



Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ciencias Agrarias



TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

MODALIDAD TESINA

TÍTULO: “Poda química de raíces en plantines de *Prosopis alba* producidos en contenedores”.

ALUMNO: Sr. LUCAS MARTIN RONCAGLIA.

DIRECTOR: Dra. Claudia Luna.

2019

Lugar de trabajo: Facultad de Ciencias Agrarias

I-AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) a través de su Unidad Académica, la Facultad de Ciencias Agrarias y en ella a todos los docentes que he tenido el honor de conocer en esta casa de estudios. Por la excelencia, el compromiso a la hora de transmitir sus conocimientos, por la dedicación y la calidez que he recibido durante estos años de estudio.

A mi directora de tesis Ing. Agr. (Dra.) Claudia Luna quien me ha permitido concretar este trabajo final de graduación, por su buena predisposición durante este proceso.

A mi familia y amigos por todo el amor y acompañamiento brindado durante este tiempo, quiero que sientan que este objetivo alcanzado también es de ustedes y que la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue gracias a su apoyo incondicional.

II-RESUMEN

Prosopis alba es un recurso forestal ampliamente distribuido en el mundo y en nuestro territorio nacional por ser una especie multipropósito para forraje, alimento humano, leña, carbón, madera, tintóreo. Por ello en la Argentina y países limítrofes comenzaron a realizarse experiencias sobre cultivo de especies de *Prosopis* y sobre diversos métodos de propagación. Actualmente se considera que plantines de buena calidad son aquellos cuyas raíces están en capacidad de producir un crecimiento explosivo una vez llevados al sitio de plantación. El objetivo del presente estudio fue evaluar la utilización de la poda química de raíces en plantines de *Prosopis alba* producidos en contenedores. Se evaluaron dos tipos de contenedores (cuadrados y circulares), con y sin repicante químico. Se midieron caracteres morfométricos de las plantas hasta 120 días posteriores a la siembra. Tanto el tipo de contenedor como la aplicación del repicante químico a base de cobre no resultaron significativos en cuanto a la altura de planta; no así para diámetro a la altura del cuello y tasa de crecimiento absoluto donde hubo diferencia significativa con el uso del contenedor cuadrado y en la relación altura del tallo/longitud de la raíz principal independientemente del uso o no del repicante químico. En el Índice de Calidad de Dickson se registraron diferencias significativas en el uso de los diferentes contenedores, en favor del cuadrado y además se observa el mismo efecto con el uso del repicante químico. La presencia del repicante demostró tanto en el largo de raíz principal como en el área radical diferencia significativa independientemente del tipo de contenedor. Los pesos secos de raíz y aéreos mostraron diferencia significativa, favoreciendo al uso de contenedor cuadrado. La relación peso seco raíz/peso seco aéreo se vio favorecida en contenedores cuadrados; mientras que peso seco aéreo/peso seco raíz fue mayor en contenedores circulares, ambos con repicante químico. Por último, el coeficiente de esbeltez demostró diferencias significativas a partir de los 90 días de cultivo favorable al uso de los contenedores circulares, pero no así entre el uso o no de repicante químico. Los resultados obtenidos permiten concluir que la implementación de la poda química de raíces en el sistema de producción de plantines de *P. alba* producidos en vivero, favorece la disminución de malformaciones radicales permitiendo la formación de un sistema radical más denso independientemente del tipo de contenedor o tubete que se utilice mejorando, además, la mayoría de los caracteres morfométricos analizados.

III-INTRODUCCION

El género *Prosopis* se encuentra ampliamente distribuido en distintas regiones del mundo; América con 40 especies de *Prosopis* tiene dos centros de diversidad; el principal con 32 especies, se encuentra en Argentina, Chile y Paraguay y con 7 especies México y el Sur de los EE. UU; únicamente *Prosopis juliflora* es nativa del Centroamérica (Fagg y Stewart, 1994).

En la Argentina se distribuyen 28 especies de *Prosopis* en ambientes áridos y semiáridos; y ocupan el 70 % de la superficie del territorio argentino (López, 2005). *Prosopis alba* es muy abundante en la zona centro y norte del país, áreas pertenecientes a las provincias fitogeográficas del Chaco, Espinal y del Monte (Ledesma *et al.*, 2008).

P. alba resulta una especie a considerar para restauración ambiental de áreas degradadas o en sistemas sustentables de producción forestal por su tolerancia a la sequía, condiciones edáficas adversas (salinidad y alcalinidad), napas freáticas altas (Villagra, 2000) y su capacidad de fijar nitrógeno de forma biológica al establecer relaciones simbióticas con diferentes géneros de rizobacterias (Iglesias *et al.*, 2007). Es una especie multipropósito para forraje, alimento humano, leña, carbón, madera, tintóreo (Giménez *et al.*, 2001; López, 2005; Di Marco, 2013).

En la Argentina y países limítrofes comenzaron a realizarse experiencias sobre cultivo de especies de *Prosopis* y sobre diversos métodos de propagación (Galera, 2000; Galera y Arias, 2003; ProSoBo, 2007), dada la necesidad de dirigir los esfuerzos hacia su desarrollo y domesticación, para aumentar la sustentabilidad de los sistemas productivos y recuperar áreas degradadas, además de revertir el agotamiento del recurso (Verga, 2000).

Las plantas producidas en vivero, generalmente, tienen mejor prendimiento y mayor crecimiento una vez llevadas al sitio de plantación; esto se debe a dos razones fundamentales, primero, en el vivero es posible proveer a las plántulas del agua y los nutrientes necesarios de manera controlada, es decir evitar los periodos de estrés que se producen en la naturaleza debido a la fluctuación de las precipitaciones o deficiencias de nutrientes en el suelo. Segundo, en el vivero es posible controlar el desarrollo de las raíces de manera de promover la formación de un sistema fibroso, de gran volumen y relativamente superficial, lo que permite obtener una planta con una relación raíz/tallo mucho más favorable para soportar el trasplante. Actualmente se considera que plantines de buena calidad son aquellos cuyas raíces están en capacidad de producir un rápido crecimiento una vez llevados al sitio de plantación (Buamscha *et al.*, 2012).

Los plantines producidos en contenedores poseen una serie de ventajas sobre otros sistemas de producción como las bolsas plásticas o a raíz desnuda; como ser una mejor tolerancia a la manipulación, almacenamiento, transporte y plantación, un menor tiempo de producción, una mayor homogeneidad del material producido y una mayor tolerancia a estrés pos-plantación (Brissette *et al.*, 1991; Grossnickle y El-Kassaby, 2016).

Un inconveniente en la producción de plantas en contenedores es la posibilidad de producir deformación de raíces por enrollamiento o retorsión. Estas malformaciones constituyen una problemática para la industria de viveros (Arnold, 1992) y han sido asociadas con incrementos en mortalidad, quiebre de las plantas a la altura del cuello, escaso crecimiento (Harris *et al.*, 1971), poca estabilidad mecánica y susceptibilidad a la sequía después de que la planta es llevada a sitio definitivo (Burdett, 1978; Nichols y Alm, 1983).

Entre las prácticas comúnmente utilizadas para aumentar la calidad de las plantas producidas en vivero y garantizar la supervivencia en el sitio definitivo se utiliza la poda mecánica de raíces antes del trasplante, a la vez que existe la poda neumática que por exposición al aire, se produce en las raíces que logran salir por el orificio de drenaje en las bandejas de propagación; sin embargo, la atención actualmente

se concentra hacia el uso de la poda química de raíces por impregnación del contenedor con repicantes químicos, es decir, productos que inducen la poda química de raíces al inhibir su crecimiento y promover la ramificación. Entre ellos se observa una marcada tendencia hacia el uso de productos en base a cobre por su documentada eficiencia para controlar malformaciones en raíces de especies que permanecen confinadas en recipientes, o aquellas cuyo levantamiento se realiza en contenedores o bandejas de germinación (Ortega *et al.*, 2006).

IV-OBJETIVO

El objetivo del presente estudio fue evaluar la utilización de la poda química de raíces en plantines de *Prosopis alba* producidos en contenedores.

V-ANTECEDENTES

La producción de materiales forestales en contenedores sin ninguna deformación en su sistema radical resulta realmente complicada; ya que se presenta en mayor o menor grado asociada al tiempo de permanencia de la planta en el envase y al diseño del mismo, con una morfología diferente a la presente en las plantas procedentes de siembra directa (Harrington *et al.*, 1989; Rune *et al.*, 1998) o de regeneración natural (Nichols y Alm, 1983). Es bien conocido que procesos como la espiralización del sistema radical pueden causar problemas de estabilidad en campo (Hultén y Jansson, 1978; Balisky *et al.*, 1995; Lindström, 1998; Lindström y Rune, 1999).

Los resultados en la fase de vivero y campo de la aplicación de la poda química dependen siempre de la especie utilizada; pero diversos estudios concuerdan en que la utilización de repicantes químicos aumenta el número de raíces laterales y mejora la distribución y fibrosidad del sistema radical, lo que hace que la planta esté mejor preparada para el trasplante, pudiendo ser una ayuda para solucionar algunos problemas que surgen durante el establecimiento de las plantaciones (Watt y Smith, 1998; Aldrete *et al.*, 1999; Krasowski, 2003).

La poda química se ha utilizado desde los años 60 (Saul, 1968), y se han probado diferentes compuestos químicos como productos de plata, cobalto y sodio, aunque el más eficiente ha sido el cobre (Ticknor, 1989). Entre los compuestos de cobre empleados con éxito para mejorar el sistema radical está el carbonato de cobre (CuCO_3) y el hidróxido de cobre (CuOH_2) (Schuch y Pittenger, 1996; Pomper *et al.*, 2002), por cuanto ésta práctica ha demostrado que contribuye a formar un sistema radical mejor ramificado y más denso en las especies experimentales tratadas. En estos casos las raíces tienden a localizarse dentro del medio de crecimiento y no en la periferia del mismo, resultando un sistema radical mejor distribuido que es más eficiente en la utilización de agua y nutrientes (Arnold, 1992; Aldrich y Norcini, 1994; Gordon, 1995; Svenson y Jonhston, 1995), y en algunos casos, ofrece una mejor respuesta frente a la infección en vivero de la raíz por *Fusarium* (Dumroese *et al.*, 2002).

En numerosos estudios en vivero la poda química de raíces favoreció el crecimiento de las plantas en altura, diámetro, peso seco de raíz y parte aérea y número de raíces finas (Barajas-Rodríguez *et al.*, 2004).

Debido a la inexistencia de antecedentes del empleo de la poda química de raíces en la producción de plantas de *Prosopis* en vivero; se tomaron como referencia los estudios anteriormente expuestos para la realización de esta investigación.

VI- MATERIALES Y MÉTODOS:

Material Vegetal

Se trabajó con semillas de *Prosopis alba* Griseb. provenientes del rodal semillero localizado en el paraje Isla de Cuba (24°15'58"S, 61°54'0"O), en el departamento Matacos de la provincia de Formosa. El mismo se ubica en el extremo oeste de la provincia a orillas del río Bermejo; su temperatura media anual es de 22,8°C y la precipitación media anual de 678 mm.

Conducción en vivero

Las semillas fueron escarificadas mecánicamente, lijadas de forma manual una por una con papel de lija pared tamaño 80. Posteriormente se las introdujo en un recipiente con agua a temperatura ambiente por 24 horas (Figura 1) y se sembró una semilla por contenedor.

Se utilizaron dos tipos de contenedores: tubetes individuales de plástico cuadrado rígido (11,5 cm de altura y 138 cc de volumen) (TC) y tubetes individuales de plástico circular rígido (13 cm de altura y 160 cc de volumen) (TR).

El ingrediente activo con cobre utilizado en la experiencia fue hidróxido de cobre (CuOH₂) al 12% en mezcla con látex al agua de secado inmediato. Se procedió a la aplicación de la mezcla recubriendo los alvéolos del interior de los contenedores (Figura 2) previo a la carga del sustrato.

El sustrato utilizado fue corteza de pino compostada, sin fertilizante.

Se evaluaron cuatro tratamientos:

- T1) Tubetes individuales de plástico cuadrado rígido (TC), con cobre
- T2) Tubetes individuales de plástico cuadrado rígido (TC), sin cobre
- T3) Tubetes individuales de plástico circular rígido (TR), con cobre
- T4) Tubetes individuales de plástico circular rígido (TR), sin cobre.

La siembra fue realizada en noviembre de 2015. El cultivo se efectuó en invernáculo provisto de termómetro y psicrómetro para el registro de humedad relativa. La radiación PAR dentro del mismo fue asentada a las 12hs durante todo el ensayo y mediante un sensor cuántico LI-190R; se registraron valores de 1.600 a 1.800 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Las temperaturas mensuales media para los 4 meses (120 días) de evaluación fueron de 23°C (noviembre 2015), 26°C (diciembre 2015), 28°C (enero 2016) y 28°C (febrero 2016). El riego fue manual con regadera y se determinó la necesidad mediante lecturas de tensiómetro (IRROMETER, modelo R), tomando como referencia los valores de 30 a 60 Cb para realizarlo. La calidad de agua empleada se corresponde a C2S1 según las normas Riverside (Richards, 1980). Las bandejas se mantuvieron en mesas de cultivo sobre elevadas con fondo de rejilla para facilitar la poda aérea o neumática de las raíces (Figura 3).

Medición de caracteres morfométricos de las plantas

A los 30, 60, 90 y 120 días posteriores a la siembra se registraron las variables altura (H) desde el nivel del sustrato hasta el ápice de la planta (Chavasse, 1980) mediante el uso de regla plástica graduada en mm y diámetro a la altura de cuello (DAC) (Puttonen, 1997) medido con un calibre graduado en mm.

Al finalizar el ensayo se cosecharon la totalidad de las plantas, limpiando los cepellones separando las raíces del sustrato, para poder así medir la longitud de la raíz principal (LR) desde el cuello de la planta y en toda su extensión (Böhm, 1979) y el área de la raíz (AR) (Harrington *et al.*, 1994) que designa la extensión de la superficie ocupadas por las raíces en el sustrato; para ello se procedió a documentar fotográficamente todas y cada uno de los individuos para luego emplear el programa morfométrico ImageJ Versión 1,52p (Rasband, 2007.) (Figura 4).

Posteriormente las plantas se colocaron en bolsas de papel y fueron llevadas a estufa a 80°C (BIOELEC, modelo 2, Buenos Aires, Argentina) por 72hs hasta llegar a peso constante, determinándose

luego el peso seco de la raíz (PSR) y peso seco aéreo (PSA) (South, 2000) con una balanza electrónica de alta precisión.

Con los datos obtenidos se calcularon los siguientes índices y coeficientes:

Relación altura del tallo/longitud de la raíz principal (AT:LR): se calculó con las medidas promedio tanto de la longitud del tallo como la longitud de la raíz principal. Para el cálculo de la constante se utilizó la siguiente ecuación (Dalmasso *et al.*, 1994; Prieto-Ruiz *et al.*, 1999):

$$\mathbf{AT:LR} = \frac{\text{Longitud del tallo (cm)}}{\text{longitud de la raíz (cm)}}$$

Relación PSA/PSR: relación parte aérea/parte radical a partir de los pesos secos de la parte aérea y radical (Fontana *et al.*, 2018).

Relación PSR/PSA: relación raíz/parte aérea a partir de los pesos de raíces, tallos, pecíolos y hojas (Hunt, 2003; Albacete *et al.*, 2008; Bozokalfa, 2008).

Coeficiente de esbeltez (CE) (Oliveira, 1988): es la relación entre la altura de la planta (cm) y su diámetro (mm), siendo un indicador de la densidad de cultivo. Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{CE} = \frac{H \text{ (cm)}}{DAC \text{ (mm)}}$$

Tasa de crecimiento absoluto (AGR), g día⁻¹ de una planta u órgano para cualquier instante de tiempo (t); AGR se define como el incremento de masa seca de material vegetal (dW) por unidad de tiempo (Di Benedetto y Tognetti, 2016). Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{AGR} = \frac{dW}{dt}$$

Índice de Calidad de Dickson (ICD): este índice ayuda a determinar la calidad de las plantas producidas en vivero, con la siguiente ecuación (Dickson *et al.*, 1960). Se calculó mediante la ecuación:

$$\mathbf{ICD} = \frac{\text{Peso Seco Total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diametro (mm)}} + \frac{\text{Peso Seco Aéreo (g)}}{\text{Peso Seco Radical (g)}}}$$

Método estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos en un arreglo factorial 2×2. La unidad experimental incluyó 60 tubetes por tratamiento distribuidos en 3 repeticiones con 20 semillas cada uno. Los datos fueron tratados estadísticamente con el software Infostat versión 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018), y se compararon las medias con la prueba de Tukey (p≤0.05).

VII-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla N° 1 se encuentran registrados los resultados de altura (H), diámetro a la altura del cuello (DAC), peso seco de las partes aérea y radical, longitud de raíces (LR) y área de raíces (AR) a los 120 días de siembra de plantines de *P. alba* cultivados en dos tipos de contenedores con o sin repicante químico.

Con respecto a la altura (H) de planta obtenida en esta experiencia se pudo observar que no existe diferencia significativa para el tipo de contenedor ni para el tratamiento con repicante químico; los resultados son similares a los publicados por Fontana *et al.* (2018) para el mismo germoplasma utilizado (23,03 cm a los 120 días); inclusive algo superior cuando se utilizó repicante químico (28,5 ±4,88 cm). La altura de las plantas se encuentra dentro de la escala mencionada por Joseau *et al.* (2013) para la especie (21 a 45 cm) y lo referido por DPF-INTA (2014) en cuanto a las características de un plantín competente: edad comprendida entre los 3 a 6 meses, 25 a 35 cm de altura.

En cuanto a la influencia de la poda química en la altura, el efecto registrado en esta experiencia se encuentra registrado en *Pinus pinaster* por Cabal *et al.* (2005), utilizando dosis de repicante químico a base de Cobre en dosis mucho menores. En *Pseudotsuga menziesii* producidas en contenedores, la poda química incrementó 5 a 16% la altura de plantas (Dumroese *et al.*, 2002); similar efecto fue publicado por Mateo Sánchez *et al.* (2014) en *Acacia retinodes* utilizando igual dosis de repicante químico que en esta experiencia.

En el caso del diámetro a la altura de cuello (DAC), se registraron valores mayores cuando se utilizó el contenedor cuadrado independientemente del uso o no del repicante químico a base de cobre; pero sí demostró mayores valores al utilizarlo en contenedores cuadrados. Según lo reportado por Castro-Garibay *et al.* (2018), el diseño del envase tiene efecto en las características morfológicas de las plantas; además el volumen y el diseño del envase son las variables con mayor impacto en el tamaño de la planta en vivero; en particular para la conformación estructural del sistema radical y, por consiguiente, de la supervivencia en campo (Jacobs *et al.*, 2005; Prieto-Ruiz *et al.*, 2006; Grossnickle, 2012). Si bien en esta experiencia se utilizaron contenedores de diferente forma y capacidad, los mejores resultados se obtuvieron con la forma cuadrada y menor capacidad de sustrato.

Los pesos secos de las partes aérea (PSA) y radical (PSR), también se vieron sensiblemente favorecidos por el uso de contenedores cuadrados y aunque, las diferencias son significativas muestran valores algo superiores al haberse utilizado el repicante químico. El valor mayor parece que es consecuencia de la poda que causan esos envases, con el aumento de la cantidad de raíces vivas (Sánchez-Aguilar *et al.*, 2016), más eficientes para suministrar agua y nutrimentos a las plantas en campo.

Por otra parte, desde la introducción de la primera generación de contenedores forestales en la década de los 70, se han evaluado muchos sistemas de cultivo diferentes. Los más habituales son los contenedores de paredes rígidas con orificio de drenaje en su parte inferior y los contenedores de paredes no rígidas (ej. *Paperpot*). A finales de los 70 estos contenedores fueron sustituidos por otros con estrías verticales que contribuyeron a disminuir las deformaciones y mejoraron la estabilidad en campo; estudios posteriores demostraron que estos contenedores mejoran con limitaciones la estructura radical (Lindström, 1994), ya que su efecto positivo está fuertemente condicionado por la gestión de producción (fertilización, riego, sustrato, etc.), así como por el tiempo de permanencia de la planta en vivero (Lindström, 1998).

Para solucionar los problemas de alteraciones radicales condicionadas por los contenedores se ha recurrido tradicionalmente al repicado de las raíces, el cual mejora el desarrollo radical y favorece un mayor crecimiento y desarrollo de la planta (Burdett, 1978). En cualquier caso, en la actualidad existen varias alternativas no excluyentes entre sí para facilitar el repicado: ventilación lateral en las paredes del contenedor e impregnación del contenedor con repicantes químicos (generalmente sales de cobre) (Struve, 1993; Rone, 2003). La aplicación de una capa de cobre que recubra los alvéolos de la bandeja produce inhibición del proceso de división celular en el ápice de la raíz, por lo que, al contacto de las raíces con esa

barrera química cesa su crecimiento, generándose nuevas raíces laterales que sucesivamente se van ramificando al alcanzar la pared del contenedor (Rossi *et al.*, 2008), esto favorece la formación de un sistema radical más fibroso y ramificado que se distribuye por todo el contenedor.

Tanto la longitud de raíces como el área de raíces, evidentemente se vieron favorecidos por el uso del repicante químico independientemente del tipo de contenedor utilizado. El efecto contrario fue registrado por Arboleda *et al.* (2002) en dos especies latifoliadas arbóreas como reacción a la presencia del repicante químico; mientras que en *P. radiata* los tratamientos con cobre mostraron una clara tendencia a la formación de una mayor cantidad de raíces (Cabal *et al.*, 2005). En *Pinus greggii* la poda química de raíz aumentó significativamente la proporción de raíces con un notorio efecto sobre las características morfológicas de las plantas (Barajas-Rodríguez *et al.*, 2004).

En la tabla N° 2 se registraron los resultados obtenidos para Índice de Calidad de Dickson (ICD), relación peso seco raíz/peso seco aéreo (PSR/PSA), relación peso seco aéreo/peso seco raíz (PSA/PSR), coeficiente de esbeltez (CE) a los 30, 90 y 120 días desde la siembra; y relación altura/longitud de raíz (H/LR) y tasa de crecimiento absoluto (AGR) de plantines de *P. alba*.

En el índice de calidad de Dickson (ICD) se registraron diferencias significativas en el uso de los diferentes contenedores, en favor del cuadrado y además se observa el mismo efecto con el uso del repicante químico. Dicho índice es útil para comparar la calidad de plantas de distinto tamaño, debido a que relaciona varios parámetros y establece cuan proporcionada se encuentra la planta en cuanto a tamaño y peso seco que ésta posee (Pérez y Rodríguez, 2016). A mayor ICD mejor calidad de planta, de acuerdo con Sáenz *et al.* (2010) el valor debe ser mayor a 0,5 para calificar a la planta con calidad alta.

Los valores obtenidos en esta experiencia no alcanzan la escala de 0,2 a 0,5 sugerido por Prieto-Ruiz *et al.* (1999); muy por el contrario, son muy bajos; pero otras experiencias realizadas en diferentes *Prosopis* muestran valores bastante diversos; como por ejemplo plantines de *P. laevigata* demostraron valores de 0,11 (Prieto-Ruiz *et al.*, 2013); en *P. juliflora* viverizados por 4 meses dieron un valor de 0,3 para este índice (Rueda-Sánchez *et al.*, 2012); mientras que en *P. hassleri* de 90 días se registraron valores de 0,06 a 0,12 en condiciones experimentales y de 0,05 en producción comercial en vivero (Lupia, 2008); estos últimos más próximos a los informados en esta experiencia. En tanto que experiencias más actuales y en el mismo germoplasma utilizado en esta investigación son los obtenidos por Fontana *et al.* (2018) que en 150 días de viverización las plantas mostraron un índice de 0,13.

Aunque los valores del Índice de Dickson no fueron los esperados en referencia a lo reportado para la especie en estudio, se logró observar que los tratamientos con repicante químico independientemente del tipo de contenedor utilizado demostraron los valores más elevados. Efectos similares se obtuvieron en *Pinus greggii* (Barajas-Rodríguez *et al.*, 2004) y en *Pinus pinaster* (Cabal *et al.*, 2005).

Si bien las relaciones peso seco raíz/peso seco aéreo (PSR/PSA) y peso seco aéreo/peso seco raíz (PSA/PSR) no fueron significativas en esta experiencia; la primera se vio favorecida en contenedores cuadrados con repicante químico mientras que la segunda en contenedores circulares con repicante químico; la escasa existencia de datos referidos al PSR y PSA de plantines de *Prosopis* sp. cultivados en condiciones similares, dificulta la calificación de los valores obtenidos, que permitan decir si las características morfológicas son idóneas para sobrevivir al estrés del trasplante (Martínez *et al.*, 2007). En *Pinus pseudostrobus* valores aparentemente altos, para la variable PSA/PSR se explican porque la planta fue sometida a poda química con sales de cobre, lo cual contribuyó a generar un mejor sistema radical (Aguilera Rodríguez *et al.*, 2015).

En cuanto al coeficiente de esbeltez (CE) si bien a los 30 días no se observan diferencias significativas entre tratamientos; a los 90 días demuestra serlo para el uso de los contenedores redondos o circulares, pero no así entre el uso o no de repicante químico. Este coeficiente indica si las proporciones del plantín son las adecuadas, la resistencia a la desecación por el viento y su crecimiento potencial en sitios secos (Pérez y Rodríguez, 2016).

Existen divergencias entre autores en cuanto al óptimo de CE ya que Thompson (1985) considera como tales valores superiores a 6, en tanto Mitchel *et al.* (1990) menor o igual a 8, y por su parte Quiroz *et al.* (2009) señalan que valores entre 5 y 10 indican una mejor calidad de planta. En esta experiencia en todos los casos se obtuvieron valores elevados entre $8,32 \pm 1,09$ y $20,59 \pm 1,81$. Según Olié (2000) y Pérez y Rodríguez (2016) las plantas con CE altos muestran supervivencia variable y un pobre crecimiento en ambientes rigurosos.

En esta experiencia la relación altura/longitud de raíz (AT/LR) no presenta diferencias significativas y los valores rondaron entre $2,64 \pm 0,16$ y $3,2 \pm 0,16$; Joseau *et al.* (2013) publicó como valor de referencia de esta relación para *Prosopis* valores entre 0,93 y 3,46; y Fontana *et al.* (2018) para plantines de la misma especie otros de 1,58 y 2,29. Las referencias generales indican que en latifoliadas valores por encima de 1 comprometen la supervivencia, aunque por otra parte si el valor medio del lote es muy bajo lo más afectado será el crecimiento.

En general es conveniente adecuar esta relación para la selección del material a las condiciones de plantación definitiva; si las condiciones ambientales son favorables una relación altura/longitud de raíz de 1 favorece la supervivencia del material; mientras que si las condiciones son menos favorables se sugiere utilizar plantines con una relación más próxima a 0,5, y en el caso que en el sitio de plantación exista limitantes de disponibilidad de agua se sugiere relaciones de 1,5 a 2,5 (Prieto-Ruiz *et al.*, 1999).

La tasa de crecimiento absoluto (AGR) se diferencia estadísticamente en el uso de contenedores cuadrados; pero no presenta el mismo efecto en cuanto al uso o no del repicante; aunque disminuyeron su incremento de crecimiento diario en la medida en que no se incluyó la poda química, independientemente del tipo de contenedor utilizado. La biomasa seca acumulada de una planta (u órgano) se incrementa inicialmente a una tasa exponencial, más tarde lo hace linealmente y finalmente crece a una tasa decreciente hasta alcanzar un nivel máximo (“plateau”), lo que se asemeja a una curva sigmoidea (Poorter, 2002). La pendiente (primera derivada) de esta curva es la tasa de crecimiento absoluto (AGR, g día⁻¹, por sus iniciales en inglés “absolute growth rate”) de una planta u órgano (Broadley *et al.*, 2000; 2003; Filho *et al.*, 2009). Para cualquier instante de tiempo (t), AGR se define como el incremento de peso seco de material vegetal (W) por unidad de tiempo. La tasa absoluta de crecimiento indica el cambio de tamaño por unidad de tiempo y ofrece una visión acertada de la acumulación de materia seca (Almanza-Merchán *et al.*, 2016).

VIII- CONCLUSION

Los resultados obtenidos permiten concluir que la implementación de la poda química de raíces en el sistema de producción de plantines de *P. alba* producidos en vivero, favorece la disminución de malformaciones radicales permitiendo la formación de un sistema radical más denso independientemente del tipo de contenedor o tubete que se utilice; mejorando además la mayoría de los caracteres morfológicos analizados: altura de planta, índice de calidad de Dickson, largo de raíz principal, área radical, peso seco de raíz y aéreo, relación peso seco raíz/peso seco aéreo y su inversa, y el coeficiente de esbeltez.

IX-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera Rodríguez, M.; Aldrete, A.; Martínez Trinidad T.; Ordaz Chaparro, V. 2015. Producción de *Pinus pseudostrobus* Lindl. con sustratos de aserrín y fertilizantes de liberación controlada. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7 (34): 7-19.
- Albacete, A.; Ghanem, M.E.; Martínez-Andújar, C.; Acosta, M.; Sánchez-Bravo, J.; Martínez, V.; Lutts, S.; Dodd, I.C.; Pérez-Alfocea, F. 2008. Hormonal changes in relation to biomass partitioning and shoot growth impairment in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. *Journal of Experimental Botany* 59 (15): 4119-4131.
- Aldrete, A.; Suárez A.; Mexal J.G. 1999. Influencia de la poda química sobre la morfología y egresión de raíces en plántulas de *Pinus greggii*. En: IV Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Resúmenes de Ponencias. 24 al 26 de noviembre. Durango, México. 159 pp.
- Aldrich, J. H.; J. Norcini. 1994. Copper hydroxide-treated pots improve the root systems of *Bougainvillea* cuttings. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 107: 215-217.
- Almanza-Merchán, P.; Tovar-León, Y.; Velandia-Díaz, J. 2016. Comportamiento de la biomasa y de las tasas de crecimiento de dos variedades de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en Pachavita, Boyacá. *Revista Ciencia y Agricultura* 13 (1):67-76.
- Arboleda, M.E.; Bautista, D.; Mogollón, N. 2002. Efecto del hidróxido de cobre sobre el crecimiento de las especies arbóreas *Pachyra insignes* y *Andira inermis* en condiciones de vivero. *Bioagro* 14(2): 65-70.
- Arnold, M.A. 1992. Timing, acclimation period, and cupric hydroxide concentration alter growth responses of the Ohio production system. *Journal of Environmental Horticulture* 10(2): 114-117.
- Balisky, A.C.; Saloni, P.; Walli, C.; Brinkman D. 1995. Seedling roots of forest floor: Misplaced and neglected aspects of British Columbia's reforestation effort. *The Forestry Chronicle* 71: 59-65.
- Barajas-Rodríguez, J.E.; Aldrete, J.J.; Vargas H.; López U. 2004. La poda química en vivero incrementa la densidad de raíces en árboles jóvenes de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 38: 545-553.
- Böhm, W. 1979. *Ecological studies: Methods of studying root systems* (Vol. 33). Berlin: Springer. 190 p.
- Bozokalfa, M.K. 2008. Irrigation temperature effects on seedling growth and transplant quality of tomato, pepper and eggplant. *Spanish Journal of Agricultural Research* 1: 120-124.
- Brisette, J.C.; Barnett, J.P.; Landis, T.D. 1991. Container seedlings. In: Duryea ML, Dougherty PM (eds) *Forest regeneration manual*. Kluwer, Netherlands, pp 117-141.
- Broadley, M.R.; Escobar-Gutierrez, A.J.; Burns, A.; Burns, I.G. 2000. What are the effects of nitrogen deficiency on growth components of lettuce. *New Phytologist* 147 (3): 519-526.
- Broadley, M.R.; Seginer, I.; Burns, A.; Escobar-Gutierrez, A.J.; Burns, I.G.; White, P.J. 2003. The nitrogen and nitrate economy of butterhead lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.). *Journal of Experimental Botany* 54 (390): 2081-2090.
- Buamscha, M. G.; Contardi, L. T.; Dumroese, R. K.; Enricci, J. A.; Escobar, R. R.; Gonda, H. E.; Jacobs, D. F.; Landis, T. D.; Luna, T.; Mexal, J. G.; Wilkinson, K. M. 2012. Producción de plantas en viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP) y la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Primera edición. Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-510-209-5.
- Burdett, A. N. 1978. Control of root morphogenesis for improved mechanical stability in container-grown lodgepole pine. *Canadian Journal of Forest Research* 8: 483-488.
- Cabal, A.; Kidelman, A.; Ortega, U.; Duñabeitia, M.; Majada, J. 2005. Influencia de la poda química en la biomasa y desarrollo radical de *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus radiata* D. Don. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14(1): 52-63.
- Castro-Garibay, S.; Aldrete, A.; López-Upton, J.; Ordáz-Chaparro, V. 2018. Efecto del envase, sustrato y fertilización en el crecimiento de *Pinus greggii* var. *australis* en vivero. *Agrociencia* 52 (1): 115-127.

- Chavasse, C. 1980. Planting stock quality: a review of factors affecting performance. *New Zealand Journal of Forestry* 25: 144-171.
- Dalmasso, A.; Masuelli, R.; Salgado, O. 1994. Relación vástago-raíz durante el crecimiento en vivero de tres especies nativas del Monte *Prosopis chilensis*, *Prosopis flexuosa* y *Bulnesia retama*. *Multequina* 35: 35-43.
- Di Benedetto, A.; Tognetti, J. 2016. Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias* 42(3), 258-282.
- Di Marco, E. 2013. *Prosopis alba* Griseb. (Algarrobo Blanco) (Familia Fabaceae, Mimosoideas). Ficha Técnica. Área Técnica Promoción Dirección de Producción Forestal MAGyP. Pp 45-46.
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2018. InfoStat Software Estadístico. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <https://www.infostat.com.ar/>
- Dickson, A.; Leaf, A. L.; Hosner, J. F. 1960. Seedling quality-soil fertility relationships of white spruce and red and white pine in nurseries. *The Forestry Chronicle* 36: 237-241.
- DPF-INTA (Dirección De Producción Forestal; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2014. Avances en la silvicultura del algarrobo blanco. Buenos Aires: MAGyP - UNAF - INTA. 36 pp.
- Dumroese, R. K.; James, R. L.; Wenny, D. L. 2002. Hot water and copper coatings in reused containers decrease inoculum of *Fusarium* and *Cylindrocarpon* and increase Douglas fir seedling growth. *Horticultural Science* 37(6): 943-947.
- Fagg, C. W.; Stewart J.L. 1994. The Value of Acacias and *Prosopis* in Arid and Semi-arid environment. *Journal of Arid Environments* 27: 3-25.
- Filho, B.G.S.; Lobato, A.K.S.; Silva, R.B.; Schimidt, D.; Costa, R.C.L.; Alves, G.A.R.; Oliveira Neto, C.F. 2009. Growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in protected cultivation and open eld. *Journal of Applied Sciences Research* 5 (5): 529-533.
- Fontana, M.; Pérez, V.; Luna, C. 2018. Efecto del origen geográfico en la calidad morfológica de plantas de *Prosopis alba* (Fabaceae). *Revista de Biología Tropical* 66(2): 593-604.
- Galera, F. M. 2000. Los Algarrobos. Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. FAO-UNC. Córdoba. Disponible en: <http://www.fao.org/3/AD314S/AD314S00.htm>
- Galera, F.; Arias, R. 2003. Productividad en cultivo para *Prosopis alba* var. *Panta* y *Prosopis nigra* como madera y forraje no convencional en el NO de Córdoba. 2003. 2º Congreso Nacional sobre manejo de pastizales naturales, San Cristóbal, Santa Fe.
- Giménez, A.M.; Ríos, N.; Moglia, J. G.; Hernández P.; Bravo, S. J. 2001. Evolución de magnitudes dendrométricas en función de la edad en *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae. *Revista Forestal Venezolana* 45 (1): 175-183.
- Gordon, I. 1995. Control of woody root systems using copper compounds. *Combined Proceedings of International Plant Propagators' Society* 45: 211-215.
- Grossnickle, S.C.; El-Kassaby, Y.A. 2016. Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. *New Forests* 47: 1-51
- Grossnickle, S. C. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* 43: 711-738.
- Harrington, C.A.; Brissette, J.C.; Carlson, W.C. 1989. Root System Structure in Planted and Seeded Loblolly and Shortleaf pine. *For Science* 35: 469-480.
- Harrington, C. A.; Zasada, J. C.; Allen, E. A. 1994. Biology of red alder (*Alnus rubra* Bong.). The biology and management of red alder, 3-22.
- Harris, R.; Davis, W.B.; Stice, N.W.; Long, D. 1971. Root pruning improves nursery tree quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 96(1): 105-108.
- Hultén, H.; Jansson, K.A. 1978. Stability and root deformation of pine plants (*Pinus sylvestris*). Royal College of Forest, Department of Reforest Report 93: 84 pp.
- Hunt, R. 2003. Growth analysis, individual plants. En: Murphy, B.T.; Murray, D. (Eds.), *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*: 588-596.

- Iglesias, O.; Rivas, R.; García-Fraile, P.; Abril, A.; Mateos, P.; Martínez-Molina, E.; Velázquez, E. 2007. Genetic characterization of fast-growing rhizobia able to nodulate *Prosopis alba* in North Spain. *FEMS Microbiology Letters* 277 (2): 210-216.
- Jacobs, D. F.; Salifu, K. F.; Seifert, J. R. 2005. Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. *New Forest* 30: 235-251.
- Joseau, J.; Conles, M.; Verzio, G. 2013. Conservación de recursos forestales nativos de Argentina. El cultivo de plantas leñosas en vivero y a campo. Córdoba: Editorial Brujas. 312 p.
- Krasowski, M.J. 2003. Root system modifications by nursery culture reflect on post-planting growth and development of coniferous seedlings. *The Forestry Chronicle* 79(5): 882-891.
- Ledesma, T.; De Bedia, G.; C. López. 2008. Productividad de *Prosopis alba* Griseb. en Santiago del Estero. *Quebracho* 15(1): 5-9.
- Lindström, A. 1994. Stability of young container pine stands. *Canadian silviculture magazine* 2: 16-20.
- Lindström A. 1998. Root deformation and its implications for container-seedling establishment and future quality development. En: Almqvist, C. (ed) *Root development and stability*. 30 September -1 October Garpenberg. SkogForsk, Redogörelse 7: 51-60.
- Lindström A.; Rune G. 1999. Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness. *Plant Soil* 217: 29-37.
- López, C. 2005. Evaluación de la Variación Genética de Especies del Género *Prosopis* de la Región Chaqueña Argentina para su Conservación y Mejoramiento. Capítulo III: Mejores Árboles para más Forestadores. Editor: Carlos Norberto, Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca Pag. 195-203. Buenos Aires.
- Lupia, N. 2008. Efectos del tamaño de semilla, envase y tipo de sustrato en el desarrollo de plantines de *Prosopis hassleri* Harms. Formosa: Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Recursos Naturales. 96 p.
- Martínez, D.; Barroetaveña, C.; Rajchenberg, M. 2007. Influencia del régimen de fertilización y del momento de inoculación en la micorrización de *Pinus ponderosa* en la etapa de vivero. *Bosque (Valdivia)* 28(3): 226-233.
- Mateo Sánchez, J.; Capulín Grande, J.; Araujo Santana, M.; Suárez Islas, A.; Mitjans Moreno, B. 2014. Crecimiento de *Acacia retinodes* Schltdl. en sustratos a base de aserrín de pino y envases tratados con cobre. *Revista Cubana de Ciencias Forestales Vol. 2* (2): 191-202.
- Mitchel, W.; Dunsworth, G.; Simpson, D.; Vyse, A. 1990. Planting and Seeding. En Lavender, R.; Parish, C.; Johnson, G.; Montgomery, A.; Vyse, A.; Willis, R.; Winston, D. (Eds.), *Regenerating British Columbia's Forests* (pp. 235-253). Vancouver: University of British Columbia Press.
- Nichols, T.J.; Alm, A.A. 1983. Root development of container-reared, nursery-grown, and naturally regenerated pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 13(2): 239-245.
- Oliet, J. 2000. La calidad de la postura forestal en vivero. Córdoba, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. 93 p.
- Oliveira, A. 1988. The H/D ratio in maritime pine (*Pinus pinaster*) stands. En Ek, A.; Shifley, S.; Burk, T. (Eds.), *Proceedings of the IUFRO Conference Forest Growth modelling and prediction*. (pp. 881-888). Minneapolis: IUFRO.
- Ortega, U.; Majada, J.; A. Mena, P.; J. Sánchez, Z.; N. Rodríguez, I.; Txarterina, K.; Azpitarte, J.; M. Duñabeitia. 2006. Field performance of *Pinus radiata* D. Don produced in nursery with different types of containers. *New Forests* 31: 97-112.
- Pérez, V.; Rodríguez, H. 2016. Producción de plantines de calidad de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 37 p.
- Pomper, K.W.; Layne, D.R.; Jones, S.C. 2002. Incident irradiances and Cupric Hidroxide container treatment effects on early growth and development of containergrown pawpaw seedlings. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127: 13-19.
- Poorter, H. 2002. Plant growth and carbon economy. En: *Encyclopedia of life science*, Macmillan Publishers Ltd, Nature Publishing Group. Pp: 1-6.

- Prieto-Ruiz, J.; Vera, C.; Merlín, B. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero (Folleto Técnico N° 12). Primera reimpresión. Durango, México: AGARPA - INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. 23 p.
- Prieto-Ruiz, J. A., M. Soto García.; J. C. Hernández Díaz, D. 2006. Efecto del tamaño de envase en el crecimiento de *Pinus engelmannii* Carr. en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 32: 23-38.
- Prieto-Ruiz, J.; Rosales-Mata, S.; Sigala-Rodríguez, J.; Madrid-Aispuro, R.; Mejía-Bojorques, J. 2013. Producción de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl ex Wild.) MC Johnst. con diferentes mezclas de sustrato. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 4(20): 50-57.
- ProSoBo. 2007. Producción de semillas y plantines de árboles nativos seleccionados de la cuña boscosa santafecina - Programa Social de Bosques (ProSoBo). Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional del Litoral) y FUNDAPAZ. Disponible en: <http://www.fca.unl.edu.ar/arbolesnativos/proyecto.html>.
- Puttonen, P. 1997. Looking for the "silver bullet"-can one test do it all? New Forests, 13: 9-27.
- Quiroz, I.; García, E.; González, M.; Chung, P.; Soto, H. 2009. Vivero forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Chile: Informe Centro Tecnológico de la planta forestal. 128 p.
- Rasband, W.S. 2007. ImageJ, US National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Disponible en: <https://imagej.nih.gov/ij/>
- Richards, L. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos: manual N° 60. México: Editorial Limusa. Pp: 75-88.
- Rone, G. 2003. Slits in container wall improve root structure and stem straightness of outplanted Scots Pine seedlings. Silva Fennica 37(3): 333-342.
- Rossi, V.L.; C.V. Talamini do A.; F.D. Fleig. 2008. Crescimento e qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. submetidas à poda química de raízes. Ciência Florestal 18(4): 435-442.
- Rueda-Sánchez, A.; Benavides-Solorio, J.; Prieto-Ruiz, J., Sáenz-Reyez, J.; Orozco-Gutiérrez, G.; Molina-Castañeda, A. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 3(14): 69-82.
- Rune G.; Mattsson M. 1998. Root development in lodgepole pine from direct seeding and planting. [In Swedish with English summary]. En: Almquist C. (red) Root development and stability: Conference held at Garpenberg, Sweden, 30 September - 1 October, 1997. 1998. Ed. The Forestry Research Institute of Sweden Report 7: 82-87.
- Sáenz, R.; Villaseñor, R.; Muñoz, F.; Rueda, S.; Prieto, R. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán (Folleto Técnico No. 17). México: SAGARPA - INIFAP - CIRPAC.
- Sánchez-Aguilar, H.; Aldrete, A.; Vargas-Hernández, J.; Ordaz-Chaparro, V. 2016. Influencia del tipo y color de envase en el desarrollo de plantas de pino en vivero. Agrociencia 50: 481-492.
- Saul, G. H. 1968. Copper safely controls roots of tubed seedlings. Tree Planters Notes 19(1): 7-9.
- Schuch, U. K.; D. R. Pittenger. 1996. Root and shoot growth of *Eucalyptus* in response to container configuration and copper carbonate. Horticultural Science 31(1): 165.
- Svenson, S.; Johnston, D.L. 1995. Rooting cuttings in cupric hydroxide-treated pots affects root length and number of flowers after transplanting. Horticultural Science 30(2): 247-248.
- South, D. 2000. Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth. Forestry and Wildlife Research Series N°1. Alabama. Pp: 1-12.
- Struve, D.K. 1993. Effect of copper-treated containers on transplant survival and regrowth of four tree species. Journal of Environmental Horticulture 11(4): 196-199.
- Ticknor, R. L. 1989. Production of forsythia plants for forcing. Combined Proceedings of International Plant Propagators' Society 39: 115-118.
- Thompson, B. 1985. Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. En M. Duryea (Ed.), Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests (pp. 59-71). Corvallis (Oregon): Oregon State University.

- Verga, A. 2000. Algarrobos como especies para forestación: una estrategia de mejoramiento. SAGPyA Forestal 16: 12-18.
- Villagra, P. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. Departamento de Dendrocronología e Historia Ambiental. IANIGLA-CRICYT. Multequina 9(2): 35-51.
- Watt, K.; Smith, I. 1998. The effect of copper tray treatments on lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) seedlings, and their root growth potential after transplanting. En: C.M. Kooistra (ed). Proceedings of the 1995, 1996, and 1997 annual meetings of the Forest Nursery Association of British Columbia, Canada. (pp. 80-92).

X-ANEXOS

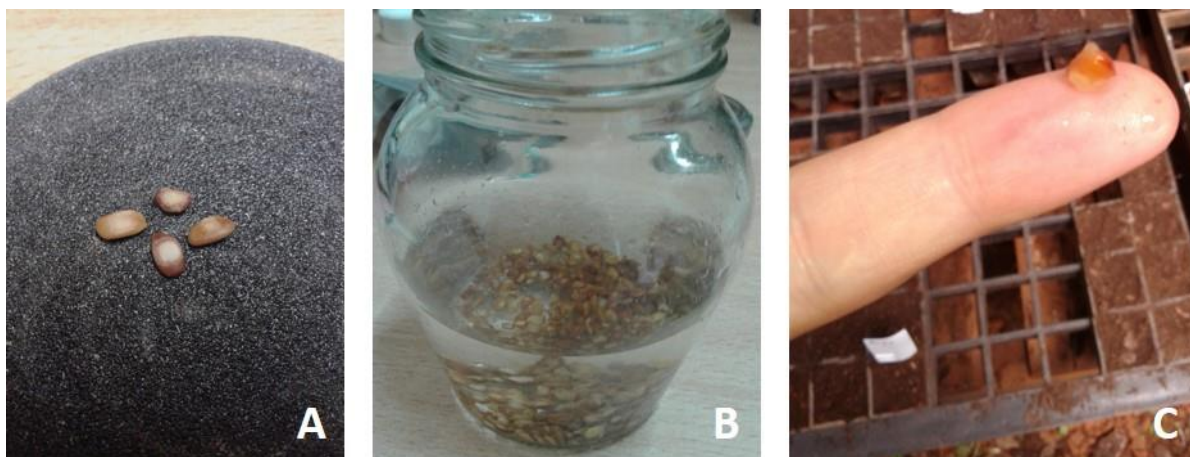


Figura 1. Semillas de *Prosopis alba*. A) Escarificación mecánica; B) Imbibición; C) Semillas en condiciones de ser sembradas.



Figura 2. A) Impregnación de los contenedores con el repicante químico; B) Disposición de los contenedores individuales en bandejas.



Figura 3. Bandejas en mesas de cultivo sobre elevadas con fondo de rejilla para facilitar la poda aérea o neumática de las raíces de plantines de *Prosopis alba*.

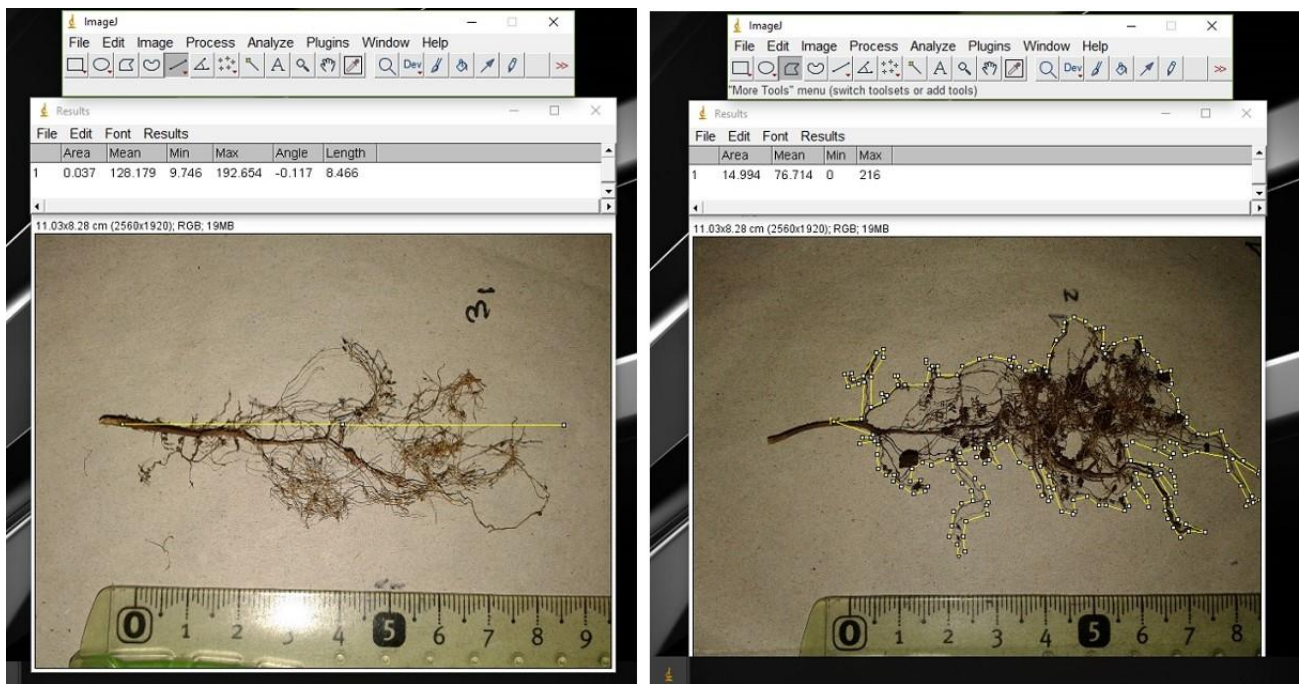


Figura 4. Medición longitud radical (izquierda) y área radical (derecha) de plantines de *Prosopis alba* con el programa morfométrico ImageJ.

Tabla N° 1. Altura (H), diámetro a la altura del cuello (DAC), peso seco de las partes aérea y radical, longitud de raíces (LR) y área de raíces (AR) registradas en plantines de *Prosopis alba* a los 120 días de siembra. Se muestran las medias $\pm$ DE.

		H (cm)			DAC (mm)			PS parte aérea (g)			PS parte radical (g)			LR (cm)			AR (cm ²)		
<i>Contenedor cuadrado</i>	<i>Con Cu</i>	26,9	$\pm$	1,37 Aa	1,72	$\pm$	0,08 Ba	0,32	$\pm$	0,04 Ba	0,21	$\pm$	0,06 Ba	10,11	$\pm$	0,23 Ab	29,23	$\pm$	4,17 Ab
	<i>Sin Cu</i>	26,27	$\pm$	0,56 Aa	1,56	$\pm$	0,20 Ba	0,25	$\pm$	0,03 Ba	0,13	$\pm$	0,03 Ba	9,97	$\pm$	0,80 Aa	16,98	$\pm$	3,40 Aa
<i>Contenedor circular</i>	<i>Con Cu</i>	28,5	$\pm$	4,88 Aa	1,52	$\pm$	0,07 Aa	0,23	$\pm$	0,06 Aa	0,1	$\pm$	0,01 Aa	10,36	$\pm$	0,49 Ab	30,76	$\pm$	2,50 Ab
	<i>Sin Cu</i>	26,63	$\pm$	3,85 Aa	1,4	$\pm$	0,07 Aa	0,18	$\pm$	0,06 Aa	0,09	$\pm$	0,01 Aa	8,32	$\pm$	1,04 Aa	14,54	$\pm$	3,45 Aa

Las letras mayúsculas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre contenedores de sección cuadrada y circular. Las letras minúsculas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre aplicación o no de cobre.

Tabla N° 2. Índice de calidad de Dickson (ICD), relación peso seco raíz/ peso seco aéreo (PSR/PSA), relación peso seco aéreo/ peso seco raíz (PSA/PSR), coeficiente de esbeltez (CE) a los 30, 90 y 120 días desde siembra, relación altura/longitud de raíz (H/LR) y Tasa de crecimiento absoluto (AGR) de plantines de *Prosopis alba* cultivados en dos tipos de contenedores con poda química con Cu o sin él. Se muestran las medias $\pm$ DE.

		ICD	PSR/PSA	PSA/PSR	CE 30 días	CE 90 días	CE 120 días	H/LR	AGR
<i>Contenedor cuadrado</i>	<i>Con Cu</i>	0,03 $\pm$ 0,005 Ab	0,64 $\pm$ 0,15 Aa	1,62 $\pm$ 0,41 Aa	9,79 $\pm$ 1,23 Aa	17,19 $\pm$ 1,62 Aa	15,63 $\pm$ 1,03 Aa	2,66 $\pm$ 0,19 Aa	0,004 $\pm$ 0,0009 Ba
	<i>Sin Cu</i>	0,02 $\pm$ 0,004 Aa	0,53 $\pm$ 0,10 Aa	1,94 $\pm$ 0,39 Aa	9,69 $\pm$ 1,08 Aa	17,09 $\pm$ 1,40 Aa	16,98 $\pm$ 2,09 Aa	2,64 $\pm$ 0,16 Aa	0,003 $\pm$ 0,0005 Ba
<i>Contenedor circular</i>	<i>Con Cu</i>	0,02 $\pm$ 0,001 Bb	0,47 $\pm$ 0,10 Aa	2,21 $\pm$ 0,54 Aa	8,32 $\pm$ 1,09 Aa	19,11 $\pm$ 1,98 Ba	18,71 $\pm$ 2,63 Aa	2,74 $\pm$ 0,34 Aa	0,003 $\pm$ 0,0005 Aa
	<i>Sin Cu</i>	0,01 $\pm$ 0,002 Ba	0,54 $\pm$ 0,12 Aa	1,9 $\pm$ 0,41 Aa	10,18 $\pm$ 0,73 Aa	20,59 $\pm$ 1,81 Ba	19,03 $\pm$ 2,76 Aa	3,2 $\pm$ 0,16 Aa	0,002 $\pm$ 0,0006 Aa

Las letras mayúsculas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre contenedores de sección cuadrada y circular. Las letras minúsculas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre aplicación o no de cobre.