Valverde, R. Martónez Ruiz, M. de la C. Cong Hermida, H. H. Piña Ruiz, S. M. Medina Torres, “Análisis Técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México,” *Ra Ximhai*, vol. 10, no. 3, pp. 173–193, 2014.
- [4] J. C. Ríos Saucedo, J. A. López Hernández, R. Rosales Serna, R. Trucíos Cacicano, and A. G. Valles Gándara, “Conservación y manejo de germoplasma del mezquite,” In: *Importancia de las poblaciones de mezquite en el Centro-Norte de México.*, 1st ed., J. C. Ríos-Saucedo, R. Trucíos Cacicano, L. M. Valenzuela-Núñez, G. Sosa Pérez, and R. Rosales Serna, Eds. Gómez Palacio, Durango: INIFAP, 2011, p. 220.
- [5] D. R. Ruiz Tavares, “Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del altiplano potosino,” Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2011.
- [6] T. D. Landis and N. Morgan, “Growing Media Alternatives for Forest and Native Plant Nurseries Alternative Media Components,” 2009.
- [7] J. J. Mateo-Sánchez, R. Bonifacio-Vázquez, S. R. Pérez-Ríos, L. Mohedano-Caballero, and J. Capulín-Grande, “Producción de (*Cedrela odorata* L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México,” *Ra Ximhai*, vol. 7, no. 1, pp. 123–132, 2011.
- [8] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2015,” México, 2016.
- [9] L. Hernández-Zarate, A. Aldrete, V. M. Ordaz-Chaparro, J. López-Upton, and M. Á. López-López, “Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos,” *Agrociencia*, vol. 48, scielomx, pp. 627–637, 2014.
- [10] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, “Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2014,” Aguascalientes, 2015.
- [11] INEGI, Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2013. Pachuca, Hidalgo: INEGI, 2014.
- [12] R. J. García, J. G. Herrera, and R. I. León, “Métodos de escarificación aplicados a cuatro especies forestales, nativas de la región huasteca,” in *Memoria de la V reunión nacional de innovación forestal*, 2010.
- [13] G. P. Ledesma Guachizaca, “Evaluación de tres Tratamientos Pre-germinativos con cuatro tipos de Sustratos para la propagación de *Pumamaqui* (*Oreopanax ecuadorense* Kunt).,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2011.
- [14] G. Garzón Marín, E. P. Montenegro Riveros, and F. López Botía, “Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de *Quercus humboldtii* (roble),” *Colomb. For.*, vol. 9, no. 18, pp. 98–108, 2005.

- [15] J. Á. Prieto Ruiz, S. Rosales Mata, J. Á. Sigala Rodríguez, R. E. Madrid Aispuro, and J. M. Mejía Bojorques, “Producción de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Wild.) M. C. Johnston con diferentes mezclas de sustrato,” *Revista mexicana de ciencias forestales*, vol. 4, scielomx, pp. 50–57, 2013.
- [16] J. Reyes, A. Aldrete, M. Cetina, and J. López, “Producción de plántulas de *Pinus pseudostrabus* var. *Apulcensis* en sustratos a base de aserrín,” *Rev. Chapingo Ser. Ciencias For. Y Del Ambient.*, vol. 11, no. 2, pp. 105–110, 2005.
- [17] M. A. Rodríguez, A. Aldrete, T. Martínez Trinidad, and V. M. Ordaz Chaparro, “Producción de *Pinus pseudostrabus* Lindl. con sustratos de aserrín y fertilizantes de liberación controlada,” *Rev. Mex. Ciencias For.*, vol. 7, no. 34, pp. 7–19, 2016.
- [18] J. J. Méjia Soto, “Producción de *Pinus patula* Schl. et Cham. en sustratos a base de aserrín crudo y dosis de fertilización,” Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2007.