



ARTÍCULO / ARTICLE

PRODUCCIÓN DE *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. CON DIFERENTES MEZCLAS DE SUSTRATO

PRODUCTION OF *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. WITH DIFFERENT SUBSTRATE MIXTURES

José Ángel Prieto Ruiz¹, Sergio Rosales Mata¹, José Ángel Sigala Rodríguez¹,

Rosa Elvira Madrid Aispuro¹ y Jorge Manuel Mejía Bojorques²

RESUMEN

Se determinó el efecto de cinco combinaciones de sustrato sobre la calidad de *Prosopis laevigata* producido en vivero, las cuales estuvieron conformadas por una mezcla base (MB), compuesta por 55 % *peat moss* + 50 % vermiculita + 21 % agrolita; y por otro lado, corteza compostada (CC). Las mezclas consideradas fueron: 1) 50 % CC + 50 % MB, 2) 60 % CC + 40 % MB, 3) 70 % CC + 30 % MB, 4) 80 % CC + 20 % MB, y 5) 100 % de MB. Durante la preparación se añadieron 7 kg m⁻³ del fertilizante granulado Multicote[®]. Se emplearon charolas de poliestireno con 77 cavidades, cada una con capacidad para 170 mL. El diseño experimental fue completamente al azar y cada tratamiento constó de cuatro repeticiones. Se evaluaron altura, diámetro del cuello, biomasa seca total e índice de calidad de Dickson. En plantas con cinco meses de edad, se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$), que dependieron de las composiciones. La mayoría de las variables respondieron mejor ante el enriquecimiento dado por 50 % CC + 50 % de MB; con las otras mezclas se obtuvieron resultados similares, con excepción de aquella constituida por 80 % de CC y 20 % de MB, en la que se registraron parámetros menores. Los valores obtenidos indican que el uso de corteza compostada es una alternativa viable para el crecimiento de *P. laevigata* en vivero, ya que contribuye a la disminución de gastos de producción con relación a la mezcla base, que tiene un costo elevado.

Palabras clave: Corteza compostada, mezcla base, plántula, *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst., sustratos, vivero.

ABSTRACT

Five substrate mixtures were evaluated with the purpose of determining their effect on the quality of *Prosopis laevigata* seedlings growing in a nursery; substrates were composed by base mix (50 % peat moss + 24 % agrolite + 21 % vermiculite) and composted pine bark. The mixtures were: 1) 50 % composted pine bark + 50 % base mix, 2) 60 % composted pine bark + 40 % base mix, 3) 70 % composted pine bark + 30 % base mix, 4) 80 % composted pine bark + 20 % base mix, and 5) 100 % base mix. During substrate preparation 7 kg m⁻³ of Multicote[®] granular fertilizer were added. Polystyrene trays of 77 cavities with 170 mL per cavity were used. Experimental design was completely randomized and each treatment was constituted by four replicates. Response variables were: height, root collar diameter, dry total biomass and Dickson quality index. When the seedlings attained the age of five months, significant statistical differences were found due to substrate mixtures, with the mix composed by 50 % composted pine bark + 50 % base mix showing superiority in most of variables. After this, the other mixtures showed similar results, except for the substrate composed by 80 % composted pine bark + 20 % base mix, which had the lowest values for all the variables. The results indicate that composted pine bark is a possible alternative substrate that may contribute to reduce production costs compared to the base mix, which has a high cost.

Key words: Composted bark, base mix, seedling, *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst., substrates, nursery.

Fecha de recepción / date of receipt: 12 de junio de 2013; Fecha de aceptación / date of acceptance: 7 de agosto de 2013.

¹ Campo Experimental Valle del Guadiana. CIR-Norte Centro. INIFAP. Correo-e: prieto,jose@inifap.gob.mx

² Universidad Politécnica del Valle Evora.

INTRODUCCIÓN

La vegetación de mezquite [*Prosopis laevigata* (Humb. *et* Bonpl. *ex* Willd.) M.C. Johnst.] cumple una función relevante en los ecosistemas debido a su capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico y generar materia orgánica que se incorpora al suelo, lo que mejora su fertilidad y favorece la nutrición de las plantas circundantes (López *et al.*, 2010). Desde tiempos remotos, el mezquite ha sido uno de los principales recursos naturales explotados por los habitantes de las regiones áridas, quienes obtienen de esta planta múltiples beneficios (Conaza, 1994), uno de ellos es como fuente de energía, a partir de leña y carbón; otros usos importantes son la elaboración de postes para cercos, parquet, artesanías, tablas y tablones, alimento para ganado, producción de flores con fines apícolas, obtención de goma y utilización con fines medicinales (Sosa, 2010).

Se ha documentado que en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, la densidad poblacional de la especie disminuyó severamente, derivado de su inadecuado aprovechamiento, sobretodo, para leña, carbón y en algunos casos, por el cambio de uso del suelo; por ello, es necesario fomentar su manejo sustentable, que se traduzca en la generación de beneficios económicos para los poseedores del recurso, sin deteriorar o desaparecer las poblaciones naturales (Sosa, 2010; Conafor, 2012). En los últimos años ha crecido el interés por producir mezquite con fines de restauración en ecosistemas alterados; por ejemplo, en 2011 se produjeron alrededor de nueve millones de plantas de *Prosopis laevigata* y *Prosopis glandulosa* Torr., que se destinaron a programas de reforestación (Conafor, 2012). De manera particular, en el estado de Durango la necesidad de aumentar la eficiencia de la repoblación de los mezquiales es notoria, en especial para revertir los disturbios ocasionados por cambios de uso de suelo y por el aumento de la superficie de pastizal con fines agropecuarios (Ríos *et al.*, 2011).

El cultivo de especies en ambientes semiáridos requiere la generación o adopción de tecnologías en los viveros forestales, especialmente, en lo referente al uso de los contenedores que permitan una buena distribución de biomasa, mejorar la capacidad del sustrato para retener agua, implementar programas de fertilización, en función de las necesidades de cada taxon; y desarrollar mecanismos para la resistencia a sequías (Chirino *et al.*, 2009).

La selección del sustrato depende de los requerimientos de cada especie, ya que la limitación de volumen en el envase obliga a que el medio de crecimiento presente propiedades físicoquímicas óptimas para un buen crecimiento inicial de la planta (Landis *et al.*, 1989). En los viveros forestales de Durango se utiliza con mayor frecuencia una mezcla base compuesta por turba de musgo, agrolita y vermiculita (2:1:1) (Prieto *et al.*, 2009); sin embargo, se han implementado experimentos para el uso de

INTRODUCTION

The mesquite [*Prosopis laevigata* (Humb. *et* Bonpl. *ex* Willd.) M. C. Johnst.] vegetation plays a relevant role in the ecosystems because of its ability to fixate atmospheric nitrogen and generate organic matter that is incorporated to the soil, enhancing its fertility and nourishing the surrounding plants (López *et al.*, 2010). Since ancient times, mesquite has been one of the main natural resources exploited by the inhabitants of the arid regions, who obtain from this plant multiple benefits (Conaza, 1994). One of its uses is as a source of energy, in the form of firewood and charcoal; other important uses are the manufacture of poles for fences, parquet floors, crafts, house construction, beams and planks, fodder, flower production for apicultural purposes, exploitation of its resin and medicinal uses (Sosa, 2010).

It has been documented that the population density of this species was severely reduced in the arid and semiarid areas of northern Mexico due to its excessive exploitation, particularly as firewood and charcoal, and, in certain cases, as a result of the change in the soil use. For this reason it is necessary to promote a sustainable management that may translate into the generation of economic benefits for the owners of the resource, without deteriorating or eliminating the natural populations (Sosa, 2010; Conafor, 2012). In recent years the interest in producing mesquite to restore altered ecosystem has grown. For instance, 2011 saw the production of approximately nine million *Prosopis laevigata* and *Prosopis glandulosa* Torr. plants that were destined to reforestation programs (Conafor, 2012). Particularly in the state of Durango, the need to improve the efficiency of the repopulation of mesquite forests, especially for reverting the disturbances caused by changes in soil use and by the increase of grassland surface for farming purposes (Ríos *et al.*, 2011).

The cultivation of species in semiarid environments requires the generation or adoption of technologies in the forestry nurseries, particularly in regard to the use of containers that allow a good biomass distribution and make it possible to improve the water retention capacity of the substrate, implement fertilization programs according to the needs of each taxon, and develop mechanisms of drought resistance (Chirino *et al.*, 2009).

The selection of the substrate depends on the requirements of each species, since the limitation of volume in the container makes it necessary for the growth medium to have optimal physical-chemical properties for an adequate initial development of the plant (Landis *et al.*, 1989). In the forestry nurseries of Durango the use of a base mix of peat moss, agrolite and vermiculite is more frequently used (2:1:1) (Prieto *et al.*, 2009). However, experiments have been carried out to assess the use of alternative substrates, such as composted or semi-composted pine bark, a material with an average apparent density of 0.25 g cm⁻³, a mean porosity of 87.0 %, 13.5 % of usable water, and a mean ventilation capacity of 11.8 % (García *et al.*, 2001).

sustratos alternativos, como la corteza de pino compostada o semicompostada, el cual es un material con densidad aparente promedio de 0.25 g cm^{-3} , porosidad media de 87.0 %, 13.5 % de agua utilizable y capacidad media de aireación de 11.8 % (García *et al.*, 2001); además, su costo es bajo y su impacto ecológico mínimo, debido a su eficiente aprovechamiento.

Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar sustratos preparados con distintas proporciones de mezcla base y corteza compostada para el cultivo de *P. laevigata* en vivero, cuya hipótesis establece que la corteza compostada es un sustrato alternativo que provee características morfológicas de calidad a las plántulas producidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones de producción

El experimento inició en abril de 2012 en el Vivero Forestal del Campo Experimental Valle del Guadiana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, ubicado en Durango, Durango; en las coordenadas $24^{\circ}01' \text{ N}$ y $104^{\circ}44' \text{ W}$, a una altitud de 1 860 m. Previo a la siembra, como tratamiento pregerminativo, la semilla de *Prosopis laevigata* se remojó en agua a 90° C durante 45 segundos. Posteriormente, se sembró en charolas de poliestireno de 77 cavidades con una capacidad individual de 170 mL.

Tratamientos evaluados y fertilización

Los tratamientos consistieron en mezclas de sustratos compuestas por: 1) 50 % corteza compostada + 50 % mezcla base (55 % peat moss + 24 % vermiculita + 21 % agrolite); 2) 60 % corteza compostada + 40 % mezcla base; 3) 70 % corteza compostada + 30 % mezcla base; 4) 80 % corteza compostada + 20 % mezcla base; y 5) mezcla base. Además se añadieron 7 kg m^{-3} del fertilizante granulado de liberación controlada Multicote® (15-07-15 de N-P-K). A partir de las siete semanas de edad de las plantas su nutrición se complementó con la aplicación en el riego, dos veces por semana, de 200 ppm de Peters Professional (PP) Crecimiento (20-09-19 de N-P-K). Por último, después de la semana 17 se agregó PP Finalizador (4-25-35 de N-P-K), dos veces por semana en dosis de 100 ppm.

Evaluación

Durante el crecimiento de las plantas se hicieron tres evaluaciones, a las 7, 13 y 21 semanas de edad. Las variables de respuesta consideradas fueron altura, diámetro del cuello, biomasa seca total e Índice de Calidad de Dickson. Por otro lado, para conocer las características de porosidad de las mezclas de sustrato utilizado, se determinó la porosidad total, la porosidad de

Furthermore, it is low cost has a minimum ecological impact due to its efficient exploitation.

Based on this, the objective of the present study was to assess various substrates prepared with different proportions of base mix and composted bark for nursery cultivation of *P. laevigata* plants: Its hypothesis establishes that composted bark is an alternative substrate that provides high-quality morphological characteristics to the seedlings.

MATERIALS AND METHODS

Production conditions

The experiment began in April 2012, in the Guadiana Valley Experimental Forestry Nursery of the National Institute of Research on Forestry, Agriculture and Livestock in Durango, Durango, located on the coordinates $24^{\circ}01' \text{ N}$ and $104^{\circ}44' \text{ W}$, at an altitude of 1 860 m. Before sowing, as a pre-germinal treatment, the *Prosopis laevigata* seeds were soaked in water at a temperature of 90° C during 45 seconds. They were then sown in polystyrene trays with 77 cavities, each with a capacity of 170 mL.

Evaluated treatments and fertilization

The treatments consisted in substrate mixtures made up of: 1) 50 % composted bark + 50 % base mix (55 % peat moss + 24 % vermiculite + 21 % agrolite); 2) 60 % composted bark + 40 % base mix; 3) 70 % composted bark + 30 % base mix; 4) 80 % composted bark + 20 % base mix, and 5) base mix. Also, 7 kg m^{-3} of the granulated, controlled-release fertilizer Multicote® (NPK 15-07-15) were added. Once the plants reached an age of seven weeks, their nutrition was complemented with the application of 200 ppm of Peters Professional (PP) Growth (NPK 20-09-19), twice a week, in the irrigation water. After week 17, Finalizing PP (NPK 4-25-35) was added twice a week in doses of 100 ppm.

Evaluation

During the growth of the plants, three evaluations were performed, at 7, 13 and 21 weeks of age. The assessed response variables were: height, diameter at neck, total dry biomass, and Dickson quality index. On the other hand, the total porosity, the ventilation porosity and the water retention capacity were estimated in order to determine the porosity characteristics of the utilized substrate mixtures. The formulas utilized to determine these parameters were the following:

$$\text{Total porosity (\%)} = \frac{\text{Porous volume of substrate}}{\text{Volume of container}} \times 100$$

aireación y la capacidad de retención de agua. Las fórmulas empleadas para determinar esos parámetros fueron:

$$\text{Porosidad total (\%)} = \frac{\text{Volumen poroso del sustrato}}{\text{Volumen del envase}} \times 100$$

$$\text{Porosidad de aireación (\%)} = \frac{\text{Volumen poroso del sustrato}}{\text{Volumen del envase}} \times 100$$

$$\text{Capacidad de retención de agua (\%)} = \text{Porosidad total} - \text{Porosidad de aireación}$$

Diseño experimental y modelo estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos tuvieron cuatro repeticiones, con una charola (77 plantas) como unidad experimental. En cada variable de respuesta se realizó un análisis de varianza, mediante el procedimiento GLM de SAS ver. 9.2 (2009) para detectar si existían diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Para aquellas en las que se obtuvieron diferencias, se hizo una prueba de comparación múltiple de Tukey a una probabilidad de 0.05.

El modelo estadístico que se usó fue:

$$Y_i = \mu + T_i + \epsilon_i$$

Donde:

Y_i = Respuesta de la unidad experimental con el i -ésimo nivel del factor mezcla de sustrato

μ = Media general

T_i = Efecto atribuido al i -ésimo nivel del factor vivero

ϵ_i = Término de error aleatorio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porosidad

Las pruebas de porosidad indicaron que no hay diferencias significativas entre las variables evaluadas (Cuadro 1). En el caso de la porosidad total, los valores variaron de 44.0 a 46.5 %; de acuerdo con lo publicado por Landis *et al.* (1990), el intervalo apropiado para este parámetro debe ser de 60 a 80 %. La porosidad de aireación fluctuó de 30.2 a 35.8 %, mientras que el recomendado, por los mismos autores es de 25 a 35 %, lo que indica que, salvo el tratamiento de 50 % de corteza compostada + 50 % de *peat moss*, los demás están en el criterio sugerido. La capacidad de retención de humedad tuvo registros de 9.4 a 12.1 %, valores fuera de lo citado (25 a 55 %) por Landis *et al.* (1990). Prieto *et al.* (2012) señalan que una alternativa para la producción de mezquite es utilizar como sustrato corteza compostada en una

$$\text{Ventilation porosity (\%)} = \frac{\text{Volumen de poros de aire}}{\text{Volume of container}} \times 100$$

$$\text{Water retention capacity (\%)} = \text{Total porosity} - \text{Ventilation porosity}$$

Experimental design and statistical model

A totally random experimental design was utilized. The treatments had four repetitions, with a tray (77 plants) as the experimental unit. A variance analysis was carried out for each response variable, by means of the GLM procedure of SAS ver. 9.2 (2009), to detect whether or not there were statistically significant differences between the treatments. Tukey's multiple comparison test was carried out at a probability of 0.05 for those variables showing differences.

The statistical model used was:

$$Y_i = \mu + T_i + \epsilon_i$$

Where:

Y_i = Experimental unit's response to the i^{th} level of substrate mix

μ = General mean

T_i = Effect attributed to the i^{th} level of the nursery factor

ϵ_i = Random error term

RESULTS AND DISCUSSION

Porosity

The porosity tests indicated that there are no significant differences between the assessed variables (Table 1). In the case of total porosity, the values ranged between 44.0 and 46.5 %; according to the results published by Landis *et al.* (1990), the adequate interval for this parameter must be between 60 and 80 %. The ventilation porosity ranged between 30.2 and 35.8 %, while the value recommended by the same authors is 25 to 35 %. This means that all the treatments, except for the one made up of 50 % composted bark + 50 % peat moss, are within the suggested criterion. The humidity retention capacity registered values of 9.4 to 12.1 %; these values are outside those cited (25 to 55 %) cited by Landis *et al.* (1990). Prieto *et al.* (2012) point out that an alternative to the production of mezquite is utilizing composted bark as a substrate, in a proportion of 50 to 70 %, mixed with 30 to 50 % peat moss. Regardless of the ratio of the substrates to be used, it is important to consider the size of the particles of each component, and which influences the retention of water in the growth medium (Ansonrena, 1995), in this case, materials that influenced total porosity was low was primarily bark.

proporción de 50 a 70 %, mezclada con 30 a 50 % de *peat moss*. Independientemente de la proporción de los sustratos a utilizar, es importante considerar el tamaño de las partículas de cada componente, ya que influye en la retención de agua en el medio de crecimiento (Ansonrena, 1995); en este caso, los materiales que influyeron para que la porosidad total fuera baja fue principalmente la corteza.

Cuadro 1. Resultados de las pruebas de porosidad



dad de retención de agua, en las mezclas de sustrato evaluadas.

Table 1. Results of the porosity and water retention capacity tests in the evaluated substrate mixtures.

Tratamiento	Porosidad total (%)	Porosidad de aireación (%)	Capacidad de retención de agua (%)
50 %CC+50 %PM	46.5 ± 0.90 a	35.8 ± 0.91 a	10.7 ± 1.8 a
60 %CC+40 %PM	43.1 ± 0.36 a	29.9 ± 0.91 a	13.3 ± 0.55 a
70 %CC+30 %PM	44.0 ± 0.88 a	34.6 ± 0.21 a	9.4 ± 0.69 a
80 %CC+20 %PM	42.4 ± 1.45 a	30.2 ± 2.08 a	12.2 ± 0.99 a
Mezcla base	45.5 ± 0.58 a	33.3 ± 2.08 a	12.1 ± 1.66 a

CC=Corteza compostada; PM=Peat moss.

Valores con la misma letra por columna, son estadísticamente iguales (Tukey, p≤0.05)

CB=Composted bark; PM=Peat moss.

Values with the same letter by column are statistically equal (Tukey, p≤0.05)

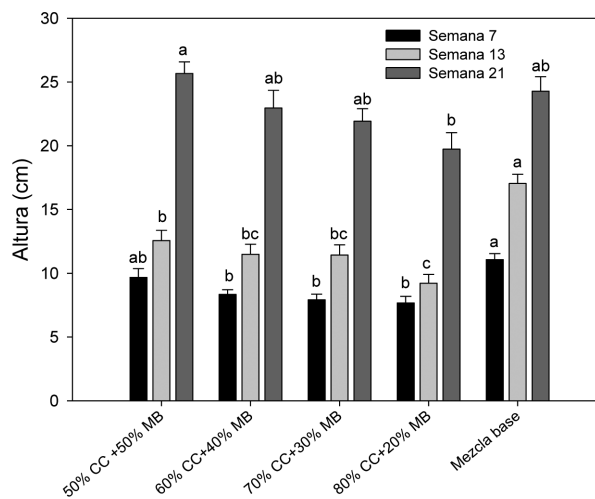
Variables morfológicas

A las siete semanas de edad de las plantas de *P. laevigata*, el crecimiento en cuanto a la altura fue de 7.7 a 11.1 cm, con diferencias significativas entre tratamientos, la mayor de ellas en los individuos cultivados en la mezcla base. Asimismo, a las 13 semanas de edad, los valores variaron de 9.2 a 17.0 cm, en los cuales, nuevamente con la mezcla base se obtuvo la mejor respuesta. A las 21 semanas los individuos lograron alturas de 19.7 a 25.7 cm, con la mezcla 50 % de corteza compostada y 50 % de mezcla base se alcanzó más grande el crecimiento (Figura 1).

Respecto al diámetro del cuello, a las siete semanas de edad, los valores fueron inferiores a 1.0 mm en todos los casos, sin embargo, los individuos cultivados con mezcla base con 50 % CC+ 50 % MB presentaron las cifras más altas, ubicándose en el grupo estadístico superior. En la segunda evaluación (13 semanas) fluctuaron de 1.24 a 1.74 mm, pero solo la mezcla base se ubicó en dicho grupo, con 1.74 mm; a las 21 semanas se situaron en ese conjunto los tratamientos 50% CC + 40 % MB y 60 % CC + 40 % MB, cuyo diámetro fue de 2.91 a 3.05 mm (Figura 2).

Morphological variables

At seven weeks of age, the *P. laevigata* plants had grown 7.7 to 11.1 cm in height, with significant differences between treatments, the highest being the individuals cultivated in the base mix. Also, the values registered at 12 weeks of age, ranged between 9.2 and 17.0 cm, and, again, the best response was obtained with the base mix. By the 21st week, the individuals attained heights of 19.7 to 25.7 cm, with the highest values corresponding to the mixture of 50 % composted bark and 50 % base mix (Figure 1).



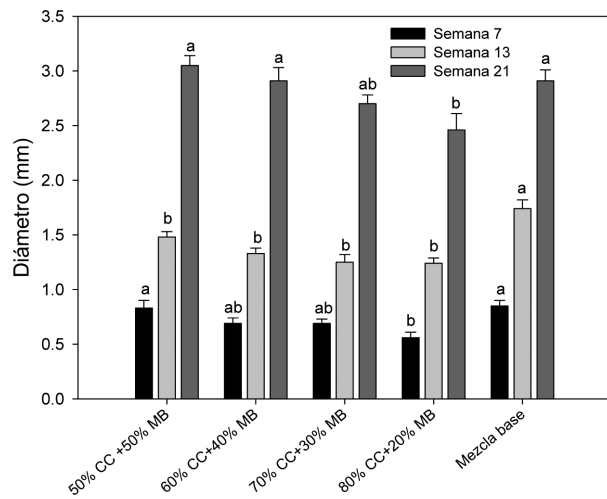
Valores con letras distintas en la misma edad de la planta, indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas (p<0.05), según Tukey.

Values with different letters for the same plant age are indicative of statistically significant differences (p<0.05), according to Tukey's test.

Semana = Week; Diámetro (mm) = Diameter (mm); CC = CB; MB = BM; Mezcla base = Base mix.

Figura 1. Crecimiento en altura de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. en tres edades y diferentes mezclas de sustratos.

Figure 1. Growth in height of *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. at three different ages and in different substrate mixtures.



Valores con letras distintas en la misma edad de la planta, indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), según Tukey.
Values with different letters for the same plant age are indicative of statistically significant differences ($p < 0.05$), according to Tukey's test.
Semana = Week; Diámetro (mm) = Diameter (mm); CC = CB; MB = BM; Mezcla base = Base mix.

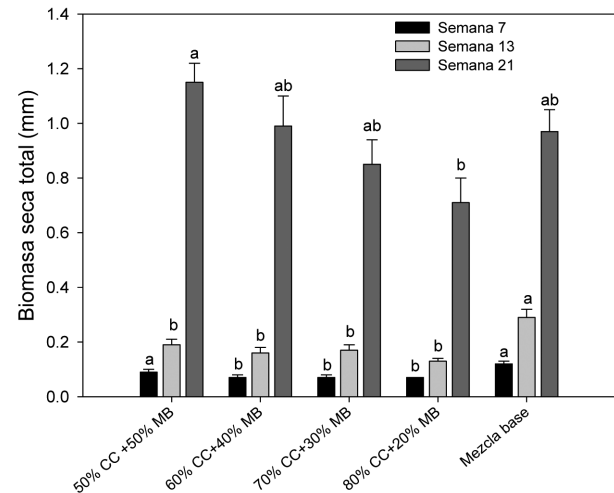
Figura 2. Diámetro del cuello de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst., de tres edades, en diferentes mezclas de sustratos.

Figure 2. Diameter at neck of (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. at three different ages in different substrate mixtures.

La producción de biomasa seca total, a las siete semanas de edad fluctuó de 0.07 a 0.12 g. Los tratamientos de mezcla base pura y el de 50 % de CC + 50 % MB, lograron los resultados más favorables. A las 13 semanas, la variación fue de 0.13 a 0.29 g, con resultados más altos en el tratamiento con mezcla base; en la última medición (21 semanas), los registros correspondieron al intervalo de 0.97 a 1.15 g, con superioridad estadística en el tratamiento compuesto por 50 % de CC + 50 % MB (Figura 3).



As for the neck diameter, at seven weeks of age, the values were below 1.0 mm in every case. However, the individuals cultivated in a mixture of 50 % CB + 50 % BM had the highest values and therefore were included in the higher statistical group. In the second evaluation (at 13 weeks), the values ranged between 1.24 and 1.48 mm, but only the base mix positioned itself in the said group, with 1.48 mm; at 21 weeks, the treatments of 50 % CB + 40 % BM and 60 % CB + 40 % BM treatments, with a diameter between 2.91 and 305 mm were equally included (Figure 2).



Valores con letras distintas en la misma edad de la planta, indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), según Tukey.
Values with different letters for the same plant age are indicative of statistically significant differences ($p < 0.05$), according to Tukey's test.
Semana = Week; Diámetro (mm) = Diameter (mm); CC = CB; MB = BM; Mezcla base = Base mix.

Figura 3. Biomasa seca total de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. de tres edades, en diferentes mezclas de sustratos.

Figure 3. Total dry biomass of *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. at three different ages, in different substrate mixtures.

Cuadro 2. Índice de Calidad de Dickson para *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. de dos distintas edades, en diferentes mezclas de sustratos.

Table 2. Dickson quality index for *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. at two different ages, in different substrate mixtures.

Tratamiento	13 semanas (edad)	21 semanas (edad)
50 % CC + 50 % MB	0.02 ± 0 a	0.11 ± 0.01 a
60 % CC + 40 % MB	0.01 ± 0 a	0.10 ± 0.01 ab
70 % CC + 30 % MB	0.01 ± 0 a	0.08 ± 0.01 ab
80 % CC + 20 % MB	0.01 ± 0 a	0.07 ± 0.01 b
Mezcla base	0.02 ± 0 a	0.09 ± 0.01 ab

CC=Corteza compostada; PM=Peat moss.

Valores con la misma letra por columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

CB=Composted bark; PM=Peat moss.

Values with the same letter by column are statistically equal (Tukey, $p \leq 0.05$).

Respecto al Índice de Calidad de Dickson, solo se evaluó a partir de las 13 semanas, y se determinó un intervalo de 0.01 a 0.02, sin que existieran diferencias significativas. A las 21 semanas de edad, fue de 0.07 a 0.11, y la mezcla compuesta por 50 % CC y 50 % MB se ubicó en el grupo estadístico superior, mientras que la menor calidad se obtuvo en el sustrato con mayor proporción de corteza compostada (Cuadro 2).

Se observó que el sustrato compuesto por 50 % CC+50 % MB, fue el que más favoreció el crecimiento de las plantas, seguido por los tratamientos mezcla base y 60 % CC+40 % MB. Cline *et al.* (1986), Meloni *et al.* (2004) y López *et al.* (2012) señalan que el crecimiento y producción de biomasa en plántulas de *Prosopis* sp. están limitados por el estrés hídrico elevado, la toxicidad por sales y la escasez de nutrimentos en el sustrato, principalmente fósforo. En ese sentido, se considera que los tratamientos con los mejores resultados tuvieron una apropiada capacidad de retención de agua, aportada por la mezcla base, la cual estuvo en mayor proporción en esos tratamientos, y un buen contenido nutricional suministrado por la corteza compostada, ya que esta contiene micro y macronutrientes, como el fósforo, calcio, magnesio, boro y hierro (Buamscha *et al.*, 2007).

Salifu *et al.* (2006) consideran que antes de seleccionar la mezcla de sustratos, es necesario hacerles un análisis físico-químico, para establecer rutinas y dosis óptimas de fertilización, así como para evitar una interacción antagonista con los compuestos de la corteza. Asimismo, Hanson *et al.* (2004) señalan la importancia de elegir el contenedor adecuado para el cultivo de la planta; así, en la corteza compostada, el contenido de agua aprovechable varía en función del volumen del envase utilizado. En general, el uso de este sustrato es recomendable para producir planta de mezquite, debido a que se obtiene una buena calidad y se reducen significativamente los costos de producción; estas dos características se han demostrado en investigaciones realizadas por García *et al.* (2001); Sánchez *et al.* (2008) y Davis *et al.* (2009). Además, su pH ácido y porosidad limita el crecimiento de ciertos hongos patógenos como *Phytophthora* (Benson, 1984). En dos especies del género *Pinus* se han evaluado diversas mezclas de sustratos compuestas por corteza compostada y aserrín; en ambos casos con 20% de corteza compostada + 80% de aserrín se tuvieron las mejores características físicas y un buen crecimiento de las plantas (Sánchez *et al.*, 2008; Maldonado *et al.*, 2011). Prieto *et al.* (2012) indican que una alternativa para la producción de mezquite es utilizar corteza compostada en una proporción de 50 a 70%, mezclada con 30 a 50% de peat moss.

CONCLUSIONES

El sustrato compuesto por 50 % de corteza compostada + 50 % de mezcla base fue el que favoreció con mejores resultados el crecimiento de *Prosopis laevigata*. Posterior al tratamiento

The production of total dry biomass at seven weeks of age ranged between 0.07 and 0.12 g. The most favorable results were obtained with the pure base mix and the mixture of 50 % CB + 50 % BM. At 13 weeks, the variation was 0.13 to 0.29 g, with the highest results with the pure base mix; in the last evaluation (at 21 weeks), the registered interval was 0.97 to 1.15 g, with statistical superiority for the treatment consisting of a mixture of 50 % CB + 50 % BM (Figure 3).

The Dickson quality index was assessed only from the 13th week, without there being significant differences. At 21 weeks of age, its value was 0.07 to 0.11, and the mixture of 50 % CB and 50 % BM positioned itself in the higher statistical group (Table 2).

It was observed that the substrate composed by 50 % CC+50 % BM was the most favorable for plant growth, followed by the base mix treatments and 60 % CC+40 % BM. Cline *et al.* (1986), Meloni *et al.* (2004) and López *et al.* (2012) point out that growth and biomass production of *Prosopis* sp. are limited by a high water stress, salt toxicity and the scarcity of nutrients of soil, mainly phosphorous. In this sense, it is considered that the treatments with the best results had a right ability of water retention, provided by the base mix, which has a greater amount in this treatments, and a good nutritious content submitted by the composted bark since it has micro and macronutrients such as phosphorous, calcium, magnesium, boron and iron (Buamscha *et al.*, 2007).

Salifu *et al.* (2006) considered that before selecting the substrate mix, it is necessary to test it with a physical-chemical analysis in order to establish protocols and optimal doses of fertilization as well as to avoid an antagonistic reaction with the compound of the bark. Also, Hanson *et al.* (2004) indicate that it is important to select the right container for the cultivation of the plant; therefore, in the composted bark, the content of useful water varies according to the volume of the container that is used. In general, this substrate is advisable to produce mesquite plants, since a good quality is obtained and production costs are significantly reduced; these two characteristics have been demonstrated in research studies by García *et al.* (2001), Sánchez *et al.* (2008) and Davis *et al.* (2009). Also, acid pH and porosity limit the growth of some pathogen fungi such as *Phytophthora* (Benson, 1984). In two *Pinus* species several compound substrate mixes by composted bark and saw dust have been assessed; in both cases, it was determined with 20% of composted bark + 80% of saw dust, with which the best physical characteristics and good growth were obtained (Sánchez *et al.*, 2008; Maldonado *et al.*, 2011). Prieto *et al.* (2012) point out that an option for the production of mesquite is to use composted bark in a 50 to 70% proportion, mixed with a 30 to 50% of peat moss. 🌱



anterior, siguieron en orden de importancia los tratamientos compuestos por mezcla base pura y 60 % de corteza compostada + 40 % de mezcla base.

El tratamiento compuesto por 80 % de corteza compostada + 20 % de mezcla base fue el que menos favoreció el crecimiento de las plantas. 🌱



REFERENCIAS

- Ansorena, J. 1995. Propiedades físicas de los sustratos. *Chile Agrícola*, 20(208): 217-218.
- Benson, D. M. 1984. Influence of pine bark, matric potential, and pH on sporangium production by *Phytophthora cinnamomi*. *Ecology and Epidemiology* 74(11): 1359-1363.
- Buamscha, M. G., J. E. Althland, D. M. Sullivan, D. A. Horneck and J. Cassidy. 2007. Chemical and physical properties of Douglas fir bark relevant to the production of container plants. *HORTSCIENCE* 42(5):1281-1286.
- Chirino, E., A. Vilagrosa, J. Cortina, A. Valdecantos, D. Fuentes, R. Trubat, V. C. Luis, J. Puértolas, S. Bautista, M. J. Baeza, J. L. Peñuelas and V. R. Vallejo. 2009. Ecological restoration in degraded drylands: the need to improve the seedling quality and site conditions in the field. In: Grossberg, S. P. (ed.). *Forest Management*. Nova Science Publishers, Inc. New York, NY, USA. pp. 85-158.
- Cline, G., D. Rhodes and P. Felker. 1986. Micronutrient, phosphorus and pH influences on growth and leaf tissue nutrient levels of *Prosopis alba* and *Prosopis glandulosa*. *Fores. Ecol. and Manag.* 16:81-93.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2012. Evaluación complementaria del PROCOREF. Ejercicio fiscal 2011. Universidad Autónoma Chapingo. <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/evaluaciones/documentos-y-alcances-de-las-evaluaciones>. (5 de octubre de 2013).
- Comisión Nacional de Zonas Áridas (Conaza). 1994. Mezquite (*Prosopis* spp.) cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. México, D.F. México. 31 p.
- Davis, A. S., K. Eggleston, J. R. Pinto and R. K. Dumroese. 2009. Evaluation of three growing media substrates for western larch seedling production at the USDA Forest Service Coeur d'Alene Nursery. In: Dumroese, R.K. and L. E. Riley (eds). *National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations—2008*. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Fort Collins, CO, USA. pp. 37-41.
- García C., O., G. Alcántar, I. Cabrera, F. Gavi y V. Volke. 2001. Evaluación de sustratos para producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra* 19(3):249-258.
- Hanson, A. M., J. R. Harris, R. Wright and A. Niemiera. 2004. Water content of a pine bark growing substrate in a drying mineral soil. *HORTSCIENCE* 39(3): 591-594.
- Landis, T., R. W. Tinus, S. E. McDonald and J. P. Barnett. 1989. The container tree nursery manual. USDA Forest Service. Handbook 674. Washington, DC, USA. 85 p.
- Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. McDonald and J. P. Barnett. 1990. Containers and growing media. Vol 2. The container Tree Nursery Manual. Agric. USDA Forest Service. Handbok 674. Washington, DC, USA. 88 p.
- López H., J. A., J. C. Ríos S., J. C. Monárrez G., R. Rosales S., J. M. Mejía B. y V. Bustamante G. 2010. Tecnología disponible para la obtención de semilla de mezquite en el norte de México. Folleto Técnico Núm. 45. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. México. 39 p.
- López L., D., M. E. Fernández y A. Verga. 2012. Respuesta diferenciada a la sequía de plantas jóvenes de *Prosopis chilensis*, *P. flexuosa* y sus híbridos interespecíficos: implicancias para la reforestación en zonas áridas. *Ecología Austral* 22:43-52.
- Maldonado B., K. R., A. Aldrete, J. López U., H. Vaquera H. y V. M. Cetina A. 2011. Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezcla de sustrato con hidrogel y riego en vivero. *Agrociencia* 45: 389-398.
- Meloni, D. A., M. R. Gulotta, C. A. Martínez and M. A. Oliva. 2004. The effect of salt stress on growth, nitrate reduction proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 16: 39-46.
- Prieto R., J. A., J. A. Sigala, S. Pinedo, J. L. García, R. E. Madrid, J. L. García y J. M. Mejía. 2009. Calidad de planta en los viveros forestales del estado de Durango. Publicación Especial No. 30. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP. Durango, Dgo. México. 81 p.
- Prieto R., J. A., J. C. Ríos, J. C. Monárrez, J. L. García, J. M. Mejía y V. Bustamante. 2012. Recomendaciones para la producción de mezquite en condiciones de vivero. Folleto Técnico No. 56. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC. INIFAP. Durango, Dgo. México. 43 p.
- Ríos S., E. Soto y R. Rosales. 2011. Sobrevivencia y crecimiento de plantas de mezquite producido en dos tipos de contenedores en Durango, México. In: Quinto Congreso Forestal de Cuba. Ciudad, Cuba. http://bva.fao.cu/pub_doc/FORESTALES/Revista%20Espec.%202011/SOBREVIVENCIA%20Y%20CRECIMIENTO%20DE%20PLANTAS%20DE%20MEZQUITE.pdf. (8 de octubre de 2012).
- Salifu, K. F., M. A. Nicodemus, D. F. Jacobs and A. S. Davis. 2006. Evaluating chemical indices of growing media for nursery production of *Quercus rubra* seedlings. *HORTSCIENCE* 41(5):1342-1346.
- 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.
- Sosa P., G. 2010. Tecnologías para el manejo integral de bosques de mezquite en el norte de México. http://ford.ciesas.edu.mx/downloads/2do_2_01.pdf. (4 de octubre de 2012).
- Statistical Analysis System (SAS) Institute Inc. 2009. SAS Ver. 9.2. SAS Inc., Cary, NC, USA. s/p.

