

Influencia de diferentes sustratos y contenedores sobre variables morfológicas de plantines de dos especies de *Prosopis*

The influence of different substrata and containers on morphological attributes of two species of Prosopis seedlings

Salto, C. S.¹; M. A. García² y L. Harrand¹

Recibido en junio de 2013; aceptado en octubre de 2013

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento de *Prosopis alba* y *P. nigra* en vivero en función de diferentes sustratos (según sus propiedades físicas en condiciones de uso) y tipos de envase. Se probaron cinco tipos de sustratos: tierra (T), corteza de pino compostada (CP), corteza de pino compostada y tierra (TCP); corteza de pino compostada con perlita y vermiculita (CPPV), perlita y vermiculita (PV). Se emplearon como envases bandejas multicelda con 90 cm³ de capacidad por cavidad y tubetes individuales de 100 cm³. En laboratorio se determinaron sobre los envases las propiedades físicas de los sustratos: porosidad total (PT), retención de agua (RA) y porosidad de aireación (PA). En tubetes la PT mayor se observó en PV, mientras que en bandeja fue en CP. La PA fue mayor en CPPV en ambos contenedores. Los mayores valores de RA fueron en T para tubete y en TCP para bandeja. En el ensayo en vivero las variables analizadas fueron el diámetro al cuello y altura total del plantín. Para ambas especies, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para estas variables entre los sustratos en los dos tipos de envases. Los mejores crecimientos en diámetro y altura total de los plantines de algarrobo blanco y negro se encontraron en los sustratos T, CPPV y CP. El tamaño del contenedor influyó en el crecimiento de los plantines.

Palabras clave: Algarrobos; Propiedades físicas de sustrato; Crecimiento.

ABSTRACT

The nursery performance of *Prosopis alba* and *P. nigra* as a function of different substrates (i.e. according to their physical properties in terms of use) and container types was evaluated. Five types of substrata were tested: soil (T); composted pine bark (CP); composted pine bark and soil (TCP); pine bark composted with perlite and vermiculite (CPPV); perlite and vermiculite (PV). As containers, 90 cm³ multi-cell trays and 100 cm³ individual cells were used. The physical properties determined were: total porosity (PT), water retention (RA) and aeration porosity (PA). In the individual cells, the highest PT was observed on PV while in the multi-cell trays was on CP. PA was higher in CPPV in both containers while RA values were higher on T in cells and on TCP in multi-cell trays. Seedling collar diameter and total height were the variables analyzed at the nursery. Statistically significant differences in these variables were found for both species and for the two types of containers. The best growth in both diameter and total height of the "algarrobo blanco" and "algarrobo negro" seedlings were found in the T, CP and CPPV substrates. The size of the container had influence on the growth of the seedlings.

Keywords: Algarrobo; Substrata physical properties; Growth.

¹ Grupo de Mejoramiento Genético Forestal de la EEA Concordia de INTA. Ruta Pcial. 22 y vías del ferrocarril. Estación Yuquerí. CC 34.CP:3200. Concordia, Entre Ríos. E-mail: csalto@correo.inta.gov.ar

² Grupo de Silvicultura de la EEA Concordia de INTA. Ruta Pcial. 22 y vías del ferrocarril. Estación Yuquerí. CC 34. CP: 3200. Concordia, Entre Ríos.

1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Entre Ríos forma parte del distrito del ñandubay, correspondiente a la región fitogeográfica del Espinal. El mismo se caracteriza por la presencia de especies arbóreas del género *Prosopis*, siendo la especie dominante en todo el distrito el ñandubay (*P. affinis* Spreng.), acompañando el algarrobo negro (*P. nigra* (Griseb.) Hieron.var. *nigra*) y el algarrobo amarillo (*P. nigra* (Griseb.) Hieron.var. *ragonesei* Burkart), presentándose en rodales puros o con diferente proporción de ellos. El algarrobo blanco (*P. alba* Griseb.) se encuentra más hacia el oeste de la provincia sobre áreas cercanas al río Paraná (Jozami y Muñoz, 1984; SAyDS, 2007). Los bosques del Espinal han sido sujetos a explotación irracional de su madera, conversión del bosque a nuevas áreas agrícola-ganaderas, degradación por sobrepastoreo y excesivo uso del fuego, reduciéndose rápidamente la superficie de los mismos en los últimos 100 años, encontrándose los bosques remanentes fragmentados y con un importante estado de degradación (SAyDS, 2007).

En el centro-norte de Entre Ríos la plantación con algarrobo se presenta como una interesante oportunidad dada la creciente demanda de su madera y la existencia de limitaciones en el cultivo de especies de rápido crecimiento, como *Eucalyptus grandis*, consecuencia de ciertas características ecológicas del Espinal. La Ley 25.080 (26.432) de Inversiones para Bosques Cultivados promueve la forestación con especies maderables nativas o exóticas, constituyendo una herramienta importante para promover el cultivo de estas especies, contribuyendo al inicio de la capitalización y recuperación de áreas marginales y a la diversificación productiva en la provincia de Entre Ríos (Díaz y Tesón, 2001; Tesón y Díaz, 2009, comunicación personal³).

Sin embargo, la forestación con especies nativas en esta región se encuentra limitada por la escasez de materiales básicos como semillas y plantines. En este contexto, es fundamental contar con viveros con conocimiento y disponibilidad de tecnologías de producción comercial de algarrobo, aspecto sobre el que existe escasa información local. Por ser el NE de Entre Ríos una importante zona de producción forestal están disponibles tecnologías de vivero que pueden ser adaptadas a la producción de plantines de algarrobo (Díaz y Tesón, 2001).

Para los viveros de algarrobo de la región chaqueña, Joseau *et al.* (2006) aconsejan usar como sustrato una mezcla de tierra de algarrobal y arena, y envases de polietileno opaco. En la Mesopotamia los materiales más utilizados en la composición de los sustratos en los viveros forestales son corteza de pino compostada, tierra y turbas. Los viveros más tecnificados no incluyen tierra en la composición de los sustratos que emplean, ya que el aumento de la proporción de suelo disminuye los costos pero aumenta el peso de las macetas (García *et al.*, 2005; Oliveira Cunha *et al.*, 2005), además de generar condiciones de anoxia por encharcamiento y de dificultar la extracción del plantín al momento de efectuar la plantación.

En cuanto a los medios de crecimiento, en los viveros del NE de Entre Ríos existe gran heterogeneidad de los sustratos utilizados en la producción de plantines forestales, presentando frecuentemente propiedades inadecuadas, principalmente el pH y la porosidad, lo que puede causar serios inconvenientes (García *et al.*, 2005; Parra de Araújo y de Paiva Sobrinho, 2011). La porosidad de aireación es la propiedad física de los sustratos que más ha sido estudiada y discutida, ya que afecta todo el cultivo de las plantas en contenedor (Landis, 1990; Beltrão Lacerda *et al.*, 2006).

La tendencia a nivel mundial ha sido el reemplazo de las bolsitas de polietileno por tubetes de plástico rígido (Gomes *et al.*, 2003). Ese tipo de envases permite mejorar la forma de las raíces y la formación de cepellones más firmes, además de presentar ventajas de manejo que reducen los costos de producción. En la Argentina el mercado ofrece envases de diferentes

³ Tesón, N.; Díaz, D. 2009. Forestación y enriquecimiento con *Prosopis* spp. (correo electrónico). EEA Concordia de INTA.

formas y tamaños, recomendándolos para cultivo de forestales exóticas, ornamentales y horticolas, sin información de su aptitud para producir especies forestales nativas. En las zonas de importancia forestal estos aspectos del sistema de producción de plantines nativos, así como otros de igual importancia, han sido escasamente estudiados. Los viveros forestales tratan de producir plantas de la mayor calidad de la forma más eficiente posible desde un punto de vista económico. La calidad morfológica de una planta hace referencia a un conjunto de caracteres, de naturaleza cuantitativa como cualitativa, sobre la forma y estructura de la planta o alguna de sus partes. Los atributos morfológicos de naturaleza cuantitativa que habitualmente son empleados en estudios científicos o en el control de calidad de plantas en contenedor son la altura de la parte aérea y el diámetro a la altura del cuello, mientras que los atributos cualitativos se refieren a la presencia de daños o heridas en las plántulas, estado sanitario y vigor, entre otras (Mexal y Landis, 1990; Birchler *et al.*, 1998; Villar Salvador, 2003; Navarro *et al.*, 2006). Para lograr plantas con mejores características morfológicas, además de las fisiológicas, es necesario el desarrollo de técnicas culturales desde el vivero. El tipo de sustrato, el contenedor a utilizar, la calidad de la semilla, el régimen de nutrición y el manejo adecuado del riego, son los elementos principales a considerar para obtener plantines de calidad a un precio razonable (Leyva Rodríguez *et al.*, 2008).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el desarrollo y calidad morfológica de plantines de *P. alba* y *P. nigra* en vivero producidos en cinco sustratos comúnmente utilizados para plantines de especies forestales de rápido crecimiento, de acuerdo a sus propiedades físicas en condiciones de uso y tipos de envase.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el vivero forestal de la EEA Concordia de INTA, ubicado en la localidad de Estación Yuquerí (Concordia, Entre Ríos). Se emplearon dos tipos de envases: bandejas multicelda de 40 cavidades con 90 cm³ de capacidad por celda, y tubetes individuales de 100 cm³. Cada una de las cavidades de la bandeja presenta diámetro interno de 40 mm y 90 mm de largo; los tubetes miden 35 mm y 140 mm de diámetro y largo respectivamente. El tratamiento pre-germinativo empleado para las semillas de algarrobo consistió en la inmersión de las semillas en agua a 100 °C, manteniéndolas sumergidas en el agua que alcanzó temperatura ambiente durante 24 hs. La siembra se realizó directamente en los envases en septiembre de 2011. El manejo de vivero consistió en dos riegos diarios y la aplicación de un plan de fertilización, durante 75 días a partir de la siembra dos veces por semana. Para la fertilización se empleó una mezcla de fertilizantes solubles Newplant[®]: Soluble 1(18-7-17) en 0,6 g/l, Soluble 7-13-43 en 0,3 g/l y Soluble MicroNewen 0,6 g/l.

Los sustratos que se probaron fueron: corteza de pino compostada (CP), tierra + corteza de pino compostada (TCP, 1:1 v/v), corteza de pino compostada+perlita + vermiculita (CPPV, 2:1:1 v/v), perlita+vermiculita (PV, 1:1 v/v), tierra tamizada (T).

Las propiedades físicas porosidad total, porosidad de aireación y retención de agua de los sustratos se determinaron por método volumétrico (Bragg y Chambers, 1988, citados por Landis, 1990), directamente en los envases llenos con los sustratos, midiéndose previamente el volumen de los envases vacíos. Se midió luego el volumen del agua de saturación (volumen total de poros) y del agua drenada (volumen de poros de aireación).

La determinación de las propiedades de los sustratos en los envases evaluados se realizó en condiciones de laboratorio empleando un arreglo factorial de los tratamientos con diseño completamente aleatorizado con 5 repeticiones por envase, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + (\tau\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} representa la observación para la k -ésima unidad experimental del nivel i del factor A (envase) y nivel j del factor B (sustrato), μ media general, τ_i representa el efecto causado por el nivel i del factor A, γ_j representa el efecto causado por el nivel j del factor B, $(\tau\gamma)_{ij}$ representa la interacción del nivel i del factor A y el nivel j del factor B, y ε_{ijk} representa el término de error aleatorio asociado a la observación y_{ijk} .

El diseño experimental empleado en el vivero, para cada una de las especies, fue de parcelas divididas con un arreglo en bloques completos al azar con 5 repeticiones. Las variables de análisis fueron diámetro al cuello y altura total de la planta medidos a los tres meses de efectuada la siembra. El modelo lineal mixto empleado fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \delta_{ij} + b_k + p_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} representa la respuesta observada en el k -ésimo bloque, i -ésimo nivel del factor principal y j -ésimo nivel de factor asociado a las subparcelas, μ representa la media general de la respuesta, τ_i representa el efecto del i -ésimo nivel del factor asociado a las parcelas principales (envases), γ_j representa el efecto del j -ésimo nivel del factor asociado a las subparcelas (sustrato) y δ_{ij} representa el efecto de la interacción del ij -ésimo tratamiento. Por otra parte b_k , p_{ik} y ε_{ijk} corresponden a efectos aleatorios de los bloques, de las parcelas dentro de los bloques y de los errores experimentales.

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS v. 9.1 con el procedimiento MIXED (SAS Institute Inc., 2009). Se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey cuando se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas de los sustratos en condiciones de uso

Al realizar el análisis de datos referentes a las propiedades físicas de los sustratos se encontraron interacciones significativas entre los envases empleados y los sustratos ensayados según se reportan en la Tabla 1; en consecuencia, las comparaciones se realizaron fijando el tipo de envase (Steel y Torrie, 1988; Balzarini *et al.*, 2008).

Tabla 1. Análisis de la variancia (valor F) para las propiedades físicas de cinco sustratos

FV	GL	Propiedades Físicas Sustratos		
		PT Valor F	PA Valor F	R Valor F
Envase	1	21,70***	4,09*	66,79***
Sustrato	4	8,27***	80,74***	21,46***
Env*Sust	4	6,82***	5,65***	6,57***

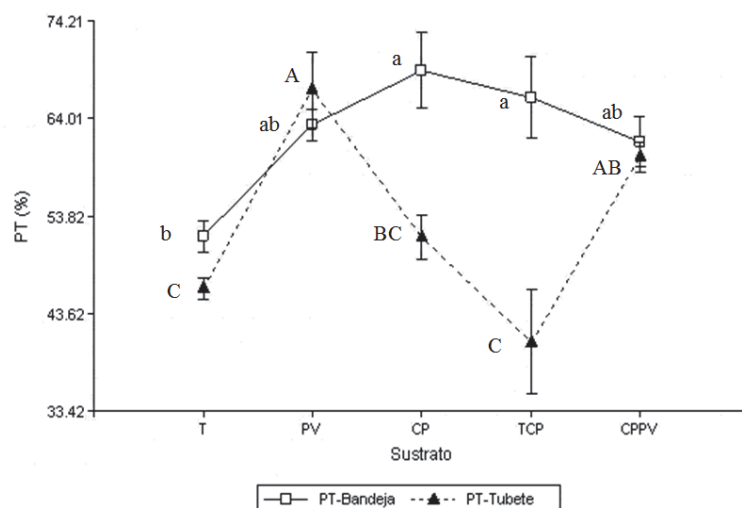
*Significativo al 5 %, *** Significativo al 0,10 %

En cuanto a la PT, en tubete la misma fue mayor y significativamente diferente en PV (67%) y en CPPV (60%) con respecto a T (46%) y TCP (44%), mientras que en bandeja el mayor valor se obtuvo en CP (69%) y en TCP (66%) que en T (51%) (Figura 1).

La PT es una medida de la capacidad que tiene el sustrato de retener aire y agua; sin embargo no da indicaciones sobre el tamaño de los poros, quienes determinan la tasa de drenaje e intercambio gaseoso (Alvarado y Solano, 2002). No es suficiente que el sustrato posea una elevada PT, sino que es necesario que esta se encuentre convenientemente repartida en los macroporos (ocupados por aire) y los microporos (que alojan el agua en su interior) (Ansorena, 1994).

El comportamiento de la PA en función del tipo de sustrato se muestra en la Figura 2. Los sustratos se diferenciaron de acuerdo a esta propiedad, presentando el sustrato CPPV valores significativamente mayores a los cuatro restantes (27% en bandeja y 33% en tubete), siendo a su vez CP y PV significativamente mayores que los sustratos TCP y T (valores comprendidos entre 3% y 8% para ambos envases). Los mayores valores de PA encontrados en la mezcla CPPV en ambos envases, se deben a la presencia de corteza de pino y perlita, favoreciendo la capacidad de aireación y mejor drenaje en esta mezcla (Figura 2).

Stewart (1986) recomienda agregar entre un 25-50% de corteza de pino a mezclas de sustrato para que los mismos sean bien estructurados. Los valores bajos de PA encontrados en T responden al hecho del pequeño tamaño de sus partículas ya la pérdida de su estructura natural al tamizarla para llenar los envases, lo que le permite aumentar su capacidad para retener agua restringiendo el movimiento de aire dentro del medio (Figura 2).

**Figura 1.** Porosidad total de los sustratos en cada tipo de envase.

Letras distintas indican diferencias significativas entre sustratos dentro de tipo de envase ($p < 0,05$)

Miles *et al.* (1989, citado por Landis, 1990) afirman que la altura del contenedor es el principal factor que controla la porosidad de aireación.

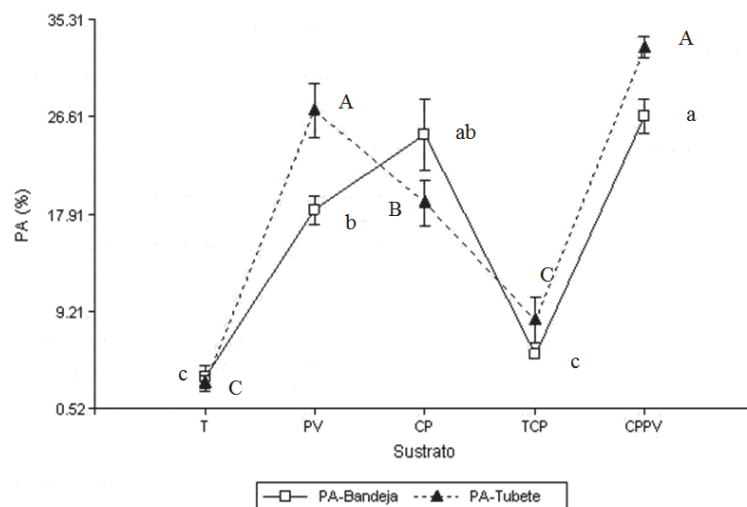


Figura 2. Porosidad de aireación de los sustratos en cada tipo de envase.

Letras distintas indican diferencias significativas entre sustratos dentro de tipo de envase ($p < 0,05$)

Landis (1990) señala que los valores de PA recomendados varían entre autores, indicando rangos adecuados de 20-25%, de 25-35% y de 45-50%, y explicando que esa gran variación se debe a la características de los distintos componentes de los sustratos, al grado de compactación del sustrato dentro del contenedor y a los métodos de medición de sus propiedades. García *et al.* (2005) determinaron que en promedio los sustratos usados por los viveros forestales de Entre Ríos presentan valores de PA de 30,1%, con valores entre 1,7 y 58,4.

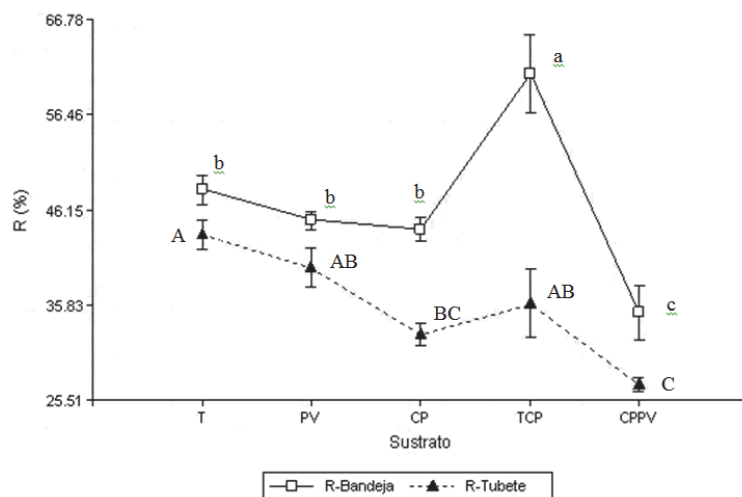


Figura 3. Retención de agua de los sustratos en cada tipo de envase.

Letras distintas indican diferencias significativas entre sustratos dentro de tipo de envase ($p < 0,05$)

La retención de agua (RA) fue significativamente mayor en T (43%) que en CPPV (27%) para tubetes mientras que en la bandeja el mayor valor se obtuvo en TCP (61%) secundado por T comparado con CPPV (35%) (Figura 3). En el caso del sustrato T, la pérdida de estructura con el tamizado genera principalmente microporos que retienen agua, el medio puede saturarse y encharcarse, y presentar problemas de aireación deficiente. Este problema lo resaltan Ribeiro y Ribeiro (2000), quienes además explican que el llenado de envases rígidos con suelo presenta

inconvenientes prácticos. La fuerza de capilaridad que retiene el agua en las superficies del medio es equivalente en cada envase, pero la fuerza gravitacional que empuja el agua fuera del envase se vuelve mayor conforme el envase aumenta en profundidad (Alvarado y Solano, 2002). Los resultados que se obtuvieron en esta experiencia son coherentes con esta afirmación.

Variables morfológicas de los plantines en bandejas y tubetes individuales

Se realizó el análisis de los datos para las variables diámetro al cuello (Dac) y altura total (HT).

La interacción entre envase y sustrato para las variables de crecimiento evaluadas en ambas especies resultó estadísticamente significativa como se muestra en la Tabla 2. En consecuencia se realizaron comparaciones entre medias de sustratos a un nivel fijo del tratamiento de la parcela principal (envase) para poder detectar las diferencias (Steel y Torrie, 1988).

Tabla 2. Análisis de la variancia (valor F) para diámetro al cuello y altura total en algarrobo blanco y negro

FV	GL	Algarrobo blanco		Algarrobo negro	
		Dac	HT	Dac	HT
		Valor F	Valor F	Valor F	Valor F
Envase	1	6,19*	228,42***	32,52***	52,77***
Sustrato	4	23,86***	61,79***	28,26***	43,82***
Env*Sust	4	10,00***	9,64***	5,88***	8,70***

*Significativo al 5 %, *** Significativo al 0,10 %

En la Tabla 3 se reportan los resultados del análisis de la variancia para el diámetro y la altura en algarrobo blanco en los dos tipos de envases utilizados. Para ambas variables, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos.

Tabla 3. Análisis de la variancia (valor F) para el diámetro al cuello y altura total en algarrobo blanco en dos tipos de envase

FV	GL	Rasgo	Media Bandeja	Media Tubete	Bandeja Valor F	Tubete Valor F
Sustrato	4	Dac (mm)	2,21	1,96	4,75**	4,33**
	4	HT (cm)	12,18	10,17	18,08***	26,95***

** Significativo al 1 %, *** Significativo al 0,10 %

Esta condición puede evidenciarse en el crecimiento en diámetro presentado por los plantines producidos en bandejas. La densidad de siembra es de 520 plantas/m² en las bandejas, mientras que los tubetes tienen una densidad un poco mayor (532 plantas/m²). Sin embargo, la diferencia en crecimiento en diámetro entre envases es de 0,25 mm (aproximadamente el 10%), lo que representa una diferencia despreciable en la práctica. La altura total alcanzó con mayores valores en las bandejas que en los tubetes. Puede suponerse que los plantines en los tubetes, al ser más profundos, invierten mayor energía en desarrollar su estructura radical, especialmente su eje principal, comenzando la emisión de raíces secundarias al llegar a la base del envase retrasando o delegando el crecimiento en altura (Tabla 3).

La representación gráfica de los valores medios del diámetro y la altura total por especie, tipo de envase y sustrato se muestra en las Figuras 4 y 5.

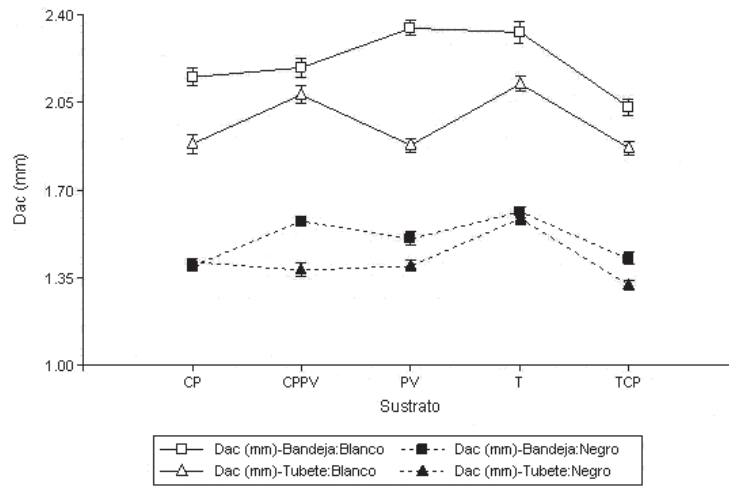


Figura 4. Diámetro al cuello a 3 meses de edad en algarrobo blanco y algarrobo negro sembrado en dos tipos de envase y cinco sustratos diferentes

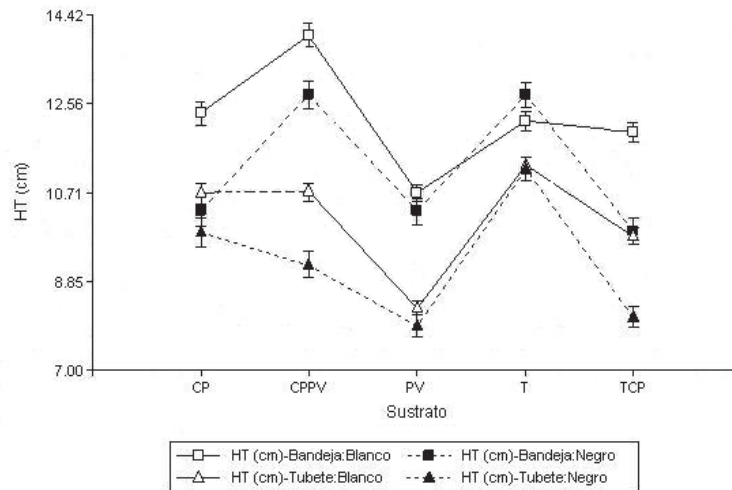


Figura 5. Altura total a 3 meses de edad en algarrobo blanco y algarrobo negro sembrado en dos tipos de envase y cinco sustratos diferentes

Se realizó la comparación de medias del diámetro mediante la prueba de Tukey para los dos tipos de envases (Tabla 4).

Tabla 4. Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para diámetro al cuello en dos envases en algarrobo blanco

		Bandeja			Tubete			
Sustrato	Medias	EE	Grupo	Sustrato	Medias	EE	Grupo	
PV	2,34	0,11	A	T	2,13	0,10	A	
T	2,31	0,11	A	CPPV	2,08	0,09	AB	
CPPV	2,19	0,11	AB	PV	1,88	0,10	AB	
CP	2,15	0,11	AB	CP	1,88	0,09	AB	
TCP	2,03	0,11	B	TCP	1,86	0,09	B	

De acuerdo con la Tabla 4, para los plantines de algarrobo blanco en bandejas se obtuvieron valores mayores de DAC en PV y T que en TCP, no siendo significativas las diferencias con

respecto a los otros sustratos comparados. Para los plantines producidos en tubetes individuales resultó significativamente mayor en la tierra (T) que en la mezcla de tierra y corteza de pino (TCP), sin diferenciarse de los valores logrados con los demás sustratos (Tabla 4).

Tesón y Díaz (2009, comunicación personal⁴) evaluaron el efecto del tipo de envase y dosis de fertilizante en vivero para plantines de algarrobo blanco, concluyendo que el crecimiento de los plantines estaba favorecido por la utilización de envases de mayores dimensiones (250 cm³) y por la aplicación de fertilizantes.

Díaz (2009) verificó que el crecimiento en diámetro de plantines de algarrobo blanco en corteza de pino en proporciones superiores al 50% estuvo restringido y por lo tanto no califica como sustrato apto para uso en *P. alba*. El mismo autor sugiere utilizar contenedores de 168 cm³ versus los de 93 cm³ para obtener plantines de mayores dimensiones.

Tabla 5. Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para altura total en bandeja y tubete para algarrobo blanco

Bandeja				Tubete			
Sustrato	Medias	EE	Grupo	Sustrato	Medias	EE	Grupo
CPPV	14.02	0.37	A	T	11.29	0.28	A
CP	12.37	0.36	B	CP	10.72	0.27	AB
T	12.26	0.37	B	CPPV	10.71	0.28	AB
TCP	11.96	0.37	B	TCP	9.79	0.27	B
PV	10.71	0.36	C	PV	8.30	0.28	C

En cuanto a la altura del algarrobo blanco en las bandejas el mayor valor de esta variable la alcanzaron las plantas cultivadas en el sustrato CPPV diferenciándose significativamente de los restantes sustratos, mientras que el menor valor se registró en el sustrato PV. En tubetes las alturas de los plantines en T fueron significativamente mayores que las de las plantas producidas en TCP y PV (Tabla 5).

Díaz *et al.* (2010), al evaluar el efecto del sustrato sobre la altura total en algarrobo blanco, encontraron que esta variable es muy sensible a la variabilidad en la composición de los sustratos, concluyendo que el mayor crecimiento en altura se produjo en el sustrato compuesto por la mezcla de corteza de pino compostada y coco soil en proporción 1:1. Así mismo, Rosenberger *et al.* (2011) evaluaron tres sustratos para determinar el efecto sobre variables como longitud de tallo y de raíz entre otras, recomendando usar como sustrato la mezcla de tierra con resaca (30 y 70% respectivamente) para la producción de plantines de algarrobo blanco. Pérez *et al.* (1993), por su parte, evaluaron la incidencia de cuatro tamaños de envases de polietileno (510, 704, 707, 848 cm³) en el desarrollo de plantines de algarrobo blanco, concluyendo que los mayores crecimientos en diámetro y altura se obtuvieron en el envase de mayor volumen (848 cm³). Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo no concuerdan con lo concluido por esos autores, ya que los mayores crecimientos se obtuvieron en el contenedor de menor tamaño (90 cm³) y los sustratos con distintas proporciones de corteza de pino permitieron obtener plantines con características morfológicas deseables para el periodo de producción considerado, es decir que los plantines cuenten con diámetro y altura total promedio de aproximadamente 2 mm y 12 cm respectivamente, y que la relación entre la altura y el diámetro (esbeltez) no supere el valor de 8 como indica Mitchell *et al.* (1990, citado por Hunt, 1990). Un plantín puede considerarse apto para ser llevado a campo cuando alcance una altura de 20-25 cm y cuente con un diámetro a la altura del cuello de 2,5 a 3 mm, además las mismas deben verse vigorosas y con buen estado sanitario.

⁴ Tesón, N.; Díaz, D. 2009. Fertilización de plantas de algarrobo blanco (*P. alba*) en vivero. (correo electrónico). EEA Concordia de INTA.

En la Tabla 6 se reportan los resultados para el diámetro al cuello y altura total para algarrobo negro en tubete y en bandeja, de los cuales se evidencia que existen diferencias altamente significativas de esas variables tanto en tubetes individuales como en bandeja.

Tabla 6. Análisis de la variancia (valor F) para el diámetro al cuello y altura total en algarrobo negro en dos tipos de envase

FV	GL	Rasgo	Media Bandeja	Media Tubete	Bandeja Prueba F	Tubete Prueba F
Sustrato	4	Dac (mm)	1,50	1,42	6,05***	15,64***
	4	HT (cm)	11,29	9,30	8,51***	12,87***

*** Significativo al 0,10 %

Al igual que lo discutido para algarrobo blanco (Tabla 3), las diferencias del 5% en diámetro y del 17% en altura total entre envases no son de relevancia en la práctica.

En las bandejas, T logró plantines de algarrobo negro con mayor DAC que el de las plantas en CP y TCP, sin diferencias significativas de esta variable morfológica entre las plantas producidas en los otros sustratos. El diámetro al cuello de las plantas de algarrobo negro en tubetes individuales fue significativamente mayor en las plantas cultivadas en T, respecto de los demás sustratos (Tabla 7).

La altura de las plantas de algarrobo negro en los tubetes individuales fue significativamente mayor en T que en los sustratos CPPV, TCP y PV. En las bandejas, en cambio, las alturas fueron significativamente mayores en las plantas producidas en T y CPPV que en los demás sustratos. Las medias de alturas fueron más homogéneas en las bandejas (Tabla 8).

Tabla 7. Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para diámetro al cuello en bandeja y tubete para algarrobo negro

Sustrato	Bandeja			Sustrato	Tubete		
	Medias	EE	Grupo		Medias	EE	Grupo
T	1,61	0,04	A	T	1,57	0,03	A
CPPV	1,57	0,04	AB	CP	1,41	0,03	B
PV	1,50	0,05	ABC	PV	1,40	0,03	B
TCP	1,40	0,05	BC	CPPV	1,37	0,03	B
CP	1,39	0,04	C	TCP	1,31	0,03	B

Tabla 8. Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para altura total en bandeja y tubete para algarrobo negro

Sustrato	Bandeja			Sustrato	Tubete		
	Medias	EE	Grupo		Medias	EE	Grupo
T	12,86	0,54	A	T	11,08	0,40	A
CPPV	12,75	0,54	A	CP	9,88	0,42	AB
CP	10,34	0,53	B	CPPV	9,22	0,40	BC
PV	10,28	0,55	B	TCP	8,07	0,42	C
TCP	9,74	0,56	B	PV	7,89	0,40	C

Los plantines de algarrobo negro se presentaron mas finos y altos (Tabla 7 y 8) comparados con los de algarrobo blanco que presentaron un crecimiento mas proporcionado de esas dos características en conjunto (Tabla 4 y 5). Estos resultados son concordantes a los encontrados

por Pérez *et al.* (1993) para algarrobo negro probado en diferentes tamaño de envase, y con el ensayo llevado a cabo por Díaz y Tesón (2001), concluyendo que para *P. nigra var. Ragonesei* los mejores resultados en altura total y diámetro se obtienen con suelo como sustrato, en comparación con la mezcla de suelo y corteza de pino compostada en partes iguales.

Pese a las diferencias estadísticas encontradas en las variables evaluadas en ambos envases para las dos especies, en la práctica se considera que las respuestas fueron homogéneas frente a los diversos sustratos. Estos comportamientos diferenciales en diámetro y altura total pueden deberse, de acuerdo a Alvarado y Solano (2002), a que las propiedades físicas de los sustratos no son fijas sino que cambian con el tiempo, con el crecimiento de las raíces, la compactación, el contenido de humedad y de la técnica de llenado. Para *P. nigra* probablemente habría que ampliar el período de producción a más de 90 días, para obtener plantas con un mejor tamaño para su plantación.

Independientemente de los resultados obtenidos en crecimiento en los diferentes tratamientos, hay que mencionar problemas de manejo detectados en algunas situaciones, no expresados en los resultados. En la utilización de tierra como sustrato único, se presentaron varios problemas de encharcamiento durante el riego provocando la muerte de plántulas, además de problemas de remoción de plantas desde el envase al momento de plantación. Por otro lado, los sustratos PV y CPPV presentaron problemas de anclaje de las plántulas recién germinadas, dejando las radículas expuestas y causando la muerte de las plántulas, y en PV al final del ciclo las raíces no llegan a formar bien el cepellón quedando con poca estructura y desarmándose al plantar.

Las plantas de ambas especies obtenidas en este ensayo, una vez llevadas a campo, al mes de plantado presentaron valores altos de supervivencia general (99% en *P. alba* y 92% en *P. nigra*), sin diferencias de importancia entre los diferentes tratamientos. El valor extremo se presentó en *P. nigra*, con un 15% de fallas en las plantas provenientes del sustrato TCP en tubete, y menos del 8% en los demás sustratos. Caro y Hernández (2005) realizaron un ensayo en *P. chilensis* para determinar el tamaño de envase adecuado para el cultivo en vivero de esta especie, utilizando envases de polietileno de tres longitudes (20, 30 y 40 cm) con un diámetro de 10 cm y abiertos por ambos extremos, concluyendo que a campo los plantines que provenían de envases de menor volumen tuvieron una mejor respuesta al trasplante.

Considerando todo lo expuesto anteriormente, se debería elegir aquel sustrato que presente condiciones para obtener plantines con crecimiento aceptable (como los indicados en este trabajo), que cumplan con los requisitos de buena aireación y drenaje, que no presente inconvenientes relacionados a su manejo en el vivero, y accesible para los productores en cuanto a su disponibilidad y costo. La conveniencia del uso de bandejas o tubetes de las dimensiones ensayadas la indicará el manejo operativo que se realice en el vivero.

4. CONCLUSIONES

Los sustratos evaluados presentaron valores óptimos de capacidad de aireación y de retención de agua. La excepción la constituyó el sustrato T con valores de capacidad de aireación del 3%.

En los sustratos CPPV, PV y TCP al aumentar la longitud del contenedor se mejoró la capacidad de aireación, no así para T y CP.

Los plantines de algarrobo blanco y negro tuvieron una buena respuesta en el sustrato T pero no se recomienda su uso en contenedores debido a los problemas de encharcamiento y la difícil extracción de los plantines del mismo.

Los sustratos CPPV y CP permitieron obtener plantines de algarrobo con características deseables y se sugiere su empleo como sustrato por su facilidad de manejo en el vivero y su costo en la región de ensayo.

Los plantines producidos en bandeja de 90 cm³ crecen ligeramente más en un período de producción de 90 días, pero la ventaja del uso de uno u otro envase lo determinará finalmente el tipo de manejo que se desee realizar en el vivero.

5. REFERENCIAS

- Alvarado, V. M. A. y S. J. A. Solano. 2002. "Producción de sustratos para vivero". Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional-VIFINEX. Costa Rica. 47 p.
- Ansorena Miner, J. 1994. "Sustratos: Propiedades y caracterización". Ediciones Mundi-Prensa. 172 p.
- Balzarini, M. G.; L. González; M. Tablada; F. Casanoves; J. A. Di Rienzo; C. W. Robledo. 2008. "Manual del Usuario". Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. 336 p.
- Beltrão Lacerda, M. R.; M. A. A. Passos; J. J. V. Rodrigues; L. P. Barreto. 2006. "Características físicas e químicas de sustratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth)". *Árvore* 30 (2): 163-170.
- Birchler, T; R. W. Rose; O. Royo; M. Pardos. 1998. "La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica". *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 7 (1y2):109-121.
- Bragg, N. C.; B. J. Chambers. 1988. "Interpretation and advisory applications of air-filled porosity (AFP) measurements". *Acta Horticulturae* 221: 35-44.
- Caro, L. A.; L. F. Hernandez. 2005. "Tecnología de la crianza e implantacion de plantines de *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz em la región semiarida pampeana". [en línea]. [Fecha de consulta: 07 de Mayo de 2012] Disponible en: <<http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/biblos/pdf/2005/posters05/266.%20tecnologia%20crianza%20Caro.pdf>>
- Díaz, V. F. 2009. "Comportamiento en vivero de *Prosopis alba* Griseb. según sustratos, tipos de envases y dosis de fertilizante". Tesis de grado. Universidad Nacional de Formosa. 104 p.
- Díaz, V.; V. Pérez; A. Hening. 2010. "Influencia de diferentes sustratos en el desarrollo de plantines de *Prosopis alba* Griseb". XIX Jornadas Forestales de Entre Ríos. [DVD]: [Fecha de consulta: 05 de Marzo de 2013] pp: 1-15.
- Díaz, D. E.; N. Tesón. 2001. "Ensayo de sustratos y fertilizantes para la producción de plantas de algarrobo amarillo *Prosopisnigravar. ragonesei* en vivero". Poster. XVI Jornadas forestales de Entre Ríos. [en línea]: [Fecha de consulta: 03 de Mayo de 2012] Disponible en: <<http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/biblos/pdf/2001/posters%202001/126%20Poster%209%20Diaz%20-teson%20Prosopis.pdf>>
- Domínguez Lerena, S. 1997. "La importancia del envase en la producción de plantas forestales". *Quercus* 134: 34-37.
- García, M. A.; D. E. Díaz; M. Alorda; C. Gallardo; O. Valenzuela. 2005. "Características de los sustratos utilizados por los viveros forestales". *IDIA XXI* 8: 57-59.
- Gomes, J. M.; L. Couto; H. Garcia Leite; A. Xavier; S. L. Ribeiro Garcia. 2003. "Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K". *Árvore* 27 (2):113-127.
- Hunt, G. A. 1990. "Effect of styroblock design and copper treatment on morphology of conifer seedlings". *En*: Rose, R.; Campbell, S. J.; Landis, T. D. Proceedings, Western forest nursery association. Department of agriculture, Forest service, Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station. Pp: 13-17. Fort Collins, U. S.
- Joseau, M. J.; M. Ledesma; A. Verga; C. Carranza. 2006. "El cultivo del algarrobo : obtención de semilla, vivero y plantación del algarrobo: con especial referencia al Chaco árido argentino". Ediciones INTA, 32 p.
- Jozami, J. M.; J. de D. Muñoz. 1984. "Arboles y arbustos indigenas de la provincia de Entre Ríos". 3ed. IPNAYS. Santa Fe. 421 p.

- Landis, T. D. 1990. Contenedores y medios de crecimiento. En: Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Volumen dos. p 1-89. Agric. Handbk. Washington, DC.
- Leyva Rodríguez, F.; R. Rosell Pardo; A. Ramírez Rubio; I. Romero Rosa. 2008. “Manejo de endurecimiento por riego para elevar la calidad de las plnatas de *Eucalyptus sp* cultivados en vivero de la unidad Silvicola Campechuela. Universidad de Granma, Cuba”. [en línea]. [Fecha de consulta: 23 de Septiembre de 2013]. 14 p. Disponible en: <http://www.newsmatic.e-pol.com.ar/index.php?pub_id=99&sid=635&aid=42947&eid=50&NombreSeccion=Ecolog%C3%83%C2%ADa&Accion=VerArticulo>
- Mexal, J. G. y T. D. Landis. 1990. “Target seedling concepts: Height and diameter”. In: Rose, R.; Campbell, S. J.; Landis, T. D. Proceedings, Western forest nursery association. Department of agriculture, Forest service, Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station. Pp: 17-35. Fort Collins, U. S.
- Navarro, R. M; P. Villar Salvador; A. Del Campo. 2006. “Morfología y establecimiento de plantones”. En: Cortina, J.; Peñuelas, J. L; Puértolas, J.; Savé, R.; Vilagrosa, A. Calidad de la planta forestal para restauración en ambientes mediterráneos. Pp. 67-88. DGB. Ministerio de Medio Ambiente, Serie Forestal. Madrid.
- Oliveira Cunha, A.; L. Alves de Andrade; R. de L. Alcântara Bruno; J. A. Lopes da Silva; V. Camelo de Souza. 2005. “Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl”. *Árvore*29 (4):507-516.
- Parra de Araújo, A.; S.de Paiva Sobrinho. 2011. “Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos”. *Árvore* 35(3), Edição Especial, p.581-588.
- Pérez, V. R.; R. Oviedo; M. Cañete; R. Greca. 1993. “Efectos del envase, tamaño de la semilla y poda del tallo en el desarrollo de *Prosopis alba* Gris y *Prosopis nigra* Gris en vivero”. En: Congreso forestal argentino y latinoamericano. Relatorios y trabajos voluntarios. Comisión V: Bosques Nativos. Paraná, Entre Ríos.
- Ribeiro, D.; H. M. Ribeiro. 2000. “Forest nursery techniques used in Portugal”. General Directorate of Forests and Department of Agriculture and Environmental Chemistry, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal [en línea]: [Fecha de consulta: Mayo de 2002]. Disponible en: <<http://www.isfe2000.com/ISFE/riberio.html>>
- Rosenberger, L.; E. Spahn; M. Prand; J. Casermeiro; A. Ronconi; A. M. H. Martinez; D. Mesa; A. Muller; A. De Petre. 2011. “Sustratos para la reproducción de especies leñosas nativas”. II Congeso Nacional de protección y manejos sustentable de bosque nativo. Villaguay, Entre Ríos. pp. 55-56.
- SAS Institute Inc. 2009. Cary, N.C.; USA.
- Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 2007. “Primer inventario nacional de bosques nativos”. Segunda etapa. Inventarios de campo de la Región del Espinal, Distritos del Calden y Ñandubay. Proyecto de bosques nativos y areas protegidas BIRF 4085-AR. República Argentina. [en línea]: [Fecha de consulta: 03 de Mayo de 2012]. 223 p. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/PINBN/ESP/2da_etapa/esp_informe_2etp_pinbn.pdf>
- Steel, R. G. D; J. H. Torrie. 1988. “Bioestadística: Principios y procedimientos”. McGraw-Hill/Interamericana de Mexico. Mexico. 622 p.
- Stewart, N. 1986. “Production of bark for composts”. International plant propagators society. Proceedings 35: 454-458.
- Villar Salvador, P. 2003. “Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación”. En: Rey-Benayas, J. M.; Espigares Pinilla, T.; Nicolau Ibarra, J. M. Restauración de ecosistemas mediterráneos. Pp: 65-86. Universidad de Alcalá, Asociación española de ecología terrestre. España.

