



**FCA**  
Facultad de Ciencias  
Agropecuarias

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ÁREA DE CONSOLIDACIÓN**  
**Sistemas Agrícolas de Producción Intensivos**

**Producción de plantines de calidad de**  
*Aspidosperma quebracho-blanco* Schlttl.



**Perez Virginia, Rodríguez Hugo**  
**Directora: Dra. M. Jacqueline Joseau**

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
· Características de la especie	1
· Distribución y hábitat	1
· Importancia	2
· Importancia económica	2
· Cadena de valor	3
· Avances en la domesticación y fomento	4
· Producción de plantines de calidad	5
· Origen de las semillas	6
· Método de cultivo	6
· Calidad de los plantines	7
· Fertilización biológica	7
<b>OBJETIVOS</b>	9
· Objetivo general	9
· Objetivos específicos	10
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	10
· Material	10
· Exploración de la región noroeste de Córdoba y cosecha de semillas de <i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	10
· Determinación de la calidad de las semillas colectadas	11
· Evaluación de las características de las combinaciones de sustratos a utilizar en relación a su calidad	11
· Establecimiento del sistema de cultivo de plantines de calidad	13
· Siembra	13
· Determinación de la calidad de los plantines en relación a sus características morfológicas	15
· Determinación de la calidad de los plantines en relación a la fertilización biológica	18
· Evaluación del costo del plantín de calidad	19
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	20
· Calidad de las semillas colectadas	20
· Evaluación de las características de las combinaciones de sustratos a utilizar en relación a su calidad	21
· Calidad de los plantines en cuanto a sus características morfológicas	23
· Calidad de los plantines en relación a la fertilización biológica	26
· Costos del plantín de calidad	28
<b>CONCLUSIONES</b>	29
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	31

## INTRODUCCIÓN

Los bosques del planeta brindan beneficios a través de bienes y servicios necesarios para toda la humanidad. Algunos de estos beneficios son directos, tales como la madera, pulpa para papel, captación de agua, resinas, medicamentos, protección de la biodiversidad, conservación de los suelos. También hay servicios que son indirectos o intangibles, como el esparcimiento, fijación de carbono, entre otros (Barrionuevo *et al.*, 2013).

Históricamente, en casi todo el mundo, la regeneración de los bosques no era un tema de importancia mientras la madera constituía un bien abundante. La extracción de materia prima era inferior al potencial de crecimiento de los bosques (Contardi, 2012).

Con el advenimiento de la era industrial, comenzó en todo el mundo una explotación intensiva de los bosques que disminuyó notablemente su superficie. Algunos de los países más industrializados, sobre todo de Europa, recuperaron, en parte, sus bosques. Por otro lado, principalmente en países en vías de desarrollo, comenzó un fuerte proceso de deforestación, debido fundamentalmente a la expansión de la agricultura, la urbanización y la ocurrencia de incendios forestales (Contardi, 2012). Si bien la tasa de deforestación mundial en la última década (13 millones de hectáreas por año) sigue siendo alarmantemente alta, ha sufrido una disminución en relación con la tasa de la década de los 90, que era de 16 millones de hectáreas anuales (FAO, 2010). De todas maneras, considerando que anualmente se establecen en el mundo unos 5 millones de hectáreas de nuevos bosques, el balance demuestra que se pierde unos 8 millones de hectáreas de bosques por año (FAO, 2010).

Los bosques nativos productivos del país, son masas forestales que actualmente siguen siendo utilizadas como “bosques leñeros”, empleados solamente para producir combustibles vegetales (leña y carbón) y ocasionalmente algunas especies, son empleadas para revestimientos, postes y durmientes para ferrocarriles. El escaso o casi nulo valor agregado para estas especies tuvo consecuencias fatales para el ecosistema forestal y también para sus habitantes, ocasionando entre otras consecuencias negativas: pobreza, desertificación, pérdida de la biodiversidad, erosión, migración de sus habitantes, entre otros (Barrionuevo *et al.*, 2013).

Entre las especies nativas se destaca el quebracho blanco, es la especie arbórea más abundante en el Chaco Sudamericano y posiblemente la especie forestal con el mayor rango latitudinal y altitudinal en Sudamérica. Es la especie que “sobrevivió” a la histórica tala indiscriminada, lo que permitiría abastecer de nuevas materias primas a industrias productoras de bienes de alto valor añadido (Barrionuevo *et al.*, 2013).

**Características de la especie.** Árbol de hasta 20 m de altura. Copa cilíndrico-globosa a obcónica; corteza rugosa, gruesa, surcada, de color grisáceo. Porte variable (presenta formas péndulas en árboles adultos). Hojas en verticilos de 3, rígidas, fuertemente coriáceas, ápice agudo, terminando en una espina. Inflorescencias en general multifloras, laterales, de menor longitud que las hojas. Corola blanca, fragante. Folículos gruesos, de 7-12 cm de longitud, de superficie opaca, color verde grisáceo, leñosos. Semillas en número mayor de 15, orbiculares, con ala papirácea concéntrica (Ezcurra, 2005).

**Distribución y hábitat.** Bolivia, Paraguay, Uruguay, y norte y centro de Argentina (Jujuy, Salta, Catamarca, Tucumán, La Rioja, San Juan, Córdoba, San Luis, Formosa, Chaco, Santiago del

Estero, Santa Fe, Corrientes y Entre Ríos). En nuestro país es un elemento característico de la provincia fitogeográfica del Chaco, aunque también penetra en los ecotonos limítrofes con la provincia del Espinal (Ezcurra, 2005).

**Importancia.** Tradicionalmente, esta especie era conocida como planta medicinal. Los tobas usan la decocción de la corteza para curar heridas en forma de lavados y en baños de asiento para ayudar a los alumbramientos en los partos difíciles. En el Noroeste sus hojas y brotes son usados como anticonceptivos y abortivos. También son recomendados como tónico para las personas débiles y raquíticas. Pero su uso más generalizado por los aborígenes de Sudamérica fue el cocimiento de la corteza como remedio para las fiebres intermitentes producidas por el paludismo. En el Departamento Cruz del Eje (Córdoba) se lava la cabeza de los niños con el cocimiento de los frutos con el objeto de combatir los piojos. Se le reconoce como una especie muy melífera. El cocimiento de la corteza se utiliza para teñir de color naranja (Demaio *et al.*, 2002).

La utilidad de esta especie radica en su producción para la obtención de carbón y leña. El carbón de quebracho es un producto de alta calidad, produce una combustión fuerte, lenta y permanente. Su poder calorífico es de 40.000 kJ/kg. Esta industria está muy difundida en Santiago del Estero que, sin embargo, resulta ser la más irracional (Tortorelli, 2009).

La madera es el producto de la actividad forestal, y también, es la materia prima de la etapa industrial de diferentes productos. Las propiedades del material leñoso pasan a ser sus cualidades o defectos en el momento de ser utilizado en los distintos procesos industriales. Las propiedades físicas de la madera comprenden las diferentes características derivadas de la estructura leñosa y permiten inferir sobre las cualidades y aptitudes para sus aplicaciones. Entre ellas se destacan una densidad de 880 kg/m<sup>3</sup>, por lo que se considera madera pesada; contracción radial 4,4 %; contracción tangencial 8,2 %; contracción total volumétrica 16,8 %; modulo de elasticidad 9,172 N/mm<sup>2</sup>; flexión 96 N/mm<sup>2</sup>; compresión axial 40 N/mm<sup>2</sup> (IFONA, 2004). Su dureza longitudinal, que es de 104,62 N/mm<sup>2</sup> (Galíndez, 2004), buenas propiedades visuales y buen acabado, hacen que esta madera sea una materia prima importante para la fabricación de suelos de madera, parquet y otros bienes durables (García Esteban *et al.*, 2003). Para utilizarla en la construcción de durmientes y en exteriores se le debe hacer una impregnación con preservante químico para evitar su putrefacción.

La madera es dura, pesada y flexible, de grano oblicuo y entrecruzado; vetado suave y duramen amarillo ocre rosáceo. Posee buenas características tecnológicas en relación con la dureza y trabajabilidad, pero presenta ciertas dificultades debido a su elevada higroscopicidad, escasa estabilidad dimensional y dificultades en el secado. Por ello, tiene tendencia a sufrir contracciones y alabeos. Mal secada, tiende a colapsar, produciendo deformaciones y roturas, por lo que ese proceso debe ser lento (Moglia *et al.*, 2009). El rollizo tiene una longitud útil de 4 m, y un diámetro a la altura del pecho promedio de 40 cm (Tortorelli, 2009).

**Importancia económica.** El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina presenta cada año un resumen de las transacciones de productos forestales. Los productos de quebracho que se comercializan se publican en el capítulo 44, correspondiente a madera, carbón vegetal y manufacturas de madera. La balanza comercial a nivel nacional que surge entre las exportaciones e importaciones para el capítulo 44 entre 2013 y 2014 fue positiva pero con aumento de los volúmenes exportados y disminución de las importaciones. En

valores económicos esto significó un movimiento de divisas de 15,9 millones de dólares para 2013 y 42,5 millones de dólares para el 2014 (Tabla 1). Como resultado del aumento de las exportaciones en el año 2014, el ingreso de divisas asciende a 26,591 millones de dólares respecto al año 2013.

Tabla 1. Exportaciones e Importaciones de madera, carbón vegetal y manufacturas de madera

	Exportaciones		Importaciones		Balance
	Peso neto Toneladas	Millones de Dólares	Peso neto Toneladas	Millones de Dólares	Millones de Dólares
2013	176,197	86,889	48,146	70,984	15,905
2014	218,937	105,999	42,933	63,503	42,496
Diferencia	42,74	19,11	-5,213	-7,481	26,591

**Cadena de valor.** Los bosques naturales e implantados desempeñan una función primordial como fuente de materias primas para las industrias que fabrican productos a base de madera y fibra con destino a la construcción de viviendas, tableros para muebles, papel para imprimir y escribir, etc. Estas industrias forestales constituyen una parte importante del sector industrial del país y de las actividades que permiten obtener y ahorrar divisas a través de la exportación y de la sustitución de importaciones. Casi todos los productos que se obtienen en la primera fase de elaboración de la madera -madera aserrada, tableros contrachapados, pasta de madera, entre otros- son utilizados por otras industrias para fabricar muebles, embalajes, papel de periódico, etc. Por consiguiente, la presencia de bosques e Industrias forestales estimula la actividad económica, el empleo y los ingresos (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2013).

Las actividades que forman parte de la cadena de producción del sector forestal argentino incluye diferentes etapas, como la producción primaria (producción de material de propagación, la producción forestal propiamente dicha y las tareas de aprovechamiento en bosque), las actividades industriales (producción de madera aserrada, remanufacturas, tableros reconstituidos, chapas, contrachapados, muebles, pasta celulósica, papel y cartón). La última etapa es la de servicios (transporte, comercialización) (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2013).

La madera del quebracho blanco presenta el problema de un difícil secado y elevada inestabilidad dimensional. Si el secado no se realiza adecuadamente, se obtiene un bajo porcentaje de tablas aceptables, la mayoría de la madera obtenida sería inestable dimensionalmente. Debido a ello esta especie es subutilizada como carbón, o vendida como leña, y en el mejor de los casos es aserrada para ser comercializada a muy bajo precio como madera para “pallets”, durmientes impregnados y varillas para alambrados. Si el proceso de secado se realiza correctamente, se logrará una madera de calidad que permita la elaboración de productos industriales de mayor valor, tales como pisos, revestimientos, partes de mobiliario. En la Figura 1 se observa la cadena de valor del sector foresto-industrial argentino, resaltando los procesos en los que participa el quebracho blanco.

La cadena de valor (Figura 1) comprende actividades primarias (logística interna, operaciones, logística externa, marketing y ventas y servicio postventa) y actividades de apoyo

(adquisición de insumos, investigación y desarrollo para la mejora del producto y/o proceso de producción, gestión de recursos humanos). La infraestructura de la empresa está compuesta por la gestión general, finanzas y contabilidad, planificación, etc. La cadena foresto-industrial posee un enorme potencial para el desarrollo de la industria argentina, ya que utiliza un recurso natural competitivo y actúa como impulsora de la agregación de valor a través de la industrialización y la generación de insumos. La etapa de agregado de valor debe lograr la diferenciación del producto en el mercado. En el caso de la producción de madera de quebracho blanco, el valor agregado se lograría a través de mejoras en el proceso productivo que aumenten la calidad del producto para que sean más apreciados en el mercado.

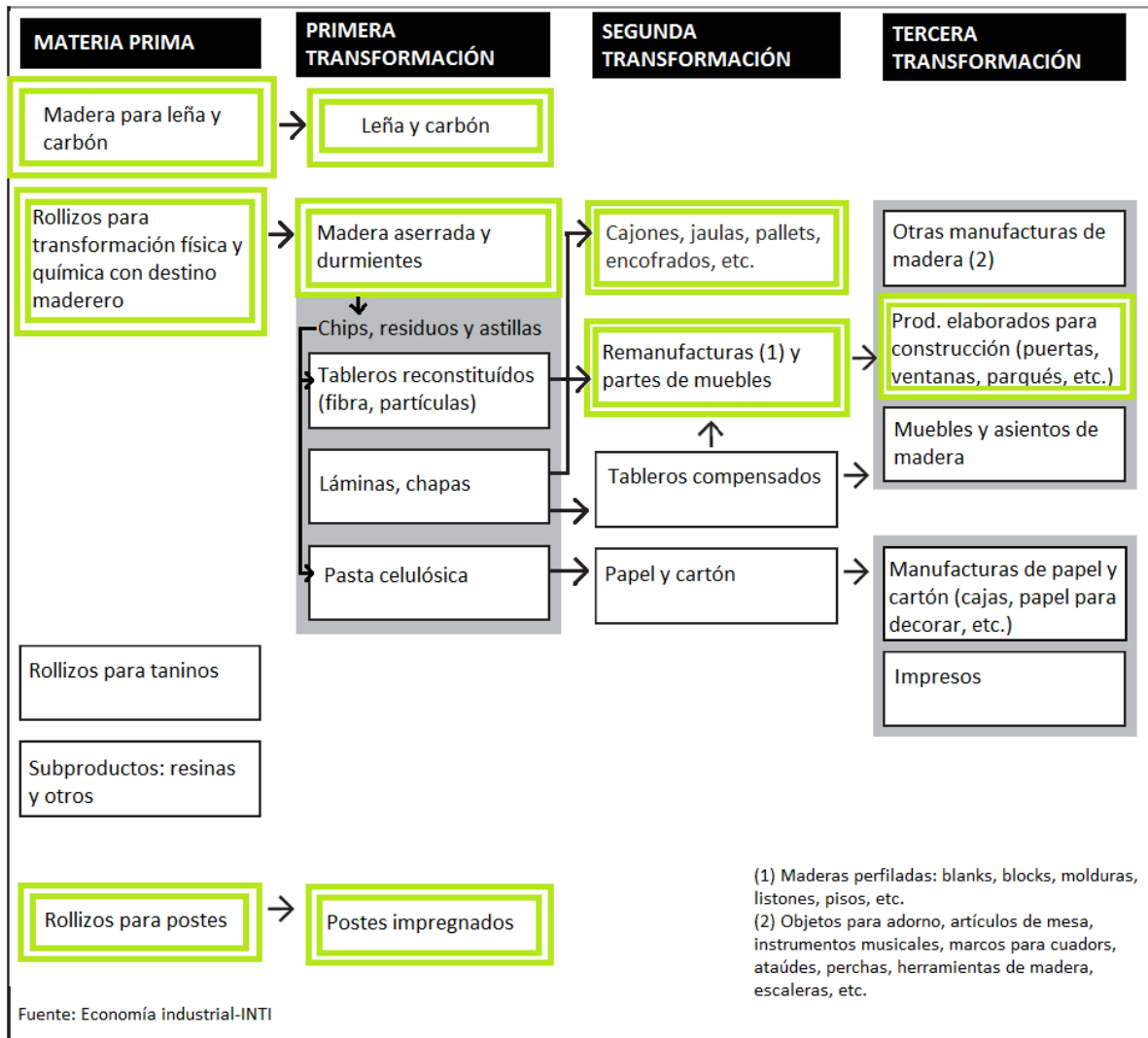


Fig. 1. Cadena de valor del sector foresto-industrial argentino.

Referencia: Los recuadros dobles en color corresponden a los procesos que se realizan en quebracho blanco

**Avances en la domesticación y fomento.** A nivel nacional existe el Programa de Domesticación y Mejoramiento de Especies Forestales Nativas e Introducidas para Usos de Alto Valor, llevado adelante por el INTA. El Programa tiene como objetivo generar material genético mejorado de especies forestales que incrementen y diversifiquen la oferta de madera de calidad mejorando la rentabilidad y la sustentabilidad de la cadena forestal en todo el país. Se incluyen un grupo

de especies forestales nativas de los bosques andino-patagónicos, del parque chaqueño y de las selvas subtropicales, que pueden cultivarse comercialmente; *Prosopis*, *Cedrela*, *Nothofagus*. El programa permite contribuir al abastecimiento de material de propagación mejorado, semillas y clones de las especies, en concordancia con la Ley 25.080 (ley de inversiones para bosques cultivados).

Para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad, la Ley N° 26.331 (Ley de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques) establece un régimen de compensación económica, como así también la realización de un ordenamiento territorial de los bosques nativos por parte de los estados provinciales. Se define la necesidad de realizar un ordenamiento territorial provincial de los bosques nativos existentes en su territorio mediante un proceso participativo y de acuerdo a criterios de sustentabilidad ambiental, determinando categorías, según el valor de conservación de los bosques. El propietario, con el aval de un técnico, debe presentar un Plan de Manejo o Plan de Conservación a la autoridad provincial de aplicación describiendo las actividades principales a realizar. La ley fomenta el enriquecimiento (técnica de restauración destinada a incrementar el número de individuos, de especies o de genotipos en un bosque nativo, a través de la plantación o siembra de especies forestales autóctonas entre la vegetación existente).

Existe en la actualidad gran cantidad de bibliografía destinada a mejorar la producción de plantines de algunos géneros de especies nativas, como *Prosopis* (Joseau, 2001; Salto *et al.*, 2013), *Cedrela* (Schamne *et al.*, 2008; Tarnowski, 2005), *Peltophorum* (Eibl *et al.*, 1998), *Enterolobium* (Crechi *et al.*, 2005), *Gleditsia* (Schamne *et al.*, 2008), *Handroanthus* (Díaz *et al.*, 2013), *Nothofagus* (Bava *et al.*, 2004), *Austrocedrus* (Enricci *et al.*, 2003), *Araucaria* (Niella *et al.*, 2013), *Schinopsis* (Alzugaray *et al.*, 2011). Estas investigaciones han hecho que especies como *Austrocedrus chilensis* (ciprés de la cordillera) *Nothofagus* (raulí, roble pellín, lenga), *Handroanthus* (lapachos), *Cedrela fissilis* (cedro americano) estén promocionadas tanto por la ley 26.331 de enriquecimiento, como por la ley 25.080.

También hay disponibles estudios acerca de la producción en vivero que señalan la importancia de la combinación de sustratos y envases. Mateo-Sánchez *et al.* (2011) y Maldonado-Benitez *et al.* (2011) estudiaron el efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plantines de *Cedrela* y *Pinus* respectivamente y Salto *et al.* (2013) lo hicieron en la influencia de combinación de diferentes sustratos y contenedores sobre el crecimiento de *Prosopis*. La importancia de la fertilización biológica en la producción de plantines forestales fue estudiada por Carrillo Sánchez (2000), Cerviño *et al.* (2003) y Martínez *et al.* (2007), entre otros autores.

Con respecto a la producción de quebracho blanco, la bibliografía existente se refiere principalmente a la calidad de sus semillas (Alzugaray *et al.*, 2005; Joseau *et al.*, 2013), consideraciones generales para su cultivo en vivero (Joseau *et al.*, 2013), biomasa aérea (Gaillard de Benítez *et al.*, 2000) y vigor de crecimiento y supervivencia de plantaciones (Barchuk *et al.*, 2000; Boetto, 2011). No existen trabajos disponibles referidos a la producción de plantines de *Aspidosperma quebracho-blanco* en vivero.

### **Producción de plantines de calidad**

Diversos factores influyen en la producción de plantines de calidad. Entre ellos la semilla y el método de cultivo (sustrato, envase, riego, localización del cultivo, fertilización,

etc). Los aspectos más importantes que se deben considerar son: la producción de semillas, el uso de sustratos, la fertilización biológica, el tipo de envases.

**Origen de las semillas.** Para que una región tenga una producción de recursos forestales implantados sostenible y confiable, deben concurrir un número de factores que, a priori, podrían considerarse independientes entre sí, para que los programas de forestación tengan éxito. Se debe seleccionar la especie adecuada, las fuentes de semillas, así como la procedencia y genotipo deseados; se deben recolectar, procesar y almacenar las semillas. Éstas deben ser usadas de forma adecuada para producir plantines de calidad en cantidad suficiente para cumplir con los objetivos de la forestación (Mexal, 2012).

**Método de cultivo.** El desempeño a largo plazo de una plantación depende de la calidad de los plantines en el momento del establecimiento. El empleo de plantas de calidad, asegura en mayor medida el éxito de las plantaciones o reforestaciones (Mexal, 2012).

La elección del contenedor es una de las consideraciones más importantes al establecer un nuevo vivero o empezar a producir una especie nueva. El tipo y tamaño de contenedor no solo determina la cantidad de agua y nutrientes minerales que están disponibles para el crecimiento de una planta, sino que también afecta otros aspectos operativos del vivero, como el tamaño de la mesada y el tiempo para el llenado y extracción de los contenedores (Luna *et. al.*, 2012). La sección del envase esta en correlación directa con la altura, el diámetro al nivel del cuello y el número de brotes radiculares de la planta. También determina el número de plantas por metro cuadrado.

La altura del envase define su volumen. El volumen del contenedor determina el tamaño que podrá alcanzar la planta que crezca en él. La dimensión óptima está relacionada con la especie, el tamaño de planta deseado, la densidad de cultivo, la duración de la estación de crecimiento y el medio de crecimiento que se utilice. En general, las plantas cultivadas en envases de mayor volumen suelen tener mejor arraigo en plantaciones mediterráneas que las de volúmenes más pequeños. Se sugiere que el volumen del envase debe ser superior a 400 ml en las zonas mediterráneas. Esto representa una ganancia del 30 % de supervivencia a campo en relación a plantas cultivadas en envases de un volumen inferior. El largo del contenedor es importante porque determina la longitud del sistema radical, lo cual es un factor clave para sitios de plantación secos. La profundidad del contenedor también es significativa porque determina la proporción de sustrato que drena libremente dentro de él (Joseau *et. al.*, 2013).

Para lograr un plantín de calidad se necesita un sustrato ideal, que es aquel que proporciona a las plantas las mejores condiciones para su crecimiento, que posee bajo impacto ambiental, y con una relación costo/beneficio adecuada para el sistema en cuestión. Como en la práctica no se obtiene con un solo sustrato es necesario realizar combinaciones que permitan esas condiciones (Valenzuela *et al.*, 2005). Un sustrato debe cumplir tres requisitos básicos: almacenamiento y aporte de agua, aireación de las raíces y almacenamiento y aporte de minerales necesarios para un buen desarrollo de las plantas. Los sustratos deben ser un soporte sólido compuesto de un elemento que retenga agua y un elemento que favorezca la aireación (Joseau, 2013).

Los parámetros de calidad física que se evalúan en un sustrato son: la porosidad total, la porosidad de aireación, la capacidad de retención de agua, la densidad aparente y la



densidad de partículas. Como parámetro de calidad química es importante evaluar el pH del sustrato.

Joseau *et al.* (1999) estudiaron el efecto de el tamaño y tipo de envase y las distintas combinaciones de sustratos a base de tierra, arena gruesa, coco-soil, corteza compostada y turba en la producción de plantines de *Pinus elliottii*. Mateo-Sánchez *et al.* (2011) estudiaron distintas combinaciones de sustratos a base de aserrín crudo y vermiculita sobre el crecimiento de plantines de *Cedrela*. Salto *et al.* (2013) evaluaron el comportamiento de *Prosopis alba* y *P. nigra* en vivero en función de diferentes tipos de envases y sustratos (tierra, corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en diferentes combinaciones).

Las características físicas que influyen en el crecimiento de las plantas están relacionadas a la fase porosa. El equilibrio entre el agua retenida y la aireación en el medio de crecimiento es un aspecto esencial. Deben existir suficientes poros pequeños para retener el agua que va a absorber la planta y suficientes poros grandes para permitir el intercambio de aire con el medio externo y mantener las concentraciones de oxígeno por encima de los niveles críticos. Además, el sustrato debe presentar suficiente densidad aparente para mantener a la planta en posición vertical, evitando el vuelco, y al mismo tiempo sin excesos de peso que dificulte el manipuleo de las plantas e incremente los costos de transporte (Pire *et al.*, 2003). El pH determina la disponibilidad de nutrientes en el medio de crecimiento para las plantas (Ansorena Miner, 1995).

Los productores de plantines en vivero de la provincia de Córdoba combinan tierra y arena como sustratos, por su facilidad de obtención y bajo precio, además de cumplir con los requerimientos de calidad de sustratos para el crecimiento de los plantines. En la región centro de la provincia, en el Vivero Forestal Educativo de la FCA, UNC se usa sustrato compuesto por 3 partes de tierra y 1 de arena.

Hidalgo Loggiodice *et al.* (2009) encontraron que la combinación de tierra y arena en proporciones del 50 % cada una se encontraba entre los mejores sustratos para la producción de guayaba. Rentería *et al.* (1999) estudiaron combinaciones de sustratos en la germinación de tres especies de pino: *Pinus patula*, *Pinus montezumae* y *Pinus pseudostrobus*. Encontraron que los sustratos en los que se obtuvieron los mejores porcentajes de germinación fueron: 100 % tierra de monte y 50 % tierra de monte con 50 % arena.

**Calidad de los plantines.** La calidad de un plantín está dada por su capacidad para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación. Depende de las características genéticas y de las técnicas usadas para su producción en vivero (Prieto *et al.*, 2009). La calidad está determinada por distintos aspectos morfológicos, fisiológicos y la presencia de microorganismos benéficos denominados fertilización biológica. La clasificación de calidad de plantas se realiza en base a variables morfológicas, como diámetro, altura del plantín, biomasa y la interacción entre estas variables, como el índice de esbeltez y el índice de calidad de Dickson.

**Fertilización biológica.** Se denomina micorriza a la asociación mutualista establecida entre las raíces de la mayoría de las plantas (tanto cultivadas como silvestres) y ciertos hongos del suelo. Esta simbiosis permite una mayor exploración del suelo y por lo tanto una mejor nutrición de la planta al actuar las hifas del hongo como una prolongación natural de la raíz (Olivares Pascual, 2005). Estos microorganismos trabajan, básicamente, sobre el

abastecimiento de nitrógeno y fósforo hacia el vegetal. También tienen otras funciones, dan un desarrollo radical más abundante y brindan un efecto protector contra enfermedades fúngicas de la raíz (Noda, 2009). La captación de nutrientes del suelo es más rápida, debido a la forma de nutrición fúngica, por emisión de enzimas al medio. Todo ello se traduce en una mayor y más rápida disponibilidad de nutrientes en el sistema vascular de la planta, la cual acelera su actividad fotosintética para mantener su equilibrio fisiológico, dando por resultado un aumento considerable de su producción de biomasa aérea y radical. (Gardizi, 2011).

Las plantas micorrizadas son más resistentes a condiciones ambientales adversas, como la falta de agua y de nutrientes esenciales, y al ataque de microorganismos fitopatógenos o plagas, además de estimular un mayor crecimiento (biomasa) y una mejor adaptación (Hernández, 1999; Montañez Orozco, 2009). Actualmente, la asociación micorrízica se considera fundamental en las prácticas agrosilvopastoriles sostenibles y en los programas de restauración ambiental, ya que aumenta sus posibilidades de éxito.

Álvarez-Sánchez *et al.*, 2013 encontraron que la micorrización en ejemplares de *Pinus halepensis* mejoraba notablemente su crecimiento. Ruano Martínez (2002) cita que numerosas plantas de interés forestal (pinos, abetos, piceas, enebros, arces, sauces, robles, alcornoques, hayas, avellanos, nogales, castaños, eucaliptus, entre otras) establecen algún tipo de asociación con micorrizas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

El objetivo de este trabajo fue producir plantines de calidad de *Aspidosperma quebracho-blanco*.

### **Objetivos específicos**

- Realizar una exploración en la región noroeste de Córdoba y cosechar semillas de *Aspidosperma quebracho-blanco*.
- Determinar la calidad de las semillas colectadas.
- Evaluar las características de las combinaciones de sustratos a utilizar en relación a su calidad.
- Establecer el sistema de cultivo de plantines de calidad.
- Determinar la calidad de los plantines en relación a sus características morfológicas.
- Determinar la calidad de los plantines en relación a la fertilización biológica.
- Evaluar el costo del plantín de calidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Material.** El material utilizado para la realización de este trabajo está compuesto por semillas de *Aspidosperma quebracho-blanco*, procedentes de los departamentos Capital y Colón. Provincia de Córdoba.

### Exploración de la región noroeste de Córdoba y cosecha de semillas de *Aspidosperma quebracho-blanco*

Con la ayuda de mapas se identificó la región a muestrear, se realizó una exploración y se detectaron los árboles con presencia de fruto en octubre del 2013. Cuando los frutos comenzaron a abrir (noviembre) fueron cosechados. La región noroeste de la ciudad de Córdoba pertenece a la región fitogeográfica de chaco semiárido de Córdoba (Cabrera, 1976). Las características climáticas de la zona se presentan en Tabla 2.

Tabla 2. Características climáticas de la región fitogeográfica de chaco semiárido de Córdoba

Altitud (msnm)	Precipitaciones media anual (mm)	Temperatura media	
		mes más cálido (°C)	mes más frío (°C)
518-563	597-600	26,9	11,5

En esa zona se cosecharon frutos cerrados y otros que iniciaban su apertura, de 10 árboles seleccionados al azar que fueron identificados con un número (Fig. 2). Estos árboles se encuentran entre los 31° 18' y 31° 19' latitud sur y alrededor de los 64° 17' longitud oeste. En la Figura 2 se muestra la ubicación de los árboles.

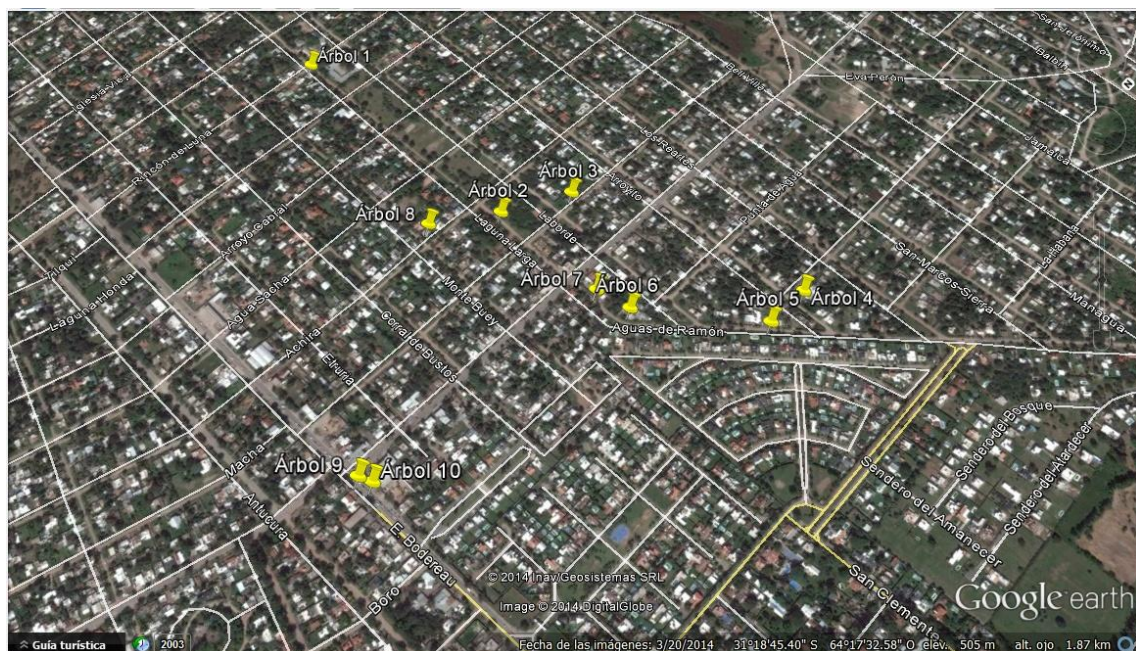


Fig. 2. Ubicación en el mapa de los árboles cosechados

Se recolectó material de herbario y se llevó al Laboratorio de Botánica Taxonómica para su identificación.

### **Determinación de la calidad de las semillas colectadas**

Las semillas fueron evaluadas en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la FCA-UNC. Los análisis se realizaron según las normas recomendadas por las Reglas ISTA (2013). Se realizó un ensayo de germinación estándar y la evaluación del el peso de mil semillas.

Para el ensayo de germinación estándar se sembraron 5 semillas por lote por el método entre papel (papel Valot-supreme doble hoja), luego fueron humedecidas y colocadas en bolsas de polietileno y llevadas a cámara de germinación de 20↔30 °C, con un fotoperiodo de 16 h (L) y 8 h (O). Las semillas se consideraron germinadas cuando se observó la radícula (germinación fisiológica). La variable registrada fue plántulas normales a los 8 y 15 días. El poder germinativo (PG) se consideró como plántulas normales en la fecha fin de conteo. La bibliografía consultada (Alzugaray *et al.*, 2005; Joseau, 2013) determina que el tiempo de germinación normal para esta especie es a partir de 3 a 5 días después de la siembra.

Para determinar el peso de mil semillas se contaron por lote 8 repeticiones de 100 semillas cada una al azar. Se pesó cada repetición y sobre la media se calculó el peso de las mil semillas multiplicado por 10 (ISTA, 2013). A partir de este cálculo se determinó la cantidad de semillas por kilo. Para la de calidad de semillas se calculó la media y el coeficiente de variación de cada lote.

### **Evaluación de las características de las combinaciones de sustratos a utilizar en relación a su calidad**

Se evaluaron 10 repeticiones para cada sustrato y para cada combinación realizada, para establecer sus propiedades físicas y químicas. Los sustratos fueron tierra y arena y las combinaciones fueron sus mezclas en diferentes proporciones: 3 partes de tierra y 1 de arena (3:1), y tierra-arena en iguales proporciones (1:1).

Como parámetro de propiedad química se midió el pH de los sustratos en solución. En un vaso de precipitado se preparó una solución compuesta por una parte de sustrato y dos partes de agua destilada. Luego de mezclar y dejar descansar se introdujo el electrodo para realizar la medición.

Es importante medir el pH ya que con pH muy ácido (menor a 5) la planta puede tener problemas para absorber nutrientes como calcio, magnesio y fósforo. Si es muy básico (mayor a 8) puede haber problemas en la absorción de hierro y manganeso (Ansorena Miner, 1995).

Las evaluaciones de las características físicas se realizaron siguiendo las recomendaciones de Joseau (2013). Para esto se utilizaron envases tetrabrick con orificios en el fondo, a los que se les realizó una marca al nivel de un litro. El sustrato fue colocado de manera de lograr su asentamiento dentro del envase. Para el humedecimiento de los sustratos, los envases se colocaron en recipientes con agua, cuyo nivel alcanzaba justo por debajo del borde superior del envase, para forzar la entrada de agua por los orificios del fondo. Luego del humedecimiento, de 30 min, se llevaron las muestras a un recipiente vacío para

medir el volumen de agua que drenaba durante 10 minutos. Las muestras, luego del drenaje del agua, fueron pesadas para obtener el dato de peso húmedo. Por último, las muestras fueron llevadas a estufa a 105 °C durante 48 h hasta peso constante y se registró el dato de su peso seco.



Fig. 3. Proceso de humedecimiento del sustrato arena



Fig. 4. Drenaje de los recipientes luego del humedecimiento

Las propiedades del sustrato medidas fueron peso húmedo, peso seco, porosidad total, porosidad de aireación, capacidad de retención de agua, densidad aparente y densidad de partículas. De cada población formada por las 10 repeticiones analizadas se calculó la media poblacional y el coeficiente de variación.

Para determinar el valor de las propiedades físicas de las muestras se realizaron los siguientes cálculos:

$$\text{Porosidad total (\%)} = \frac{V_a + \frac{PH - PS}{\text{Pagua}}}{V_c} * 100 \quad \text{Ec. 1}$$

La porosidad total es la porción no sólida del volumen del sustrato (Ec. 1). Representa el volumen de aire del material, seco en estufa, expresado como porcentaje del volumen total. Los movimientos de agua y aire dentro de un sustrato dependerán, principalmente, de la calidad del espacio poroso del medio. Los poros en un sustrato están determinados por el tamaño de sus partículas (Pire *et al.*, 2003).

$$\text{Porosidad de aireación (\%)} = 100 * \left( \frac{V_a}{V_c} \right) \quad \text{Ec. 2}$$

La porosidad de aireación (Ec. 2) es la proporción de volumen del sustrato que contiene aire después de que ha sido saturado con agua y se le ha dejado drenar libremente (Viel 1997). La porosidad de aireación de un sustrato, aumenta con la longitud del contenedor que se utilice en el proceso de producción (Pire *et al.*, 2003). Es considerada la propiedad física más importante de cualquier sustrato ya que determina la cantidad de agua y minerales disponibles para las plantas.

$$\text{Capacidad de Retención de Agua (\%)} = \frac{PH-PS}{V_c} * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

La capacidad de retención de agua del sustrato (Ec. 3) es el volumen de agua que se retiene después del riego y el drenaje. La cantidad de agua retenida depende de la distribución del tamaño de las partículas y la altura del recipiente (Pire *et al.*, 2003). Mientras mayor proporción de partículas pequeñas contenga el sustrato, presentará mayor capacidad retención de agua.

$$\text{Densidad aparente (mg/m}^3\text{)} = \frac{PS}{V_c} \quad \text{Ec. 4}$$

La densidad aparente (Ec. 4) es el cociente entre la masa de las partículas del medio de cultivo y el volumen que ocupa incluyendo el espacio poroso (Joseau *et al.*, 2013). Es decir, es el peso seco del sustrato por unidad de volumen. Está asociada a otras propiedades del suelo como la granulometría, la estructura y el contenido de materia orgánica. Es una característica útil para estimar la capacidad total de almacenaje del medio de cultivo y su grado de compactación, y por lo tanto, la facilidad de circulación de agua y aire (Thompson *et al.*, 2002).

$$\text{Densidad de partículas (mg/m}^3\text{)} = \frac{da}{1-\frac{PT}{100}} \quad \text{Ec. 5}$$

La densidad de partículas (EC. 5) está representada por el peso seco del medio (masa de partículas secas) en relación al volumen de material sólido. Es el peso de las partículas sólidas en relación al volumen que ocupan. Se refiere a las partículas minerales y orgánicas contenidas en el suelo. La densidad de partículas no se altera por diferencias en el tamaño de las partículas ni por cambios en el volumen de poros (Hernández Escobar, 2009).

Referencias: Va= volumen drenado (cm<sup>3</sup>), PH= Peso húmedo de la muestra (g), PS= Peso seco de la muestra (g), P<sub>agua</sub>= Peso específico del agua (1 g/cm<sup>3</sup>), Vc= Volumen del tubo o cilindro (cm<sup>3</sup>), da= densidad aparente PT= Porosidad total.

### **Establecimiento del sistema de cultivo de plantines de calidad**

**Siembra.** Con las semillas de mejor calidad desde el punto de vista del PG y tamaño se efectuaron dos ensayos. El primero consideró diferentes combinaciones de sustratos, envases y localización del cultivo. El otro se realizó para analizar la necesidad de fertilización biológica. En la Tabla 3 se describen los distintos tratamientos para el primer ensayo.

Tabla 3. Tratamientos realizados para determinar el método de cultivo de plantines de calidad de quebracho blanco

Tratamiento	Lugar	Altura del envase (cm)	Combinación de sustrato
1	Invernadero	15	3:1
2		20	3:1
3		15	1:1
4		20	1:1
5	Umbráculo	15	3:1
6		20	3:1
7		15	1:1
8		20	1:1

La siembra del ensayo 1 se realizó en dos tipos de envases, uno de 15 cm de altura con 424 cm<sup>3</sup> de capacidad, y otro de 20 cm de altura con 565 cm<sup>3</sup> de capacidad. Se utilizaron 2 mezclas de sustrato, una compuesta por 75 % de tierra y 25 % de arena (3:1), y la otra, por partes iguales de tierra y arena, en proporciones del 50 % (1:1). Luego de llenar los envases con sustrato se los regó con micorriza LAJ (marca comercial) y luego del drenaje se depositó una semilla por envase en forma horizontal, y por encima de ella se completó con una capa de arena hasta alcanzar su capacidad. Esta capa de arena es importante para evitar el desarrollo de malezas en el envase. También contribuye a la economía del agua ya que evita la evaporación a través de los microporos formados en el sustrato y al mismo tiempo cumple la función de aislante de temperatura entre el sustrato y el medio, disminuyendo la evaporación y la pérdida de humedad.



Fig. 5. Ubicación de los plantines en el vivero. A) dentro del invernadero. B) fuera del invernadero, bajo umbráculo

Para determinar la mejor combinación de envase y sustrato se realizó un diseño experimental, a través de un modelo factorial completamente al azar con 8 tratamientos, cada uno con 5 repeticiones de 4 semillas.



### Determinación de la calidad de los plantines en relación a sus características morfológicas

Cuando los plantines tuvieron 9 meses de edad, se realizaron mediciones para evaluar las variables que definen la calidad morfológica. Se evaluaron variables simples (longitud de la parte aérea; longitud de la raíz; diámetro al nivel del cuello; peso seco del tallo y de la raíz; longitud y cantidad de raíces secundarias) y sus interacciones (relación de longitud entre tallo y raíz; relación de peso seco entre tallo y raíz; índice de calidad de Dickson; contenido hídrico relativo; índice de esbeltez). Estas variables combinadas dan una idea de la calidad fisiológica del plantín.

Para la medición del diámetro al nivel del cuello se utilizó un calibre digital de acero y para las longitudes se utilizó una regla de madera (Fig. 6).



Fig. 6. Medición de longitud con regla de madera

El diámetro al nivel del cuello (D) es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantas con diámetro mayor son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva (Prieto *et al.*, 2003). El diámetro da una aproximación de la sección transversal que permite el transporte de agua. Está influenciado por la densidad del cultivo en vivero (Birchler *et al.*, 1998). Es el mejor predictor individual del crecimiento y la supervivencia en campo (Sáenz *et al.*, 2010). El valor óptimo oscila entre 1 y 2,8 cm en plantines de quebracho blanco de 10 meses de edad (Barchuk *et al.*, 2000).

La longitud del tallo (LT) es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no de la supervivencia. Los valores mas adecuados se encuentran entre 2 y 20 cm para quebracho blanco de 10 meses de edad (Barchuk *et al.*, 2000). Este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, aunque es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real (Sáenz *et al.*, 2010), como la relación tallo/raíz o la relación longitud/diámetro.

La variable cantidad de raíces secundarias (RS) está relacionada con el tamaño del sistema radicular. Mientras más grande sea este sistema, tendrá más puntos de crecimiento y mayor posibilidad de explorar el suelo para captar agua y nutrientes; además, incrementará la probabilidad de infección micorrícica (Sáenz *et al.*, 2010). Por lo tanto, los plantines de mejor

calidad serán los que tengan mayor cantidad de raíces secundarias porque sobrevivirán mejor al trasplante y las etapas posteriores.

La longitud del sistema radicular (LR) define la posibilidad del plantín de explorar el suelo para captar agua y nutrientes. El sistema radical también es fundamental para el anclaje de las plantas a campo (Sáenz *et al.*, 2010).

La relación tallo/raíz (T/R) predice el éxito de la plantación. Debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de la planta. Esta variable indica el balance entre la parte transpirante y la parte absorbente (Birchler *et al.*, 1998). La relación 1:1 favorece altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales; en sitios con limitantes de humedad se sugiere utilizar plantines con relaciones de 0.5:1 a 1:1; mientras que en sitios sin limitantes de humedad las relaciones pueden ser de 1.5:1 a 2.5:1 (Prieto *et al.*, 2003). Estos valores fueron determinados para el cultivo de *Pinus sp.* en viveros de México.

Los parámetros de calidad de algunas especies autóctonas fueron estudiadas por Joseau *et al.* (2013). El valor de la relación tallo/raíz en una especie de crecimiento rápido, *Prosopis*, oscila entre 0,93:1 y 3,46:1. El quebracho blanco es de crecimiento lento, al igual que *Lithraea molleoides*. Para el molle, los autores encontraron que la relación tallo/raíz varía entre 0,52:1 y 1,5:1.

Para determinar el peso seco, se separó la parte aérea y radicular de cada plantín y se colocó cada parte, entera y por separado, en sobres de papel que luego fueron secados a estufa con aire circulante a 65 °C hasta peso constante durante 48 horas.

El peso seco del tallo (PST) es un indicador de la biomasa aérea. Plantines con un elevado valor normalmente son plantas grandes, con tallos gruesos y abundante follaje. Un plantín con elevado nivel de peso seco contiene importante cantidad de reservas orgánicas, que le permitirá sobrevivir mejor a las condiciones de cultivo a campo (Martínez *et al.*, 2007).

Por otra parte, el peso seco de la raíz (PSR) indica la biomasa acumulada en este órgano. Un elevado valor habla de un plantín con un sistema radicular fuerte, con mayores capacidades de nutrirse y de sobrevivir al estrés del trasplante (Martínez *et al.*, 2007).

Valores elevados de peso seco del tallo y de la raíz indicarían plantines de mejor calidad. Sin embargo, estos valores por si solos no significan que el plantín sea el más adecuado. Es importante considerar la relación entre ambos, ya que esto indica el balance que existe entre los valores y sus posibilidades de supervivencia a campo. Respecto a la relación peso seco del tallo/peso seco de la raíz (PST/PSR), una relación de 1:1, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea. Valores menores indican que la biomasa subterránea es mayor a la aérea. Valores mayores indican lo contrario (Rodríguez, 2008). Una relación de 2,5:1 no es adecuada, particularmente si la precipitación es escasa en los sitios de plantación (Thompson, 1985), esto indicaría desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta. Los valores más adecuados son los mayores, siempre y cuando no superen el valor de 2,5:1.

El índice de calidad de Dickson (ICD), sirve 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 (Ec. 6). Resulta de integrar los valores de biomasa total, el índice de esbeltez y la relación peso seco aéreo/raíz. Los

valores más altos indican plantas de mejor calidad (Thompson, 1985). Los valores de índice de calidad de Dickson deben ser elevados. Según Prieto *et al.*, (2003) este valor debería encontrarse entre 0,2 y 0,5.

$$ICD = \frac{\text{peso seco total}}{\frac{\text{altura}}{\text{diámetro del cuello}} + \frac{\text{peso seco aéreo}}{\text{peso seco raíz}}} \quad \text{Ec. 6}$$

El índice de calidad de Dickson evalúa mejor las diferencias morfológicas entre las plantas y predecir su comportamiento a campo (González *et al.*, 1996). Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura pero con mayor vigor (Sáenz *et al.*, 2010).

El contenido hídrico relativo (CHR) es la medida del contenido de agua de un órgano vegetal respecto al total que este puede almacenar, expresado como porcentaje. Indica el estado hídrico de la planta. Los plantines sufren estrés hídrico al momento del trasplante en el campo (González *et al.*, 2001). Esto limita su posterior crecimiento y hace peligrar su existencia. El contenido de agua que contiene el plantín en un momento dado (contenido hídrico relativo) predice su respuesta al estrés del medio. Valores de contenido hídrico relativo cercanos a 100 % indican que el plantín se encuentra en plena turgencia, el peso fresco sería igual al de saturación. Valores bajos indican que el plantín se encuentra cercano a la marchitez. Lo más adecuado sería que el valor de CHR sea cercano a 1 (González *et al.*, 2001).

Para calcular este índice se extrajo un cotiledón de cada plantín, se lo pesó en balanza para obtener el valor de peso fresco. Luego fue hidratado usando agua destilada durante 24 horas, hasta peso constante, obteniéndose el peso turgente (Fig. 7). Por último, la muestra colocada en bolsa de papel madera se secó en estufa con aire circulante por 48 horas a 65 °C hasta llegar a un peso constante. Este valor corresponde al peso seco. La Ecuación 7 muestra la forma de cálculo del CHR.

$$CHR = \frac{\text{peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{peso turgente} - \text{peso seco}} \quad \text{Ec. 7}$$

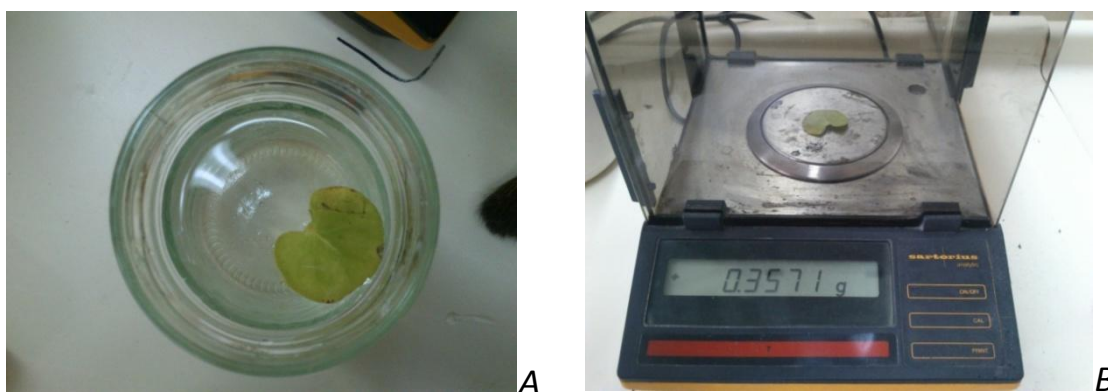


Fig. 7. Método del contenido hídrico relativo: A) Hidratación de un cotiledón en agua destilada para determinar su peso turgente, B) Pesaje de un cotiledón en balanza de precisión para determinar su peso fresco

Se estableció el índice de esbeltez (L/D) que relaciona la longitud de la parte aérea y el diámetro al nivel del cuello. Es una variable muy importante como atributo de calidad. Indica si las proporciones del plantín son las adecuadas, la resistencia a la desecación por el viento y su crecimiento potencial en sitios secos. El valor máximo admitido para esta variable es 6:1. Los plantines con bajos coeficientes muestran alta supervivencia y buen crecimiento cualquiera sea el ambiente de plantación. Se trata de arbolitos más bajos y gruesos, robustos, aptos para sitios con limitación de humedad. Los coeficientes altos, cercanos a 6:1, indican una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro (López, 2001). Estos plantines muestran supervivencia variable y un pobre crecimiento en ambientes rigurosos, ya que son propensos a los daños por viento, sequía y helada. Se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de esbeltez} = \frac{\text{Longitud de la parte aérea}}{\text{Diámetro al nivel del cuello}} \quad \text{Ec. 8}$$

Las variables registradas se sometieron a un análisis de varianza tradicional y se efectuó una comparación de medias a través de la prueba DGC, buscando diferencias significativas usando el Software Infostat (2013). Se buscaron interacciones entre los factores lugar, envase y sustrato que influenciaron los resultados.



Fig. 8. Plantín de 9 meses de edad. A) Plantín que ha crecido dentro del invernadero, en envase de 424 cm<sup>3</sup>, con sustrato compuesto por una mezcla con 3 partes de tierra y 1 de arena; B) Plantín que ha crecido bajo umbráculo, en envase de 525 cm<sup>3</sup>, con sustrato compuesto por una mezcla con partes iguales de tierra y arena

#### **Determinación de la calidad de los plantines en relación a la fertilización biológica**

La fertilización biológica se llevó a cabo mediante micorrización. Se realizó la prueba de micorrización en los plantines del ensayo 2, que fueron ubicados dentro del invernadero. Los resultados fueron evaluados en el Laboratorio de Producción Vegetal de la FCA-UNC.

Para este ensayo se efectuaron 2 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. A los 9 meses después de la siembra, para comprobar los resultados de los tratamientos, se eligieron plantines al azar y se extrajeron con cuidado de no destruirlos. Se evaluaron las variables que definen la calidad morfológica del plantín; diámetro al nivel del cuello; longitud de la parte aérea; diámetro de la raíz principal, longitud de la parte radicular; relación de longitud entre tallo y raíz; peso seco de la parte aérea; peso seco radicular; relación de peso seco entre tallo y raíz; número de raíces secundarias; longitud de la raíz secundaria más larga; índice de calidad de Dickson; contenido hídrico relativo; índice de esbeltez.

Se usaron cepas de hongos micorrícicos (*Boletus edulis*, *Boletus (Suillus) luteus*, *Rhizopogon luteolus*, *Pisolithus tinctorius* y *Scleroderma vulgare*), marca comercial "MICORRIZA LAJ". Para prepararlo, se diluyeron 10 cc de producto en 5 l de agua y se utilizó una regadera para regar los plantines luego de la siembra.

Se realizó un análisis con dos tratamientos: T1, con micorrizas y T2, sin micorrizas. Los tratamientos se sometieron a un análisis de varianza tradicional y se efectuó una comparación de medias a través de la prueba DGC para buscar diferencias, usando el Software Infostat (2013).

#### **Evaluación del costo del plantín de calidad**

Para decidir el mejor método de producción de plantines de quebracho blanco se debe tener en cuenta, además de la calidad del plantín, su costo de producción. Se utilizó el programa CPPF (2002) para evaluar el costo del plantín forestal según las combinaciones realizadas en el ensayo 1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Calidad de las semillas colectadas

Los frutos de *Aspidosperma quebracho-blanco* son folículos gruesos, de 7-12 cm de longitud, de color verde grisáceo, leñosos. Contienen alrededor de 20 semillas aladas (Fig. 9).

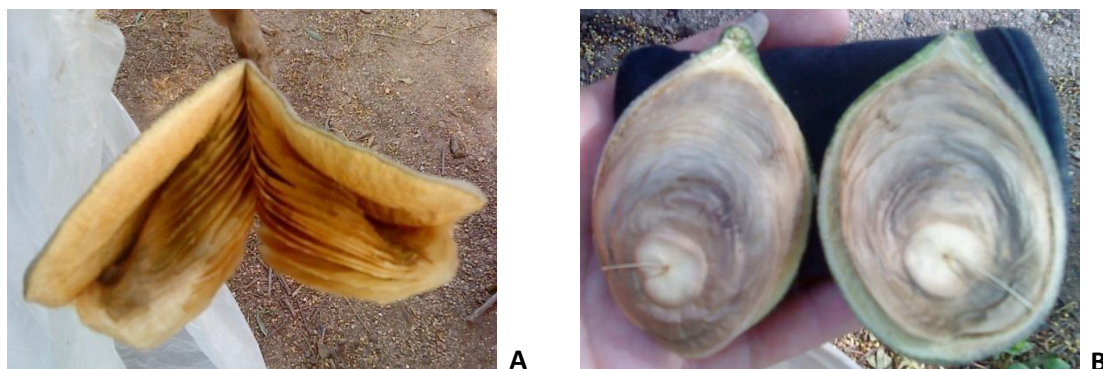


Fig. 9. Detalle de fruto. A: folículo abierto, semillas membranosas. B: semillas superpuestas sobre valvas.

Al comparar el poder germinativo de los 10 lotes evaluados, se observaron 5 grupos de semillas que mostraron comportamiento similar en cuanto al número de plántulas normales. La Fig. 10 presenta la evolución de la germinación de los diferentes lotes de semillas de quebracho blanco. En la Tabla 5 se muestran las medidas resumen de calidad de las semillas observadas para cada lote. En base a estos resultados, el material seleccionado para la siembra de los ensayos 1 y 2 fue una muestra masal de los lotes 8 y 10. Alzugaray *et al.* (2005) obtuvieron valores de poder germinativo del 51 % a los tres meses de cosecha. Joseau *et al.* (2013) refieren valores promedios de PG entre 59 a 65 %. El promedio de los valores obtenidos coinciden con este último rango de valores.

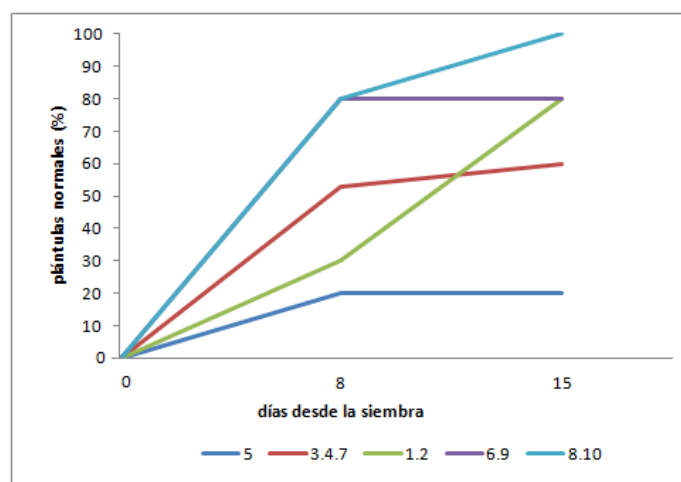


Fig. 10. Evolución de la germinación de los diferentes lotes

Los valores obtenidos de peso de mil semillas se expresan como valor promedio en la Tabla 4, donde también se indica su coeficiente de variación. La cantidad de semillas en un kilogramo se determinó por cálculo a partir del dato de peso de mil semillas. Los resultados se muestran en la Tabla 5. Según Alzugaray *et al.* (2005) el peso de mil semillas para esta especie

es de 134 g, con 7.463 semillas por kilogramo. Joseau *et al.* (2013) encontraron que la especie de quebracho blanco tiene 6.250 a 11.111 semillas por kilogramo. En este trabajo se comprobó que la especie *Aspidosperma quebracho-blanco* tiene un peso de mil semillas de 168,1 g, con 6.050 semillas por kilo, quedando cercano al rango descripto por Joseau *et al.*

Tabla 4. Medidas resumen del PG, peso de mil semillas y numero de semillas por kilogramo

Lote	Peso de 1000 semillas g	Cantidad de semillas por kg	PG %
1	178,8	5593	80
2	162,1	6169	80
3	125,5	7968	60
4	173,1	5777	60
5	188,5	5305	20
6	169,0	5917	80
7	169,6	5896	60
8	140,3	7127	100
9	172,3	5804	80
10	202,0	4950	100
<b>Promedio</b>	168,1	6050	68
CV	13,1	14,6	30

Las semillas de los lotes 8 y 10 son las que presentaron mayor PG. En el lote 10 hay 4.950 semillas por kilogramo, valor que es menor a lo reportado para la especie por Joseau y Alzugaray *et al.*, cabe destacar que para este caso las semillas fueron de gran peso y se observó que eran de gran tamaño.

#### Evaluación de las características de las combinaciones de sustratos a utilizar en relación a su calidad

La Tabla 5, muestra las propiedades químicas y la Tabla 6 presenta las características físicas de los sustratos analizados.

Tabla 5. Propiedades químicas de los sustratos evaluados

	Tierra	Arena	Mezcla 3:1	Mezcla 1:1	Valor ideal
PH	7,01	7,66	7,29	7,56	<b>5-8</b>

Tabla 6. Medidas resumen de las propiedades físicas de los sustratos individuales y sus combinaciones

Variables		Sustratos individuales				Combinación Tierra-Arena				Valor Ideal
		Tierra		Arena		3: 1		1: 1		
		Media	CV	Media	CV	Media	CV	Media	CV	
Porosidad Total	(%)	51,89	7,40	56,5	20,3	62,37	10,38	66,71	4,85	<b>50-85</b>
Porosidad de Aireación	(%)	13,62	15,55	17,87	18,15	22,19	10,4	21,3	8,32	<b>20-30</b>
CRA	(%)	38,27	9,27	38,63	26,15	40,18	12,51	45,41	7,37	<b>40-50</b>
Densidad Aparente	(g/cm <sup>3</sup> )	0,97	3,84	1,23	4,67	0,96	3,72	0,97	1,88	<b>0,4-1</b>
Densidad de Partículas	(g/cm <sup>3</sup> )	2,03	9,80	2,97	23,03	2,61	16,31	2,94	8,93	<b>1,45-2,65</b>

Los valores de las combinaciones estuvieron dentro de los parámetros ideales para un sustrato.

En la Tabla 7 se observan los valores obtenidos para los tratamientos correspondientes a las mezclas de sustratos.

Tabla 7. Propiedades físicas y químicas evaluadas en mezclas de sustratos

Sustrato	Porosidad total (%)	Porosidad de aireación (%)	Capacidad de retención de agua (%)	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad de partículas (g/cm <sup>3</sup> )	pH
Mezcla 3:1	62,37	22,19	40,18	0,96	2,61	7,29
Mezcla 1:1	66,71	21,30	45,41	0,97	2,94	7,56
<b>Valor Ideal</b>	<b>50-85</b>	<b>20-30</b>	<b>40-50</b>	<b>0,4-1</b>	<b>1,45-2,65</b>	<b>5-8</b>

Para las variables porosidad total, porosidad de aireación y capacidad de retención de agua, los valores obtenidos en ambas mezclas de sustratos se encuentran dentro de los valores considerados óptimos. Considerando la relación entre las tres variables, la mezcla 1:1 presenta mejor comportamiento debido a que tiene mayor porcentaje de poros totales (porosidad total), retiene mayor cantidad de agua (capacidad de retención de agua), dejando menos espacio para poros grandes que se encargan de la aireación. La porosidad de aireación es menor en esta mezcla, lo que indica que el agua que queda retenida en el sustrato será mayor.

Para el caso de la densidad aparente, los valores obtenidos se deben al elevado peso de los sustratos tierra y arena por unidad de volumen.

En la mezcla 3:1 el valor de densidad de partículas se encuentra dentro del rango óptimo, con lo cual indica un elevado contenido mineral. En lo que concierne a la mezcla 1:1, su valor no se encuentra dentro del rango óptimo ya que su concentración de partículas minerales es elevada por la mayor concentración de arena en la mezcla. Los resultados de ambas mezclas presentan diferencias debido a su composición, coincidiendo con lo mencionado por Hernández Escobar (2009).

Los valores de pH de ambas mezclas se encuentran dentro del rango considerado para un sustrato ideal, presentando un menor valor la mezcla 3:1, ya que tiene mayor proporción de tierra en su constitución, lo que le brinda poder buffer, disminuyendo su pH.



## Calidad de los plantines en relación a sus características morfológicas

En la Tabla 8 se muestran los valores óptimos para los parámetros de calidad de plantín.

Tabla 8. Resumen de valores óptimos para las variables de calidad del plantín

Variables	D mm	LT cm	T/R	PST/PSR	ICD	CHR	L/D
Valores óptimos	1 a 2,8	2 a 20	0,52:1 – 1,5:1	Máximo 2,5:1	0,2 a 0,5	Cercano a 1	Menor a 6:1
Fuente	Barchuk, 2000	Barchuk, 2000	Joseau, 2013	Thompson, 1985	Thompson, 1985	González, 2001	Sáenz, 2001

Para la variable diámetro al nivel del cuello, se observó que hubo interacciones entre los factores envase y sustrato ( $p \leq 0,05$ ) (Tabla 9) y no hubo interacción ( $p > 0,05$ ) con respecto al factor lugar de cultivo. En relación a esto se destacan la combinación envase de 565 cm<sup>3</sup> con el sustrato 3:1 (3 partes de tierra y 1 de arena) y el envase de 424 cm<sup>3</sup> con el sustrato 1:1. En ambos tratamientos se obtuvieron los mayores diámetros.

Tabla 9. Diámetro al nivel del cuello (D) de plantines de quebracho blanco bajo diferentes tratamientos

	Tratamiento			D	
	Envase (cm <sup>3</sup> )	Sustrato			
1	1 (424 cm <sup>3</sup> )	1 (3:1)	2,3		B
2	1 (424 cm <sup>3</sup> )	2 (1:1)	<b>2,7</b>		<b>A</b>
3	2 (565 cm <sup>3</sup> )	1 (3:1)	<b>2,8</b>		<b>A</b>
4	2 (565 cm <sup>3</sup> )	2 (1:1)	2,3		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

En lo que respecta al índice de calidad de Dickson (ICD) y la relación PST/PSR de quebracho blanco se detectó que hubo interacción ( $p \leq 0,05$ ) entre el lugar de cultivo y el sustrato (Tabla 10). El ICD es una de las variables más importantes ya que incluye en su valor a otras variables. Se destacó para ICD la combinación dentro del invernadero con sustrato 1:1 (partes iguales de tierra y arena) que obtuvo el mayor valor significativo ( $p \leq 0,05$ ), mientras que no fue así para la variable PST/PSR que tuvo su mejor expresión dentro del invernadero con sustrato 3:1.

Tabla 10. Índice de calidad de Dickson (ICD) y relación peso seco tallo/peso seco raíz (PST/PSR) de quebracho blanco bajo diferentes tratamientos

	Tratamiento			
	Lugar	Sustrato	ICD	PST/PSR
1	1 (invernadero)	1 (3:1)	0,28 B	<b>1,16:1 A</b>
2	1 (invernadero)	2 (1:1)	<b>0,42 A</b>	0,60:1 B
3	2 (umbráculo)	1 (3:1)	0,29 B	0,64:1 B
4	2 (umbráculo)	2 (1:1)	0,22 B	0,82:1 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Para la variable cantidad de raíces secundarias hubo interacción entre los tres factores ( $p \leq 0,05$ ), como se observa en la Tabla 11. La mayor cantidad de raíces secundarias se observaron dentro del invernadero, para las combinaciones envase de 565 cm<sup>3</sup>, con sustrato 3:1 (3 partes de arena y 1 de tierra), y envase de 424 cm<sup>3</sup> con sustrato 1:1 (partes iguales de tierra y arena).

Tabla 11. Cantidad de raíces secundarias (RS) de quebracho blanco cultivado bajo diferentes tratamientos

Tratamiento					
	Lugar	Envase	Sustrato	RS	
1	1 (invernadero)	1 (424 cm <sup>3</sup> )	1 (3:1)	39,67	B
2	1 (invernadero)	1 (424 cm <sup>3</sup> )	2 (1:1)	<b>62,67</b>	<b>A</b>
3	1 (invernadero)	2 (565 cm <sup>3</sup> )	1 (3:1)	<b>67</b>	<b>A</b>
4	1 (invernadero)	2 (565 cm <sup>3</sup> )	2 (1:1)	25,67	B
5	2 (umbráculo)	1 (424 cm <sup>3</sup> )	1 (3:1)	20,67	B
6	2 (umbráculo)	1 (424 cm <sup>3</sup> )	2 (1:1)	20	B
7	2 (umbráculo)	2 (565 cm <sup>3</sup> )	1 (3:1)	41,33	B
8	2 (umbráculo)	2 (565 cm <sup>3</sup> )	2 (1:1)	26,33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos en las mediciones de calidad de los plantines. Todos los parámetros estudiados presentan valores que se encuentran dentro del rango considerado óptimo.

Tabla 12. Diámetro al nivel del cuello (D), longitud del tallo (LT), longitud de la raíz (LR), relación tallo/raíz (T/R), peso seco del tallo (PST), peso seco de la raíz (PSR), relación peso seco tallo/peso seco raíz (PST/PSR), longitud de raíces secundarias más largas (LL), índice de calidad de Dickson (ICD), contenido hídrico relativo (CHR) y relación altura/diámetro (L/D) de plantines de quebracho blanco bajo diferentes tratamientos

Factor	Variables										
Lugar	D	LT	LR	T/R	PST	PSR	PST/PSR	LL	ICD	CHR	L/D
1: Invernadero	<b>2,87 A</b>	<b>15,69 A</b>	<b>19,7 A</b>	<b>0,81:1 A</b>	<b>0,89 A</b>	<b>1,21 A</b>		13 A		97 A	5,61:1 A
2: Umbráculo	2,17 B	6,73 B	15,1 B	0,46:1 B	0,38 B	0,61 B		13 A		87 A	<b>3,18:1 B</b>
Envase	D	LT	LR	T/R	PST	PSR	PST/PSR	LL	ICD	CHR	L/D
1: 424 cm <sup>3</sup>		<b>11,54 A</b>	15,4 B	<b>0,72:1 A</b>	<b>0,73 A</b>	0,78 A	0,97:1 A	12 A	0,27 A	87 B	4,57:1 A
2: 565 cm <sup>3</sup>		10,88 B	<b>19,5 A</b>	0,55:1 B	0,54 B	1,04 A	0,64:1 A	13 A	0,33 A	<b>96 A</b>	<b>4,22:1 B</b>
Sustrato	D	LT	LR	T/R	PST	PSR	PST/PSR	LL	ICD	CHR	L/D
1: mezcla 3:1		11,47 A	17,7 A	<b>0,64:1 A</b>	<b>0,66 A</b>	0,83 A		13 A		87 A	4,52:1 A
2: mezcla 1:1		10,95 A	17,2 A	0,63:1 B	0,61 B	0,99 A		13 A		97 A	4,26:1 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Una de las variables más importantes para indicar la calidad morfológica del plantín es el índice de esbeltez. Se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) para lugar y envase. Los resultados son más convenientes en umbráculo, con valores más alejados de 6:1. Se debe tener en cuenta que los valores de longitud y diámetro al nivel del cuello presentan alta variabilidad en los plantines cultivados bajo umbráculo, y los valores de esbeltez encontrados

en plantines que crecieron dentro del invernadero presentan valores que se encuentran dentro del rango considerado óptimo.

El índice de esbeltez presenta valores más convenientes cuando el plantín crece en envase de 565 cm<sup>3</sup>, lo que puede explicarse por la menor longitud del tallo lograda (Tabla 13) y el diámetro con valores elevados (Tabla 9) en este tipo de envase.

El diámetro al nivel del cuello fue superior ( $p < 0,05$ ) en plantines cultivados en envase de mayor volumen (565 cm<sup>3</sup>) con sustrato 3:1 y con menor volumen (424 cm<sup>3</sup>) y sustrato 1:1 (Tabla 9). Ruano Martínez (2002) cita que esta variable está correlacionada positivamente con mayor volumen de raíces y sección transversal del xilema, lo que le da mayor vigor al plantín. En la Tablas 9 y 11 se observa que el valor de cantidad de raíces secundarias es superior en los tratamientos con mayor diámetro al nivel del cuello, demostrando la relación existente entre el diámetro al nivel del cuello y el desarrollo radicular.

Según se observa en la Tabla 12, la longitud del tallo resultó mayor ( $p < 0,05$ ) en los tratamientos dentro del invernadero, en envase de 424 cm<sup>3</sup>. Como indicó Ruano Martínez (2003), la altura del plantín está correlacionada positivamente con la superficie foliar, la fotosíntesis y la transpiración. Los plantines que mostraron mejores valores de longitud del tallo fueron los que presentaron mayor peso seco del tallo, indicando mayor desarrollo de biomasa aérea en relación a éstos plantines.

Las variables longitud y peso seco de la raíz presentan el mayor valor dentro del invernadero (Tabla 12), demostrando que en este lugar de cultivo los plantines expresan mejor su crecimiento radicular potencial. Esto puede deberse a la independencia de las inclemencias climáticas de los plantines que crecen dentro del invernadero. Además de las variables longitud y peso seco de raíz, el peso seco del tallo, la longitud del tallo, la relación T/R y el diámetro al nivel del cuello también muestran un comportamiento superior en plantines cultivados dentro del invernadero. Estos plantines crecieron bajo la influencia del fotoperiodo constante, lo que les permitió una mayor actividad fotosintética, mayor acumulación de biomasa y crecimiento del plantín.

La relación T/R fue mayor ( $p < 0,05$ ) en los plantines que crecieron en envase de 424 cm<sup>3</sup> (Tabla 12). En base a esto también se observó que la longitud y el peso seco del tallo son mayores cuando el plantín crece en ese tipo de envase, ya que son variables que están relacionadas. La situación se repite de la misma manera al considerar la variable lugar de cultivo; los mayores valores de relación T/R, longitud y peso seco del tallo se encuentran dentro del invernadero.

Por otra parte, la relación T/R también está relacionada con la longitud radicular, y como puede observarse en la Tabla 12, la variable longitud de la raíz presenta un valor menor en el envase de 424 cm<sup>3</sup>.

Las variables que presentaron valores más adecuados para el envase de 565 cm<sup>3</sup>, fueron longitud de la raíz y contenido hídrico relativo. En envases de mayor capacidad las raíces logran mayor desarrollo y los plantines mejor estado hídrico. Relacionando la longitud de la raíz con la cantidad de raíces secundarias observamos que para obtener valores elevados de ambas variables, en envase de 565 cm<sup>3</sup>, se debe rellenar con sustrato 3:1 y cultivar dentro del invernadero (Tabla 12). Los plantines que crecen en envases más profundos, invierten

mayor energía en desarrollar su estructura radical, especialmente su eje principal, retrasando o delegando el crecimiento en altura. En la Tabla 12 puede observarse que en el envase de 565 cm<sup>3</sup> los plantines logran mayor longitud de raíz y menor longitud del tallo, coincidiendo con lo estudiado por Mexal (2012).

Respecto al sustrato las variables que presentaron diferencias significativas en su comportamiento ( $p \leq 0,05$ ) fueron la relación tallo/raíz y el peso seco del tallo, con valores superiores en la mezcla 3:1. Los resultados demuestran que este sustrato permitiría mayor crecimiento de la parte aérea, en biomasa y longitud, evidenciado en los valores superiores de relación T/R y peso seco del tallo, variables que están correlacionadas positivamente.

### Calidad de los plantines en relación a la fertilización biológica

Se observó que los tratamientos a los que se les realizó fertilización biológica presentaron mayor porcentaje de germinación. Al extraer los plantines de su medio de cultivo para observar los resultados, no se observaron a simple vista la presencia de micorrizas, pero sí su efecto como mayor germinación y crecimiento. Hay que tener en cuenta que una de las repeticiones del tratamiento 2, (envase de 20 cm, sustrato 1:1, sin micorrización) tuvo el 100 % de fallas, germinó una sola planta que no sobrevivió, por lo tanto no forma parte del análisis de los resultados. Según CONAFOR (2009), en latifoliadas las micorrizas no son visibles a simple vista.

Los resultados se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Medidas resumen de plantines en relación a la fertilización biológica

Tratamiento	DT	LT	DR	LR	T/R	PST	PSR	PST/PSR	RS	LL	ICD	CHR	L/D
1	<b>2,75 A</b>	13,33 A	<b>2,45 A</b>	<b>19,65 A</b>	0,7 A	<b>0,69 A</b>	<b>0,65 A</b>	1,89 A	39,25 A	16,78 A	<b>0,23 A</b>	0,92 A	4,78 A
2	2,23 B	9,53 A	1,7 B	15,87 B	0,61 A	0,04 B	0,04 B	1,09 A	24,67 A	16,43 A	0,02 B	0,91 A	4,26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Referencias: DT: diámetro al nivel del cuello. LT: longitud del tallo. DR: diámetro de la raíz. LR: longitud de la raíz. T/R: relación de longitud entre tallo y raíz. PST: peso seco total. PSR: peso seco de la raíz. PST/PSR. Relación entre el peso seco del tallo y la raíz. RS: número de raíces secundarias. LL: longitud de la raíz secundaria más larga. ICD: Índice de Calidad de Dickson. CHR: índice de Contenido Hídrico Relativo. L/D: índice de esbeltez o relación entre longitud y diámetro.

Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p \leq 0,05$ ) para las variables diámetro al nivel del cuello, diámetro de la raíz principal, longitud de la raíz, peso seco del tallo, peso seco de la raíz e índice de calidad de Dickson (Tabla 13).

Se observó mayor desarrollo radicular (diámetro de la raíz principal y longitud de la raíz) en los plantines pertenecientes al tratamiento 1, sometidos a la micorrización. Estos resultados son coincidentes con lo estudiado por Ruano Martínez (2002), que planteó que en la simbiosis hongo-raíz, el elemento fúngico es el responsable de la captación de agua y nutrientes, promoviendo el desarrollo radicular. Esto explica los resultados obtenidos.

La mayor captación de agua y nutrientes de los plantines del tratamiento 1 se reflejan en mayores valores de biomasa; peso seco del tallo y la raíz. Coincidiendo con lo que dice Martínez *et al.* (2007) respecto a la calidad del plantín, los ejemplares con mayor biomasa

aérea poseen tallos más gruesos, lo que se ve reflejado en el mayor diámetro al nivel del cuello de estos plantines.

El índice de calidad de Dickson presenta los mejores valores para los ejemplares del tratamiento 1. Estos plantines están bien proporcionados y tiene mayor biomasa (peso seco) total, resultando en un valor mayor de ICD. Mientras que para el tratamiento 2 el ICD se encuentra muy por debajo del rango considerado normal.



Fig. 11. Comparación de crecimiento aéreo entre un plantín sin micorrizar (izquierda) y otro sometido al tratamiento de micorrización (derecha).



Fig. 12. Comparación de crecimiento radicular entre un plantín sin micorrizar (izquierda) y otro sometido al tratamiento de micorrización (derecha).

### Costos del plantín de calidad

El costo de producción de los plantines es un aspecto muy importante a tener en cuenta para tomar decisiones acerca de la mejor técnica de producción. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Costos de las distintas combinaciones de tratamientos

Tratamientos	Costo total de producción	Costo por unidad producida	Porcentaje de pérdidas estimado	Plantas disponibles para la venta	Costo final
	\$	\$	%		\$/Plantín
1	28004	7,46781	20	10000	9,33477
2	28132	7,50187	20	10000	9,37733
3	28023	7,47269	20	10000	9,34086
4	28156	7,50836	20	10000	9,38546
5	27757	7,40187	20	10000	9,25234
6	27885	7,43593	20	10000	9,29491
7	27775	7,40675	20	10000	9,25884
8	27909	7,44242	20	10000	9,30303

Referencias: Tratamiento 1= Invernadero, envase 424 cm<sup>3</sup>, sustrato 3:1. Trat. 2= Invernadero, envase 565 cm<sup>3</sup>, sustrato 3:1. Trat. 3= Invernadero, envase 424 cm<sup>3</sup>, sustrato 1:1. Trat. 4= Invernadero, envase 565 cm<sup>3</sup>, sustrato 1:1. Trat. 5= Umbráculo, envase 424 cm<sup>3</sup>, sustrato 3:1. Trat. 6= Umbráculo, envase 565 cm<sup>3</sup>, sustrato 3:1. Trat. 7= Umbráculo, envase 424 cm<sup>3</sup>, sustrato 1:1. Trat. 8= Umbráculo, envase 565 cm<sup>3</sup>, sustrato 1:1

Como se observa en la Tabla 15, los costos más bajos se logran al realizar el cultivo bajo umbráculo, en envase de 424 cm<sup>3</sup>, con sustrato compuesto por la mezcla 3:1. El mayor costo es el de cultivar adentro del invernadero, con envase de 565 cm<sup>3</sup> y sustrato 1:1.

El costo del plantín varía entre \$ 9,33 y \$ 9,38 para los distintos tratamientos de cultivo dentro del invernadero, y varía entre \$ 9,25 y \$ 9,30 para el cultivo bajo umbráculo, fuera del invernadero. Tiene menor costo cultivar los plantines bajo umbráculo, pero los índices morfológicos de calidad del plantín son mejores en el invernadero, por lo que en menor tiempo se lograrán plantines de mejor calidad. De esta manera al cultivar dentro del invernadero el costo es menor si se considera el tiempo en que se obtienen los plantines.

## CONCLUSIONES

Para las propiedades físicas y químicas evaluadas en los sustratos, ambas mezclas se encontraron dentro de los valores óptimos para las variables analizadas (porosidad total, porosidad de aireación, contenido relativo de agua y pH). Para la variable densidad aparente los resultados de ambas mezclas fueron cercanos entre sí. En este caso los valores obtenidos son superiores a los considerados óptimos, pero esto se debe a que los componentes de la mezcla, tierra y arena, tienen un peso elevado en relación al volumen que ocupan. Este valor aunque no se encuentre dentro del óptimo tampoco es perjudicial, ya que estos materiales son los que se usan en las mezclas de sustratos de los viveros forestales de la provincia, por su bajo costo y facilidad de obtención.

El sustrato que mostró mejor comportamiento al evaluar sus características fue la mezcla 1:1, debido a su mejor retención de agua y a su aireación.

Respecto a la calidad morfológica de los plantines, al analizar el efecto de los factores lugar, envase y sustrato sobre las distintas variables, se encontraron diversos resultados.

Para el factor lugar de cultivo, los mejores resultados se observaron dentro del invernadero para la mayoría de las variables. En lo que concierne al factor envase, se observaron valores más favorables para las variables más importantes en cuanto a la calidad del plantín; contenido hídrico relativo e índice de esbeltez, al cultivar en envase de 565 cm<sup>3</sup>. Para el factor sustrato, la mezcla 3:1 presentó mejores resultados en las variables relación tallo/raíz y peso seco del tallo. Teniendo en cuenta también las interacciones encontradas, según lo observado en las Tablas 9, 10 y 11, para obtener plantines de mejor calidad se debe cultivar dentro del invernadero, con envase de 565 cm<sup>3</sup> y sustrato con mezcla 3:1.

Al considerar el comportamiento de cada sustrato por separado, los mejores valores se obtuvieron en la mezcla 1:1. Teniendo en cuenta la interacción del sustrato con los factores lugar y envase para evaluar las respuestas de los plantines, los resultados fueron distintos. Esto se debe a que al interactuar los factores de producción con un organismo vivo, el comportamiento del plantín no va a depender de cada factor por separado, sino de la combinación de interacciones entre el plantín y los factores.

En lo que concierne a la fertilización biológica, los mejores resultados en el crecimiento de los plantines a los 9 meses de cultivo se obtuvieron en los tratamientos que fueron fertilizados con micorrizas. Se obtuvieron mayores valores para los parámetros diámetro al nivel del cuello, diámetro de la raíz principal, longitud de la raíz principal, peso seco del tallo, peso seco de la raíz, Índice de calidad de Dickson.

Al considerar los costos de producción, los costos más bajos se logran al realizar el cultivo bajo umbráculo, en envase de 424 cm<sup>3</sup>, con sustrato compuesto por la mezcla 3:1. El mayor costo es el de cultivar adentro, con envase de 565 cm<sup>3</sup> y sustrato 1:1. Si bien se observa que resulta más económico realizar el cultivo fuera del invernadero, los plantines mostraron calidad superior a los 9 meses de cultivo dentro del invernadero, compensando de esta manera la diferencia en el precio. Los plantines que se cultivan dentro del invernadero presentarán menor probabilidad de fallas a campo. Si se realizara el cultivo bajo umbráculo para abaratar costos, los plantines necesitarán más tiempo de cultivo para alcanzar una calidad aceptable para la venta, lo que significa menor retorno del capital invertido, mayores costos de

mantener el cultivo, menores ingresos ya que este cultivo ocupará el lugar de otro y menor rentabilidad al estar mayor capital comprometido en los ingresos que se obtendrán.

Para una PyME de 200 m<sup>2</sup> de superficie, se recomienda una producción de quebracho blanco de 10.000 plantines, que se lograrán en 9 meses, bajo invernadero, utilizando envase de 565 cm<sup>3</sup> y sustrato mezcla 3:1, previamente micorrizado, para obtener los plantines de mejor calidad. Su costo será de \$ 9,37 por plantín. Si no se dispone de invernadero se sugiere sembrar en primavera, bajo umbráculo, considerando que el cultivo se extiende a 1 año.



## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Sanchez M. E., Hernandez-Acosta E., Maldonado-Torres R., Rivera-Gonzalez M. 2013. Encalado y micorriza para corregir deficiencia de fósforo en un Andisol cultivado con *Pinus halepensis*. Madera bosques (online), vol. 19, No. 1, pp. 7-16. Disponible en: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712013000100002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712013000100002&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1405-0471.
- Alzugaray C., Carnevale N., Salinas A., Pioli R. 2005. Calidad de semillas de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht. Quebracho (Santiago del Estero) (online). 2006, No. 13, pp. 26-35. Disponible en: <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-30262006000100004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262006000100004&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1851-3026.
- Alzugaray C., Vesprini J. L. 2011. Fragmentación del bosque chaqueño santafesino y germinación de semillas de *Schinopsis balansae* ENGL. 25° Reunión Argentina de Ecología, Luján. Argentina.
- Ansorena Miner J. 1995. El suelo en la agricultura y el medio ambiente (IV): Evaluación de la fertilidad del suelo. Sustrai No. 38, pp. 34-38.
- Aráoz S., Bima P., Conles M., Hernández R., Joseau M. J., Mazzuferi V., Meehan A., Verzino G., Rodríguez Reartes S., Verga A. 2013. Conservación de recursos forestales nativos de Argentina. El cultivo de plantas leñosas en vivero y a campo. Editorial Brujas. 312 pp.
- Barchuk A. H., Diaz, M. P. 2000. Vigor de crecimiento y supervivencia de plantaciones de *Aspidosperma quebracho-blanco* y de *Prosopis chilensis* en el Chaco árido. Quebracho (Santiago del Estero) No. 8, pp. 17-29
- Barrionuevo S. A., Pan E., Medina J. C., Taboada R. Ledesma R. 2013. La contribución ambiental de rodales de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl. en la fijación de CO<sup>2</sup>: bases para una gestión sustentable. Foresta Veracruzana (en línea) 2013, 15 (Marzo-Agosto). Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49728291004>> ISSN 1405-7247
- Bava J., Rechene C. 2004. Dinámica de la regeneración de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) como base para la aplicación de sistemas silvícolas. Ecología y manejo de los bosques de Argentina. La Plata, Argentina. Laboratorio de Investigaciones de Sistemas Ecológicos y Ambientales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, pp. 1-24.
- Birchler T., Rose R.W., Royo A., Pardos M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales No. 7. Pp. 109-121.
- Boetto M. 2011. Mecanismos de regeneración y supervivencia de especies arbóreas nativas y el papel ecológico de las leñosas en un gradiente de déficit hídrico en la zona semiárida-árida argentina. Facultad de ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
- 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. Buenos Aires. 195 pp.

- Cabrera A.L. (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería; Tomo 2 fasc. 1 Acme, Buenos Aires. 85 pp.
- Carrillo Sánchez C. 2000. Técnicas de micorrización en vivero con hongos ectomicorrícicos. Experiencias realizadas en el Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo", Ministerio de Medio Ambiente, Guadalajara. España. 19 pp.
- Cerviño F. J., Repiso V., Tapias R. 2003. Micorrización controlada de especies forestales del suroeste de la península ibérica con hongos ectomicorrizógenos. XII Congreso Forestal Mundial, Québec City, Canadá.  
Disponible en: < <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0518-B4.HTM>>
- CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Forestales. Mexico. Año 2009.
- Crechi E., Fernández R., Domecq C., Hennig A., Eibl, B. 2005. Crecimiento inicial de 3 especies latifoliadas nativas de interés económico en Misiones (*Cordia trichotoma* (vell.) Arrab. Ex steudel, *Balfourodendron riedelianum* (engl.) Engl., *Enterolobium contortisiliquum* (vell.) Morong. Yvyretá N° 13. Facultad de Ciencias Forestales - INTA Estación Experimental Agropecuaria, Montecarlo. Misiones.
- Demaió P., Karlin U. O., Medina M. 2002. Árboles nativos del centro de Argentina. L.O.L.A (Literature of Latin América ). Editorial: Colin Sharp. Buenos Aires. 210 pp.
- Díaz L. P., Valdora E., Rodríguez S., Arce O., Mainardi Grellet V., Namur J., Medina S., Cuello D. 2013. Multiplicación in vitro de especies forestales nativas de alto valor maderable. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. 10 pp.
- Eibl, B. Montagnini, F. 1998. El potencial de las especies nativas en programas de plantación. VI Jornadas Técnicas, Serie Técnica No. 6, Ecología de Especies Nativas de la Selva Subtropical Misionera. Universidad Nacional de Misiones. Facultad de ciencias forestales. Misiones. Argentina. Mayo, 1998. Pp 19-26.
- Enricci J., Massone D. 2003. Producción de plantines de *Austrocedrus chilensis* en Patagonia Argentina. XII Congreso Forestal Mundial, Québec City, Canadá. Disponible en: <<http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/0241-B3.HTM>>
- Ezcurra C. 2005. Apocynaceae: 247. En: Anton A. & Zuloaga F.O. (Directores) Flora Fanerogámica Argentina 91. Editorial Pro Flora. Museo Botánico, 54 pp. ISBN 9872252947
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2010. conclusiones de la evaluación de recursos forestales mundiales.
- Gaillard de Benitez C., Pece M., Juárez de Galíndez M., Maldonado A., Acosta H., Gómez A. 2000. Biomasa aérea de ejemplares de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) en dos localidades del Parque Chaqueño Seco. Quebracho (Santiago del Estero) No. 9, pp. 115-127.
- Galíndez V. H. 2004. Estudio de los sistemas productivos en montes nativos explotados en el parque chaqueño sub-región chaco semiárido. PIARFON (Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos) Parque Chaqueño Subregión Chaco Semiárido.
- García Esteban L., Medina Lambert J. C., Martínez Marcos R. H. 2003. Mejora de la estabilidad dimensional de la madera de Quebracho Blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht.) mediante el uso de tanino y polietilenglicol. Revista de Ciencias Forestales (en línea) 2004, (diciembre)  
Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48101108>> ISSN 0328-0543

- Gardizi H. S. 2011. Hongos endomicorrízicos combinados en composta en calabacita hidropónica en invernadero. Chapingo, Mexico. 71 pp.
- González M. E., Donoso C., Escobar B. 1996. Efecto de distintos regímenes de manejo radicular en el crecimiento de plantas de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst.) 1-0 a raíz desnuda. Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Bosque No. 17, pp. 29-41  
Disponible en: <[http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-2001996000100005&lng=es&nrm=iso](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-2001996000100005&lng=es&nrm=iso)>
- González J., Pastenes C., Horton P. 2001. Efecto de la temperatura, el estrés hídrico y luminoso sobre la heterogeneidad del fotosistema II en cuatro variedades de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Chilena de historia natural (online), vol. 74, No.4, pp. 779-791.  
Disponible en:  
<[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-078X2001000400006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2001000400006&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0716-078X
- Hernández A. 1999. Las Micorrizas. Centro de estudios ecológicos. Argentina. Disponible en:  
<<http://www.cdeea.com/micorrizas1.htm>>
- Hernández Escobar J. L. 2009. Propiedades hídricas en mezclas de sustratos con diferentes proporciones y tamaños de partícula. Montecillo, México. 94 pp.
- Hidalgo Loggiodice P. R., Sindoni Vielma M., Méndez Natera J. R. 2009. Importancia de la selección y manejo adecuado de sustratos en la producción de plantas frutales en vivero. Venezuela. Revista UDO Agrícola No. 9 (2), pp. 282-288.
- IFONA. Instituto Forestal Nacional. Fichas de maderas nativas. 2004
- InfoStat. 2013. Infostat/Estudiantil. Grupo Infostat/Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina
- INTA. Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria. Programa de Domesticación y Mejoramiento de Especies Forestales Nativas e Introducidas para Usos de Alto Valor (PROMEFA). Año 2005.
- ISTA. International Seed Testing Association (2013). Rules for seed testing. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- Joseau J., Ingaramo P., Dorado M., Alvarez J. L., Casanoves F. 1999. Producción de plantines de *Pinus elliotti* (Engelm) bajo distintas condiciones de cultivo. Asociación Forestal Argentina No. 1 1999, pp. 2-7
- Joseau J. 2001. Producción de plantines de calidad de algarrobo. Jornada de Alberto Kraft. Cátedra de Silvicultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
- Maldonado-Benitez K., Aldrete A., López-Upton J., Vaquera-Huerta H., Cetina-Alcalá M. 2011. Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. Agrociencia (online). 2011, vol. 45, No. 3, pp. 389-398. Disponible en:  
<[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952011000300011&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000300011&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1405-3195.
- 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) (online), vol. 28, No. 3, pp. 226-233. Disponible en:  
<[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92002007000300007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002007000300007&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0717-9200.

- Mateo-Sánchez J., Bonifacio-Vázquez R., Pérez-Ríos S., Mohedano-Caballero L., Capulín-Grande J. 2011. Producción de *Cedrela odorata* L. en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. Ra Ximhai, enero-abril, Vol. 7, Número 1 Universidad Autónoma Indígena de México Mochichahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 123-132.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Nuevo escenario para la promoción forestal y el manejo de los bosques nativos. Cartilla para autoridades provinciales de aplicación. Año 2013.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Subsecretaría de Agricultura. Dirección de Producción Forestal. Comercio exterior. Intercambio comercial argentino de productos forestales. Año 2014.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Subsecretaría de Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Plan nacional de ciencia, tecnología e innovación. Mesa de implementación. Producción y procesamiento de recursos forestales. Documento de referencia. Año 2013.
- Moglia J. G., Giménez A. M., Gómez J. 2009. Maderas empleadas en construcciones históricas jesuíticas de Córdoba, Argentina. Anales del Museo de América XXI (2013) Pp. 212-228
- Montañez Orozco B. I. 2009. Efecto de la micorrización en plantas de aguacate durante la fase de vivero (*Persea americana* L.) en suelos provenientes de los Llanos Orientales (Colombia). Master Thesis. Universidad Nacional de Colombia.
- Mottura M. 2002. Programa para el Cálculo de Costos de Plantines forestales (CPPF). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba
- Niella F., Rocha P. 2013. Efecto del tratamiento inductivo en el enraizamiento de estacas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, *Myrocarpus frondosus* fr. All. y *Balfourodendron riedelianum* (Engl). Yvyrareta nº 14 (Dic 2007) pp. 41-46.
- Noda Y. 2009. Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. Pastos y Forrajes (online), vol. 32, No. 2, pp. 1-1. Disponible en: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942009000200001&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0864-0394.
- Olivares Pascual J. 2005. Fertilización Biológica de las Plantas. Estación experimental del Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Granada, España.
- Pire R., Pereira A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Bioagro (online), vol. 15, No. 1, pp. 55-64. Disponible en: <[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612003000100007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612003000100007&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1316-3361.
- Prieto, R. J. A., Vera C. G. y Merlín B. E. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico No. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango, México. 24 pp.
- Prieto R. J. A., García R. J. L., Mejía B. J. M.; Huchín A. S. y Aguilar V. J. L. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial No. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, México. 48 pp.
- Rentería A. A., Jiménez H. C., Landa J. A. 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* Sch. et Cham., *Pinus montezumae* Lamb. Y *Pinus pseudostrabus* Lindl. en condiciones de vivero. Foresta Veracruzana (en línea), No. 1. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49710206>> ISSN 1405-7247

- Ruano Martínez J. R. 2002. Viveros Forestales. Mundi Prensa. 281 pp.
- Sáenz R. J. T., Villaseñor R. F. J., Muñoz F. H. J., Rueda S. A., Prieto R. J. A. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico No. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 pp.
- Salto C., García M. A., Harrand L. 2013. Influencia de diferentes sustratos y contenedores sobre variables morfológicas de plantines de dos especies de *Prosopis*. Quebracho (Santiago del Estero) (online). 2013, vol. 21, No. 2, pp. 90-102. Disponible en: <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-30262013000200004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262013000200004&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1851-3026.
- Schamne D., Barth S., Eibl B. 2008. Influencia del tamaño del recipiente en el crecimiento de plantines de cuatro especies nativas. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones – Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina. 11 pp.
- Tarnowski C. 2005. Silvicultura intensiva y desarrollo sustentable con especies Valiosas en el noroeste argentino. Proyecto de beca: Propagación agámica de especies forestales de alto valor. INTA – Estación Experimental de Cultivos Tropicales Yuto. Centro Regional Salta – Jujuy. 27 pp.
- Thompson B.E. 1985. Seedling morphological evaluation: What you can tell by looking. In: Evaluating seedling quality; Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Test. M. L. Duryea (ed.). Forest Res. Lab., Oregon State University, Corvallis, Or. USA. pp: 59-71.
- Thompson L. Troeh F. 2002. Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverté S.A. Cuarta Edición. Pp. 75-85
- Tortorelli L. A. 2009. Maderas y bosques argentinos. Orientación gráfica Editora SRL. Buenos Aires. 515 pp.
- Valenzuela O., Gallardo C. 2005. Sustratos Hortícolas. Un insumo clave en los sistemas de producción de plantines. IDIA XXI Año III No. 4 Horticultura y Floricultura: 25-29. ISBN: 987-521-0044-7. 2003
- Viel R. 1997. Efecto de la altura del contenedor porosidad del sustrato en el crecimiento y desarrollo de plantas de *Pinus radiata* D. Don. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura. Concepción, Chile.