



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Evaluación de diferentes alternativas en la producción de Tala (*Celtis ehrenbergiana*) en vivero, para su utilización en la rehabilitación de bosques impactados por la extracción de conchillas en el partido de Castelli, Buenos Aires

Trabajo Final de Grado en la modalidad investigación para acceder al Título de Grado de la Carrera de Ingeniería Forestal

Estudiante: **Sánchez Acosta, Facundo Martín**

Legajo: **27171/4**

DNI: **37.378.932**

Directora: **Pérez, Carolina**

Codirectora: **Medina, Micaela**

Fecha de entrega: **12 de Marzo del 2020.**

AGRADECIMIENTOS

A mi directora Carolina Pérez, por su compromiso, paciencia y apoyo. A mi co-directora Micaela Medina, por toda su ayuda brindada.

A mis evaluadores, Corina Graciano y Andrea Pellegrini, por sus aportes enriquecedores al trabajo.

Al Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA) y a la Unidad de Vivero Forestal de la facultad, quienes me brindaron el lugar de trabajo y materiales.

Al laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, por el lugar de trabajo y materiales aportados.

A la Universidad Nacional, que por ser pública y gratuita me permitió poder realizar mis estudios y alcanzar el título de grado.

A mis profesores, por su vocación y compromiso con el sistema educativo público.

A mis compañeros, por haber hecho tan especiales todos estos años de estudio dentro de la facultad.

A mis amigos, por su apoyo y contención durante todos estos años.

A mi compañera, por estar siempre y alegrar mis días.

A mis hermanos, por su apoyo emocional.

A mis viejos, sin ustedes no podría haber logrado nada de lo que me trajo hasta este momento.

Gracias!

INDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 Objetivos	9
1.2 Hipótesis	9
2. MATERIALES Y MÉTODOS	9
2.1 Área de Estudio	9
2.2 Diseño del ensayo	10
2.3 Características de los sustratos	11
2.4 Obtención de semillas, siembra y germinación en invernáculo	15
2.5 Crecimiento y atributos funcionales	18
2.6 Mediciones No Destructivas	19
2.7 Mediciones Destructivas	20
2.8 Relaciones entre variables.....	27
2.9 Análisis Estadístico.....	27
3. RESULTADOS	27
3.1 Análisis de los sustratos	27
3.2 Germinación	28
3.3 Mediciones No Destructivas	29
3.4 Mediciones Destructivas	30
3.5 Relaciones entre Variables	36
4. DISCUSIÓN	40
4.1 Germinación	40
4.2 Crecimiento y atributos funcionales en relación con el sustrato y al tamaño de envase	41
5. CONCLUSIONES.....	46
6. PERSPECTIVAS A FUTURO.....	47
7. BIBLIOGRAFIA.....	48

RESUMEN

Los bosques de tala (*Celtis ehrenbergiana* (Klotzsch) Liebm. var. *ehrenbergiana* (tala) constituyen un sistema con alto valor de conservación de la biodiversidad. En las costas del Río de la Plata, la pérdida de superficie de estos bosques obedece principalmente la explotación minera del subsuelo para la extracción de conchilla. Ensayos de reforestación con tala en una cantera abandonada en el partido de Castelli evidenciaron escasa supervivencia y crecimiento de esta especie. Sin embargo, en ese mismo sitio se observa un importante establecimiento espontáneo del tala en montículos de material remanente de la explotación minera. Para lograr objetivos de rehabilitación de estos bosques es necesario contar con técnicas de producción de plantas que sean capaces de sobrevivir en las adversas condiciones de las canteras. El objetivo de este trabajo fue analizar diferencias respecto del crecimiento y atributos funcionales en plantas de tala producidas en la Unidad de Vivero Forestal de la FCAYF, en diferentes tamaños de envase (1 litro y de 10 litros) y sustratos (sustrato común del vivero y sustrato proveniente de la cantera). El ensayo consistió en cuatro tratamientos de 20 plantas cada uno, combinando tamaños de envase y tipo de sustrato. Se midió el diámetro a la altura de cuello y altura, y se estimaron el área foliar, área foliar específica, longitud específica de raíz, profundidad máxima alcanzada por la raíz, cocientes peso seco subterráneo/peso seco aéreo, peso seco de raíces finas/peso seco de hojas y longitud de raíces finas/área foliar. Los tratamientos se compararon mediante ANOVA de dos factores. Se corroboró que en el sustrato cantera, con menor disponibilidad de recursos, las plantas tuvieron menor área foliar, mayor longitud específica de raíz y mayores cocientes raíz/tallo, atributos que le conferirían una mayor capacidad de supervivencia en condiciones de estrés hídrico.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques nativos ofrecen una amplia gama de servicios ambientales, incluyendo los denominados servicios de soporte (provisión de agua dulce, conservación de la

biodiversidad, formación de suelos), de aprovisionamiento (alimentos, fibras, agua y materia prima), de regulación (control de erosión, ciclo de nutrientes, regulación del clima, control de inundaciones) y culturales (recreativos, patrimonio histórico, costumbres, entre otros) (Goldman et al., 2008). Los servicios ecosistémicos provistos por los bosques han recibido particular atención, en gran parte debido a las consecuencias negativas de la deforestación (Brown & Lugo, 1994). La deforestación, a nivel global, altera el albedo y el balance de agua atmosférica, pudiendo afectar los patrones climáticos y contribuir al calentamiento global (Houghton, 1991; Lugo, 1992; Whitmore, 1993, 1997; Whitmore & Sayer, 1992). A nivel regional, genera la pérdida del uso forestal, deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y desestabilización de cuencas. A nivel de paisaje, genera la reducción del hábitat y su fragmentación con la consecuente pérdida de biodiversidad (Meffe & Carroll, 1994; Murcia, 1995).

La pérdida de superficie boscosa en la República Argentina en gran medida ha sido consecuencia del cambio de uso del suelo (Frangi et al., 2015). Al deforestar para poder realizar una actividad productiva determinada (agricultura, ganadería, forestaciones con especies exóticas y minería, entre otras), se está modificando al ecosistema original de tal forma que puede resultar difícil volver al estado inicial del mismo. De las actividades productivas señaladas, la minería a cielo abierto ocasiona una alteración profunda del paisaje y la destrucción prácticamente total de los ecosistemas originales (Jorba & Vallejo, 2008). Se generan cambios drásticos en la estructura del suelo, se produce compactación por uso de maquinaria, erosión acentuada por factores asociados con el clima, generalmente viento y precipitación, pérdida de cobertura vegetal, contaminación hídrica y modificación de la dinámica de aguas superficiales y subterráneas (Gil Mateus, 2017).

La rehabilitación es una metodología empleada que consiste en restablecer los procesos esenciales que permiten que el ecosistema se mantenga y regenere por su cuenta, aunque no necesariamente se espera que alcance su estado original (Aguirre et. al., 2013). Una estrategia utilizada para la rehabilitación de áreas boscosas degradadas o deforestadas, es reforestar con especies arbóreas nativas (Meli, 2003). Las técnicas

utilizadas en el vivero al producir especies nativas para reforestar áreas degradadas podrían afectar su desempeño una vez que son llevadas al campo. Estas técnicas incluyen forma y volumen del contenedor inicial donde se desarrollan las plantas y características del sustrato (Chirino et al., 2008; Dumroese & Landis, 2015; Mariotti et al., 2015). Resulta importante conocer las respuestas a diferentes tratamientos de producción de la especie que se va a plantar y así perfeccionar las prácticas en vivero. Se espera, que tales prácticas modifiquen las características morfológicas de las plantas para asegurar una mayor supervivencia a campo (Duryea, 1984). Estas prácticas, abarcan la selección de las especies, el manejo de semillas, los procesos de producción y cuidados durante el transporte y la plantación (Rose et al, 1990). Además, la calidad final del plantín va a depender del material genético y de las técnicas utilizadas en su producción en vivero, reflejando finalmente su capacidad de adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas de plantación (Prieto Ruíz, 2004). Por ejemplo, en la producción de las plantas durante sus primeros meses de desarrollo puede ocurrir que los plantines desarrollen una serie de deformaciones en sus sistemas radicales al ser perjudicados cuando no se elige de forma adecuada el tamaño del contenedor. Esto afecta a la distribución de las raíces, al mismo tiempo que las deforma. En plántulas de *Pinus sylvestris* que se desarrollaron dentro de contenedores se observó la presencia de severos espiralamientos del sistema radical, pero no se observaron deformaciones radicales en renovales de árboles con regeneración natural en bosques de la región central de Suecia (Lindström & Rune, 1999).

Por otro lado, un rasgo funcional es una característica o atributo de un organismo que otorga información del papel que desempeña en el ecosistema y de su respuesta ante cambios en factores ambientales o la incidencia de perturbaciones (Lavorel & Garnier, 2002). De esta manera, puede medirse cómo las plantas se ajustan al desequilibrio de recursos (Chapin et al., 1987). Pérez Harguindeguy et al., (2013), publicaron un manual donde se describe el protocolo de medición de los caracteres funcionales más importante y de los procesos o aptitudes de las plantas de los que éstos son indicadores. Por ejemplo, el área foliar y el área foliar específica son rasgos funcionales aéreos. El área foliar, que es el

área proyectada de una cara de la hoja individual, ha sido relacionada con la capacidad de las plantas de tolerar diferentes niveles de estrés (Engelbrecht, 2001). El área foliar específica, es el área de las hojas frescas de una planta divididas por su peso seco, esta variable tiende a relacionarse de manera positiva con las tasas de crecimiento de los individuos y con la tasa fotosintética bajo condiciones de saturación de luz y negativamente con la longevidad de las hojas (Westoby et al., 2002, Wright et al. 2010). La longitud específica de raíz y la profundidad máxima del sistema radical son rasgos funcionales subterráneos. La primera es la relación entre la longitud de la raíz y la biomasa seca de las raíces finas. Las plantas que poseen mayor longitud de raíces para una inversión dada de masa seca, generalmente, tienen mayores tasas de adquisición de agua y de nutrientes (Fort et al., 2017). La profundidad máxima del sistema radical es un indicador de la dependencia de las plantas sobre los recursos que se ubican a diferentes profundidades del suelo (Padilla & Pugnaire, 2007). Además, las relaciones entre estas variables son útiles para analizar la distribución de los fotoasimilados dentro del mismo individuo, ya que a medida que una planta captura carbono y nutrientes debe asignar estos recursos adquiridos a diferentes tejidos (Shiple & Meziane, 2002). En muchos casos la distribución de fotoasimilados está relacionada con su escasez. Por ejemplo, si la luz se vuelve limitante es esperable un aumento de la biomasa de hojas, mientras que si el agua y los nutrientes se vuelven limitantes se espera una mayor asignación de la biomasa hacia las raíces. El cociente del peso seco de raíces y del peso seco de las hojas es un indicador de este tipo de respuesta (Chapin et al., 1987; Markesteijn & Poorter, 2009; Shiple & Meziane, 2002). A su vez, la inversión de los fotoasimilados hacia diferentes órganos también puede expresarse como el cociente entre la longitud de raíz fina y el área foliar total (cm/cm^2) (Körner & Renhardt, 1987).

Uno de los ecosistemas boscosos del país más afectados por la minería a cielo abierto, es el de los talaes de la Provincia de Buenos Aires, en los partidos de Magdalena y Castelli. Estos bosques se encuentran dominados por *Celtis ehrenbergiana* “tala” y *Scutia buxifolia* “coronillo”, y constituyen la principal comunidad boscosa de la Provincia de Buenos

Aires (Arturi & Goya, 2004). Los talares ocupan las áreas de relieve positivo, constituidas por depósitos calcáreos (conchilla). Estos cordones fueron originados por ingresiones marinas cuaternarias que depositaron valvas de moluscos (Fidalgo et al., 1973). Los talares se encuentran en retroceso por diversas actividades antrópicas (Athor et al. 2006). Las principales actividades económicas desarrolladas en la región son la ganadería y la explotación de los materiales calcáreos del subsuelo (Arturi & Goya, 2004). La primera de ellas muchas veces va acompañada de desmontes para abrir pasos para el ganado y áreas de pastoreo, mientras que la explotación de la conchilla subsuperficial implica no sólo de la eliminación del bosque, sino que modifica el suelo, alterando, entre otras, las condiciones de relieve positivo y buen drenaje que requiere el tala para su crecimiento y regeneración. El suelo removido en los sitios modificados por actividades humanas representa un factor muy importante en la regeneración del tala. En las canteras, los renovales se establecen sobre acúmulos de tierra removida con muy baja biomasa de herbáceas (Arturi & Goya, 2004).

En el partido de Castelli, una cantera de conchilla de 4 ha, en la que las actividades extractivas finalizaron en 2011, el grupo de trabajo del Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA, UNLP), viene llevando adelante diferentes estrategias para lograr la rehabilitación ecológica del bosque de tala. En 2012, en una porción del terreno en el que se adicionó tierra negra, se realizó una plantación exploratoria con 189 ejemplares de tala. Debido a que la supervivencia y crecimiento de estas plantas fue poco satisfactoria, en 2014 se realizó un ensayo con 48 individuos, incorporando tratamientos de reparo y desmalezado a fin de evaluar su efecto sobre la supervivencia y crecimiento de los talas (Plaza Behr, 2017). Si bien la supervivencia en el segundo ensayo fue reducida, se observaron efectos positivos del desmalezado y en menor medida del reparo, lo que destaca la importancia de la disponibilidad hídrica en períodos con alta demandas evaporativas del aire como uno de los principales factores determinantes del establecimiento del tala en las adversas condiciones de la cantera (Plaza Behr, 2017). Sin embargo, en esta cantera, se observó la regeneración espontánea en acúmulos de tierra producidos por la remoción del horizonte superficial, para la extracción del material calcáreo.

El presente trabajo tiene como objetivo general contribuir a mejorar las técnicas de producción de plantines de tala destinados a la reforestación de canteras abandonadas. Se busca entender el efecto de las técnicas de producción en vivero, analizando diferencias en los atributos funcionales de los plantines obtenidos con diferentes tratamientos. Para ello se propone realizar un ensayo para evaluar si el volumen de suelo disponible y su calidad constituyen factores centrales para el establecimiento del tala en la cantera.

1.1 Objetivos

Analizar diferencias respecto del crecimiento y atributos funcionales en plantas de tala producidas en diferentes sustratos y tamaños de envase.

El crecimiento se medirá a través del diámetro a la altura de cuello y la altura. Los atributos funcionales que se evaluarán serán área foliar, área foliar específica, longitud específica de raíz, profundidad máxima alcanzada por la raíz, cocientes peso seco subterráneo/peso seco aéreo, peso seco de raíces finas/peso seco de hojas y longitud de raíces finas/área foliar.

1.2 Hipótesis

En las primeras etapas de crecimiento de los plantines de tala, el volumen del envase y/o el tipo de sustrato afectan atributos funcionales que se relacionan con su capacidad de crecimiento y supervivencia en condiciones de baja disponibilidad de agua. El mayor volumen del envase y/o el sustrato de la cantera promueven el desarrollo de plantas con mayor desarrollo del sistema subterráneo con respecto al aéreo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de Estudio

El ensayo se realizó en la Unidad de Vivero Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), ubicada en la ciudad

de La Plata (34° 55' S; 57° 17' O), provincia de Buenos Aires. La zona donde se encuentra la cantera y para la que se busca generar información que sea de utilidad en la rehabilitación del bosque, se encuentra en la localidad de Cerro de la Gloria, partido de Castelli (35°56'35,77" S- 57°26'48,25" O) en el sector este de la distribución de los talares en la Provincia de Buenos Aires (Torres Robles & Arturi, 2009). El ensayo fue llevado a cabo en forma conjunta por la Unidad de Vivero Forestal y el LISEA.

2.2 Diseño del ensayo

El ensayo consistió en evaluar dos tamaños de envase y dos sustratos diferentes. Los tamaños de envases fueron de 1 litro y de 10 litros. Los envases de 1 litro fueron bolsitas de polietileno de 10 cm de diámetro y altura de 14 cm. Los envases de 10 litros fueron macetas sopladas de 20 cm de diámetro y altura de 29 cm. Los sustratos fueron: sustrato común del vivero y sustrato proveniente de la cantera. El sustrato del vivero se obtuvo mezclando tierra negra y arena en una proporción 4:1 (v/v). El otro sustrato se extrajo de la cantera.

A partir de la combinación de estas variables, se realizaron cuatro tratamientos:

- Tratamiento 1: Envase de 1 litro y sustrato del vivero.
- Tratamiento 2: Envase de 1 litro y sustrato de la cantera.
- Tratamiento 3: Envase de 10 litros y sustrato del vivero.
- Tratamiento 4: Envase de 10 litros y sustrato de la cantera.

Se utilizaron veinte plantas por cada tratamiento (20 plantas x 4 tratamientos = 80 plantas en total) (Figura 1).

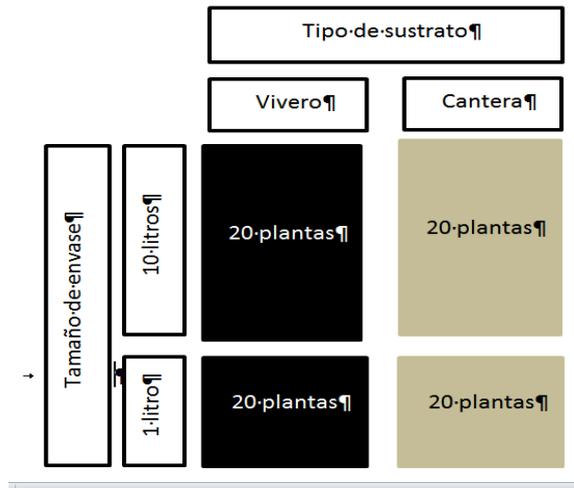


Figura 1. Esquema de diseño del ensayo

Se identificó a cada una de las plantas mediante un rótulo numérico: las plantas de envase de 1 litro y sustrato vivero se numeraron del 1 al 20; las de envase de 1 litro y sustrato cantera se numeraron del 21 al 40; las de envase de 10 litros y sustrato vivero se numeraron del 41 al 60 y las de envase de 10 litros y sustrato cantera se numeraron del 61 al 80.

2.3 Características de los sustratos

En ambos sustratos se estimaron el contenido de materia orgánica y la textura como indicadores de fertilidad (reserva de nutrientes) (Galantini y Suñer, 2008) y de la capacidad de retención hídrica de los mismos (disponibilidad de agua) (Israelsen & Hansen, 1979), respectivamente. Los dos sustratos mostraron diferente aspecto (Figura 2). En este trabajo no se tuvo como objetivo hacer un análisis detallado de los sustratos utilizados, sino evaluar los atributos funcionales de las plantas de tala que crecen en diferentes condiciones de volumen y calidad de sustrato.



Figura 2. Muestras de sustratos utilizadas en los análisis de laboratorio. A la izquierda se observa el sustrato vivero, y a la derecha el sustrato cantera.

Determinación de textura: la textura de un suelo (o sustrato) determinado, es una de las principales características que se relacionan con la capacidad de éste de retener o drenar agua. La misma consiste en la relación porcentual de cada uno de los grupos de partículas primarias menores a 2 milímetros de diámetro, encontrándose las arenas (0,05-2mm), limos (0,002-0,05mm) y arcillas (menores a 0,002 mm) (Schoeneberger et al., 2012). Las fracciones más finas son las responsables de generar una mayor retención del agua, y las más gruesas incrementan la permeabilidad. Esto se debe principalmente a que las fracciones más finas son generadoras de poros más pequeños, y las más gruesas determinan un mayor tamaño de poros. La porosidad es también un indicador de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (Buckman y Brady, 1977).

La determinación de la textura de ambos sustratos se realizó mediante el Método del Hidrómetro de Bouyoucos. Este método se basa en la separación de las partículas primarias del suelo en función de la distinta velocidad de caída que tienen las mismas en un fluido, precipitando primero las arenas, seguidas de los limos (Bouyoucos, 1962). Se realizó una adecuada dispersión y separación de las partículas primarias (dispersión química con sodio y otra física). Se colocaron las muestras en probetas estandarizadas, midiéndose la

densidad a los cuarenta segundos que se estipula que es el tiempo que tarda en precipitar la arena (determinándose el porcentaje de limo y arcilla) y a las dos horas que es el tiempo en que se considera que precipita el limo (determinándose el porcentaje de arcilla). De esta forma se obtuvieron los porcentajes de las fracciones granulométricas de cada uno de los sustratos, y mediante el triángulo de clases texturales del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) se determinó a que clase textural pertenecían.

Una vez obtenida la textura, se siguió a Israelsen & Hansen (1979) (Tabla 1) para obtener valores de referencia de contenidos hídricos en base a la misma, y la capacidad de almacenaje de agua útil para las plantas en cada sustrato.

Tabla 1: Valores de referencia en contenidos hídricos del suelo a saturación (Ws), contenidos hídricos a capacidad de campo (Wc), contenidos hídricos en marchitez permanente (Wm), densidad aparente, humedad aprovechable total (HAT) relación en peso y humedad aprovechable total relación en volumen. Fuente: Israelsen & Hansen (1979).

Textura	Ws % en peso	Wc % en peso	Wm % en peso	Densidad ap. g/cm ³	HAT % en peso	HAT % en volumen
Arenosa	38 (32-42)	9 (6-12)	4 (2-6)	1,6 (1,5-1,7)	5	8
Franco Arenosa	43 (40-47)	14 (10-18)	6 (4-8)	1,5 (1,4-1,6)	8	12
Franca	47 (43-49)	22 (18-26)	10 (8-12)	1,4 (1,35-1,5)	12	17
Franco Arcillosa	49 (47-51)	27 (23-31)	13 (11-15)	1,35 (1,3-1,4)	14	19
Arcillo Arenosa	51 (49-53)	31 (27-35)	15 (13-17)	1,3 (1,2-1,4)	16	21
Arcillosa	54 (51-56)	36 (31-40)	17 (15-19)	1,2 (1,1-1,3)	19	23

Determinación de materia orgánica: La materia orgánica del suelo (MOS) juega un papel clave en la fertilidad de los suelos como fuente de nutrientes para las plantas y fuente de energía para los microorganismos. Además cumple funciones de tipo biológico, químico y físico, que derivan de reacciones de la MOS, entre las que se incluyen cambio iónico, oxidación-reducción, capacidad tampón, formación de complejo de metales, entre otros (Sales Dávila, 2006). La MOS, se encuentra asociada a la fracción mineral, y es producto de

transformaciones, descomposiciones y resíntesis de restos orgánicos, denominada habitualmente humus, procesos de humificación y de formación de complejos organominerales (Sales Dávila, 2006). La MOS participa en la formación agregados, dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas. Incrementa la retención del agua, disminuye la erosión y favorece el intercambio gaseoso (Julca Otiniano et al., 2006). El mayor porcentaje de materia orgánica en un suelo (o en este caso sustrato), va a determinar a grandes rasgos una mayor fertilidad y una mayor retención hídrica.

La determinación de la MO en ambos sustratos se realizó mediante el método de Walkley y Black. A través de este método se determina el porcentaje de carbono orgánico (constituyente de la materia orgánica) fácilmente oxidable (Walkley & Black, 1934). Se realizó una oxidación de la MO con ácido crómico utilizando el calor de hidratación del ácido sulfúrico, posteriormente se realizó una valoración del exceso de ácido crómico. Con este método no se llega a oxidar el 100% del C presente en el suelo en sus distintas formas, la proporción oxidada de C es variable, generalmente entre el 80-83% (Walkley & Black, 1934). Por otra parte, se asume que el contenido de carbono de la MO es aproximadamente del 58% (factor Van Bemmelen de 1,724) (Tabatabai, 1996). De acuerdo con ambos factores, finalmente se multiplicó el resultado obtenido del carbono orgánico por 2 para obtener el porcentaje de MO.

Determinación de la Acidez Activa: La acidez que se evalúa es la no intercambiable, determinación de la concentración de H^+ en la solución externa del suelo (Bohnet et al., 1993). Según la proporción suelo:agua utilizada se obtienen diferentes medidas empíricas del pH. El pH actual, se obtiene en proporción suelo:agua 1:1 o 1:2,5 (g de suelo: cm³ de agua). El pH se mide introduciendo los electrodos en la suspensión agitada luego de unos minutos de mezclar (SAMLA, 2018). En este caso se utilizó una proporción de 1:2.5, la cual simula una condición del suelo en la cual se está regando al mismo, lo cual es precisamente lo que se hizo durante el crecimiento de los individuos del ensayo.

2.4 Obtención de semillas, siembra y germinación en invernáculo

Las semillas para el ensayo se obtuvieron de dos sitios diferentes, y de dos años de cosecha diferentes, aunque en ambos casos la cosecha fue en el mes de marzo. Una parte de las semillas se obtuvo de talas que se encuentran en el Paseo del Bosque de la ciudad de La Plata, y se cosecharon en el año 2016, la otra parte se obtuvo de ejemplares de tala que se encuentran en cercanías de la Unidad de Vivero de la Facultad y se cosecharon en el año 2018. Previamente a la siembra se realizó un tratamiento de humedecimiento de las semillas durante 24 horas (Figura 3).



Figura 3. Semillas de tala utilizadas para el ensayo, se observa el tratamiento de humedecimiento previo a la siembra.

El 26 de septiembre del 2018 se realizó la siembra de las semillas. Se sembraron 400 semillas en total: 200 provenientes de la cosecha del 2016 y 200 de la cosecha del 2018. Se sembraron un total de 10 bandejas con 24 tubetes forestales por bandeja, las dimensiones de estos fueron: 20 cm de altura, 5 cm de diámetro superior y 2,5 cm de

diámetro inferior. En cinco bandejas se utilizó el sustrato del vivero, y en cinco bandejas el sustrato de la cantera. A su vez, en dos bandejas (1 bandeja de cada sustrato) fueron sembradas con semilla del 2016 colocando tres semillas por cada tubete. Las ocho bandejas restantes fueron sembradas con semilla de 2018, colocando una semilla por tubete. Respecto de las semillas del 2016, se utilizaron tres por tubete, debido a que en siembras anteriores se observó que el tala pierde rápidamente el poder germinativo con el paso del tiempo (Figura 4).

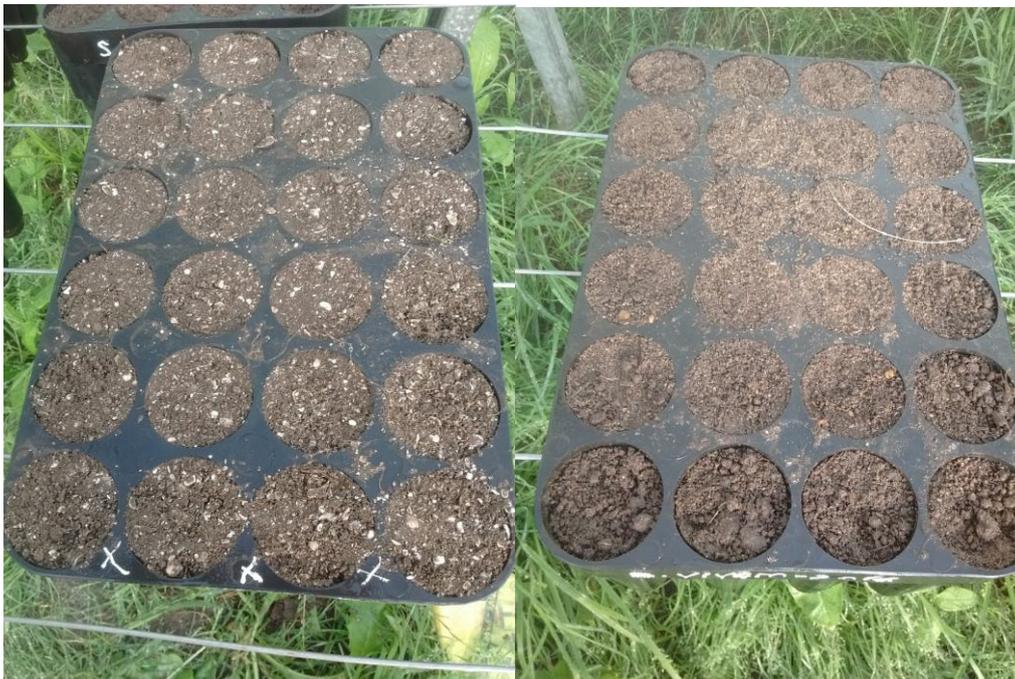


Figura 4. Bandejas forestales sembradas, a la izquierda se observa una bandeja conteniendo sustrato cantera, a la derecha otra bandeja con sustrato vivero.

Las bandejas completas (con el sustrato y las semillas), se colocaron dentro del invernáculo del vivero, el cual cuenta con un sistema de riego por microaspersión. A medida que las semillas fueron germinando, las plántulas se trasvasaron de forma inmediata, para evitar que el tubete llegara a generar una limitación en el crecimiento (Figura 5). El trasvasado se realizó en los envases de uno y diez litros hasta completar el número de plantas requeridas para el ensayo en cada uno de los tratamientos, siempre utilizando el mismo sustrato en el que habían germinado las plántulas. Durante el transcurso del ensayo,

todas las plantas se mantuvieron en iguales condiciones de luz y riego (Figura 6). En cuanto al riego, la frecuencia del mismo fue cada tres días durante la primavera, y en el verano se regó cada dos días. Este es el mismo intervalo de riego que se utiliza en la Unidad de Vivero Forestal de la Facultad. Se regó a todos los individuos del ensayo en el mismo momento, y aplicando una lámina de riego que permitiera llevar a todas las macetas a saturación.



Figura 5. Plantines de tala germinando en ambos sustratos del ensayo.



Figura 6. Plantines trasvasados en los envases de 1 y 10 litros, en sustrato vivero y cantera.

2.5 Crecimiento y atributos funcionales.

Una vez que germinaron los individuos requeridos para llevar adelante el ensayo propuesto, se dejó que los mismos crecieran durante un período de 3 meses (Figura 7). Pasados los mismos, se procedió a realizar sobre las plantas una serie de mediciones.



Figura 7. Individuos totales del ensayo. Fotografía tomada a fines de diciembre del 2018.

A fines de marzo del 2019 se efectuaron mediciones no destructivas sobre la totalidad de las plantas (80), las cuales permiten evaluar su crecimiento aéreo. A la mitad de las plantas (40) se le realizaron mediciones destructivas (que requieren la cosecha de las

plantas) a fin de estimar los atributos funcionales mencionados. Los restantes individuos vivos se plantaron en la cantera para evaluar estos tratamientos en el sitio a reforestar, lo cual no llegará a evaluarse en el presente ensayo.

2.6 Mediciones No Destructivas

El 23 de marzo del 2019 se constató la supervivencia de todos los individuos del ensayo y se realizaron las siguientes mediciones: DAC (Diámetro a la Altura del Cuello) y la altura del fuste (Figura 8).

DAC. Fue medido con un calibre tipo vernier. Los valores de la variable fueron expresados en mm.

Altura. Altura total del fuste, medida desde el cuello de las plantas hasta el límite máximo superior del fuste. Se midió con cintas métricas. Los valores de esta variable fueron expresados en cm.



Figura 8. Medición de DAC y altura de los individuos con calibre tipo vernier y cinta métrica.

2.7 Mediciones Destructivas

Las mediciones destructivas realizadas fueron: área foliar (AF), área foliar específica (AFE), longitud específica de raíz (LER), profundidad máxima de raíz, peso seco de hojas, peso seco de raíces finas, peso seco aéreo (tallo + ramas + hojas) y peso seco subterráneo (raíces hasta 1mm de diámetro + raíces mayores a 1mm de diámetro).

El 27 de marzo del 2019 se cosecharon 10 plantas al azar por tratamiento (40 en total). Previamente se descartaron algunas plantas que mostraron signos de defoliación por hormigas cortadoras. Las plantas cosechadas fueron separadas en compartimientos aéreos (hojas, tallo y ramas) y subterráneos (raíces finas y gruesas). Primero se retiraron con cuidado todas las hojas de cada uno de los individuos cosechados, e inmediatamente se colocaron en bolsas de papel madera debidamente identificadas. Luego, se descalzaron con cuidado las plantas de los envases (la planta entera, sin sus hojas), procurando mantener al sistema radical intacto, tratando de dejar adherido al mismo la menor cantidad posible de sustrato (Figura 9).



Figura 9. Mediciones destructivas. Extracción de las plantas de los envases.

Una vez descalzadas se colocaron dentro de bolsas plásticas y se llevaron a freezer hasta su posterior procesamiento. Cuando llegó el momento del procesamiento final de las plantas las mismas fueron retiradas del freezer, la parte subterránea de las plantas se lavó con agua corriente sobre un tamiz a fin de evitar pérdidas de material (Figura 10). Por último, las raíces se dejaron secar al aire un breve tiempo sobre papel absorbente.



Figura 10. Lavado del sistema radical de las plantas de tala.

Sobre las muestras obtenidas se realizaron las mediciones de los siguientes atributos funcionales:

Área foliar. Se estimó como la superficie promedio de una hoja individual en cada planta. Se escanearon la totalidad de las hojas de cada uno de los individuos. Esto se realizó inmediatamente después de la cosecha de las plantas para evitar la pérdida de turgencia de las hojas. Los escaneos se guardaron en formato JPEG Color 300 pp (Figura 11). Luego se procedió a medir el área foliar en cada uno de los escaneos utilizando el software Image Tool versión 1.28 CMEIAS Upgrade obteniéndose el área foliar total por

individuo. Luego a esta área foliar por individuo se lo dividió por el número de hojas que poseía el mismo, obteniéndose así el área foliar de una hoja por planta. Se expresa en cm^2 .



Figura 11. Escaneo de las hojas frescas de las plantas de tala cosechadas.

Área foliar específica. Se estimó como el cociente entre área foliar de cada planta y el peso seco de las hojas. El peso seco se obtuvo secando las hojas en estufa a una temperatura de 65°C hasta peso constante. Una vez secas, las hojas se pesaron en balanza analítica de 0,01 g de precisión, obteniéndose el peso seco foliar por individuo (Figura 12). El cociente entre el área foliar de cada individuo por el peso seco de las hojas permitió obtener el área foliar específica por individuo. Se expresa en cm^2/g .

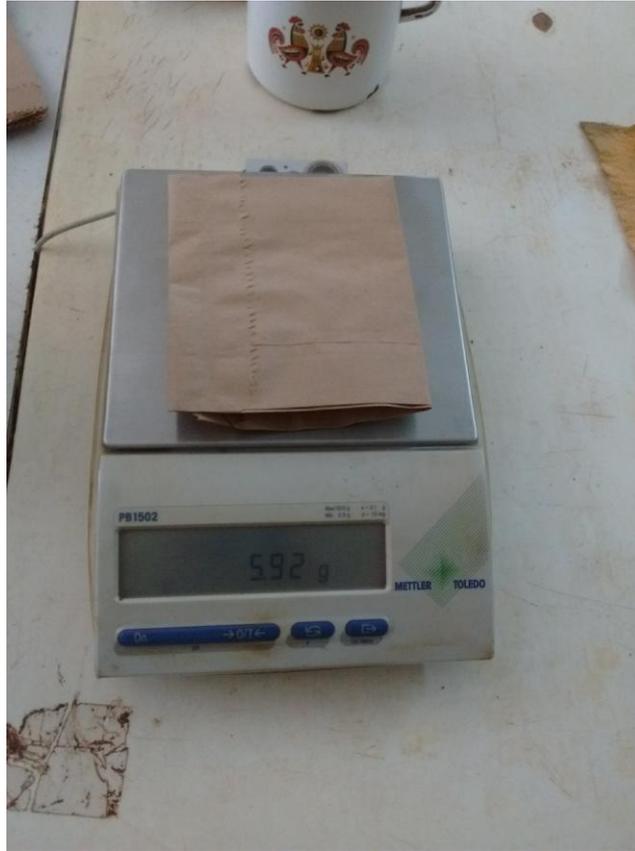


Figura12. Pesado de las hojas de los individuo luego del secado en estufa.

Longitud específica de raíz. Se estimó como el cociente entre la longitud total de las raíces finas de cada planta en función de su peso seco, expresada en m/g. Primero se separaron las raíces finas (hasta 1mm) de las gruesas (>1 mm), para lo cual se utilizó un calibre de metal para corroborar el límite de 1mm de diámetro. Luego se escaneó una submuestra de las raíces finas por planta que correspondía a la cantidad que entraba en el escáner, equivalente a una hoja A4 (Figura 13). Se generaron imágenes en formato JPEG Negro 300pp. Luego se procedió a medir la longitud de raíz utilizando el programa ImageTool J. Debido a lo dificultoso que resultaba el procesamiento de las imágenes y la alta demanda de tiempo que requerían se decidió procesar sólo 5 imágenes por tratamiento (5 por cada tamaño de envase y tipo de sustrato, 20 imágenes en total).

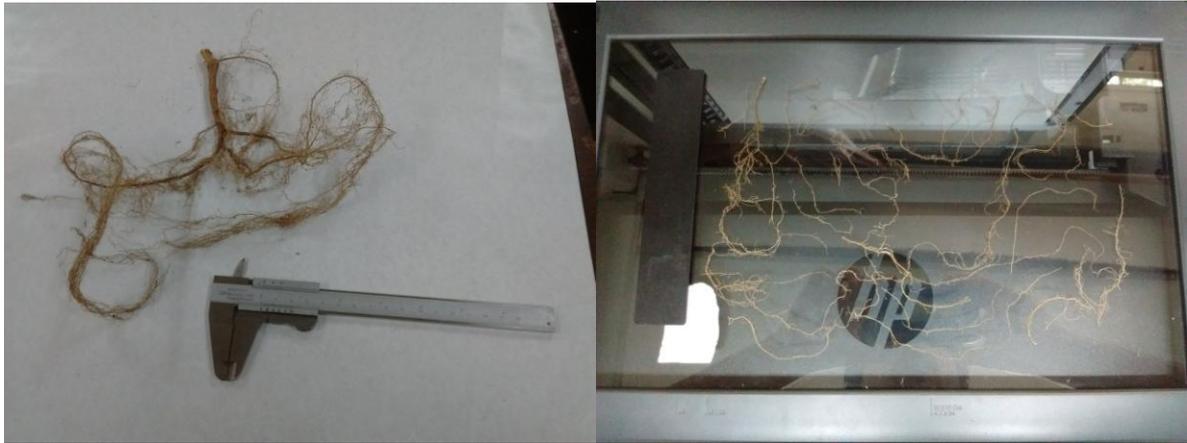


Figura 13. A la izquierda, medición y separación del sistema radical fino del grueso. A la derecha, escaneo del sistema radical fino fresco de las plantas de tala.

Las raíces finas y gruesas, debidamente identificadas, fueron llevadas a estufa a 65°C hasta peso constante. Luego se pesaron con balanza de precisión de 0,0001 g. Finalmente se dividió la longitud obtenida en cada escaneo por su correspondiente peso seco, obteniéndose así la longitud relativa de raíz por planta.

Profundidad máxima de raíz. Es la profundidad máxima que alcanza el sistema radical de cada individuo. Ésta depende de cómo se dispongan las raíces de las plantas en el sustrato, independientemente de la longitud total que posea. Debido a que las raíces tienden a tomar la forma en la cual se disponían estando en el envase, una vez descalzadas las plantas y lavados los sistemas radicales, se dejó que las mismas se acomodaran libremente (tomando la disposición que poseían cuando estaban en los envases), y se consideró a la profundidad máxima como la distancia obtenida desde el cuello de las plantas hasta el límite inferior donde se encontraban las últimas raíces del sistema subterráneo. Para esto se colocaron las 40 plantas (antes de realizar el resto de las mediciones destructivas), sobre un papel cuadriculado (con cuadrículas de 0,5 cm de lado), procurando que el cuello de las plantas quedara siempre sobre una línea de la cuadrícula (por lo tanto, el eje de la planta siempre resultaba transversal a las líneas horizontales), y dejando que el sistema radical se dispusiera en función de la forma que tendía a tomar. Luego se tomaron fotografías digitales de las plantas con el fondo cuadriculado. Por último, se analizaron las

fotos en computadora, haciendo el recuento de la cantidad de cuadrados que existían desde el cuello de la planta hasta la cuadrícula donde se encontraba la última sección de raíces del sistema radical, y se multiplicó este número por 0,5 (medida del lado de la cuadrícula), obteniéndose la profundidad máxima alcanzada por el sistema radical, expresado en cm (Figura 14).



Figura 14. Fotografías de los individuos sobre cuadrícula blanca. A la izquierda se observa un individuo perteneciente al tratamiento sustrato vivero y envase de 10 litros, a la derecha un individuo perteneciente al tratamiento sustrato cantera y envase de 10 litros.

Peso seco aéreo. Es la materia seca de los órganos aéreos de las plantas (tallo + ramas + hojas). Para su obtención se separaron dichos órganos de cada planta y se colocaron en diferentes bolsas de papel madera con su correspondiente identificación, secándose luego en estufa a 65°C hasta peso constante y se pesaron con balanza analítica de 0,01 g de precisión.

Peso seco subterráneo. Es la materia seca del sistema radical de las plantas. Para diferenciar el sistema aéreo del subterráneo se cortó a las plantas a la altura del cuello de éstas (Figura 15). En una primera instancia se separó al sistema radical en distintos compartimentos (como se explicó en la medición de la Longitud Específica de Raíz), se colocaron en distintas bolsas de papel madera detallando compartimento y número de planta, y se llevaron a estufa a 65°C hasta peso constante, luego se pesó a las mismas con una balanza de precisión de 0,0001g. Una vez obtenidos los pesos de los diferentes compartimentos por individuo (raíces finas sin escanear, raíces finas escaneadas y raíces gruesas), se sumaron los mismos obteniéndose de esta forma el peso seco subterráneo total por planta.



Figura 15. Separación de los compartimentos aéreos y subterráneos de las plantas de tala.

2.8 Relaciones entre variables

A partir de los valores obtenidos en las mediciones anteriores (variables destructivas) se calcularon tres relaciones con significado ecológico: cociente peso seco subterráneo/peso seco aéreo, cociente peso seco de raíces finas/peso seco de hojas y longitud total de raíz/área foliar total.

Cociente Peso seco subterráneo (g)/Peso seco aéreo (g). Se obtiene de la división entre los pesos secos de la parte subterránea (raíces finas + gruesas) y la parte aérea de la planta (hojas + fuste + ramas). Variable adimensional

Cociente Peso seco raíces finas (g)/Peso seco hojas (g). Se obtiene dividiendo el peso seco de las raíces finas de cada planta por el peso seco de las hojas. Variable adimensional.

Longitud total de raíz (cm)/Área foliar total (cm²). Se obtiene dividiendo la longitud total de raíz de cada individuo sobre el área foliar total, quedando expresada en 1/cm.

2.9 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos para cada tratamiento se analizaron mediante ANOVA de dos factores (tamaño del envase y tipo de sustrato). Previamente se verificó que el conjunto de datos obtenidos para cada variable cumpliera con los principios de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilks y de Levene, respectivamente (Garson, 2012). Aquellas variables que no cumplieron con dichos supuestos fueron transformadas con $\ln(x)$. La comparación de medias entre tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de los sustratos

El sustrato vivero mostró una granulometría más fina, mayor porcentaje de materia orgánica y menor pH en comparación al sustrato cantera (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los sustratos utilizados en el ensayo.

	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase Textural	% C Orgánico	% Materia Orgánica	pH
Sustrato vivero	68,8	16,3	14,9	Franco Arenosa	2,7	5,4	6,8
Sustrato cantera	88,5	5,6	5,9	Arenosa	2,18	4,36	7,3

3.2 Germinación

Un mes después de la siembra se registró la aparición de los primeros plantines (el 25 de Octubre del 2018). La emergencia de plántulas continuó hasta fines de diciembre del 2018. El mayor porcentaje de germinación se observó en el mes de noviembre (53% en el sustrato vivero y 58% en el sustrato cantera). Las semillas provenientes de distintas fechas de recolección se sembraron en iguales proporciones en ambos sustratos. En el sustrato del vivero se llegó antes a cubrir la cantidad de plantas totales (40) necesarias para el ensayo en comparación con el sustrato de la cantera, donde los lapsos de germinación se prolongaron hasta los últimos días de diciembre para alcanzar el número necesario de plántulas (Tabla 3).

Tabla 3: Germinación de plántulas de tala en función del sustrato y período de germinación.

	Número de plántulas germinadas por período				
	15/10 al 31/10/18	01/11 al 15/11/18	16/11 al 30/11/2018	01/12 al 15/12/18	16/12 al 31/12/2018
Sustrato vivero	7	10	11	12	-
Sustrato cantera	4	12	11	5	8

3.3 Mediciones No Destructivas

Las variables no destructivas no cumplieron con los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianzas, por lo cual fueron transformadas a $\ln(x)$.

DAC. El ANOVA del \ln DAC fue significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,76)}=36,76$, $P<0,0001$), para el tamaño de envase ($F_{(3,76)}=10,88$, $P=0,001$), y fue no significativo para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,76)}=0,06$, $P=0,809$).

Los valores de \ln DAC obtenidos con el sustrato vivero y tamaño de envase de 10 litros fueron significativamente mayores que los de sustrato cantera y tamaño de envase de 1 litro (Prueba de Tukey, $P<0,05$). Los tratamientos restantes no se diferenciaron estadísticamente (Figura 16).

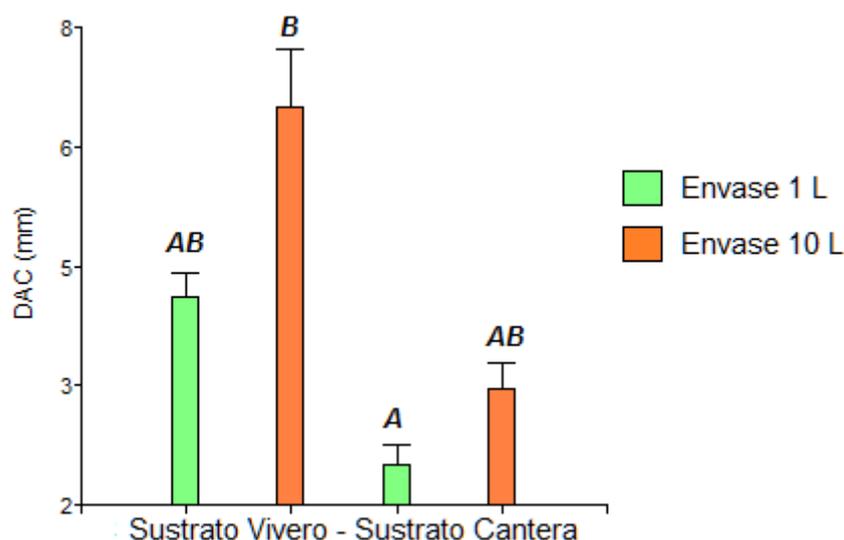


Figura 16. Diámetro a la altura de cuello (DAC). Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias (valores sin transformar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias del \ln de DAC (Prueba de Tukey, $P < 0,05$).

Altura. El ANOVA del \ln Altura Total fue significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,76)}=58,14$; $P<0,0001$), para el tamaño de envase ($F_{(3,76)}=23,41$; $P<0,0001$), y fue no significativo para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,76)}=1,81$; $P=0,183$). En este caso, las

diferencias encontradas entre los tratamientos pueden atribuirse tanto al tipo de sustrato como al tamaño de envase.

Para el mismo sustrato, el ln de la altura fue mayor en los envases de 10 litros que en los de 1 litro (Prueba Tukey, $P < 0,05$). Para el mismo tamaño de envase, el ln de la altura fue mayor en el sustrato vivero que en el sustrato cantera (Prueba Tukey, $P < 0,05$). Considerando la combinación ambas variables, las plantas en el sustrato vivero y envases de 10 litros tuvieron un ln de la altura significativamente mayor que las plantas que crecieron en el sustrato de la cantera y envases de 1 litro (Prueba Tukey, $P < 0,05$) (Figura 17).

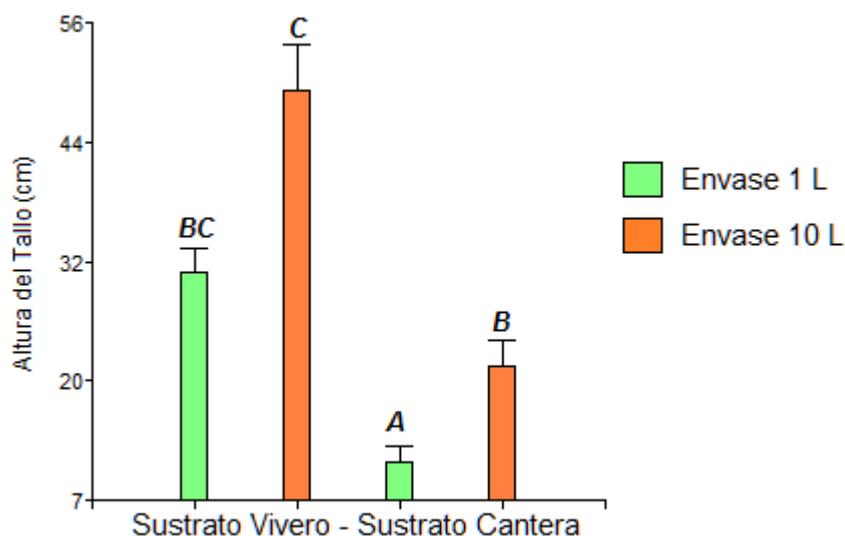


Figura 17. Altura del tallo. Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias (valores sin transformar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias del ln de Altura (Prueba de Tukey, $P < 0,05$).

3.4 Mediciones Destructivas

Dentro de las variables destructivas, el AFE, el peso seco aéreo y el peso seco subterráneo no cumplieron con los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianza por lo que fueron transformadas a $\ln(x)$.

Área foliar: El ANOVA del AF fue significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,36)}=21,98$; $P<0,0001$), no fue significativo para el tamaño de envase ($F_{(3,36)}=0,55$; $P = 0,462$), ni para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,36)}=0,23$; $P=0,632$). Los mayores valores de AF se obtuvieron con el sustrato vivero, independientemente del tamaño de envase (Prueba Tukey, $P<0,05$) (Figura 18).

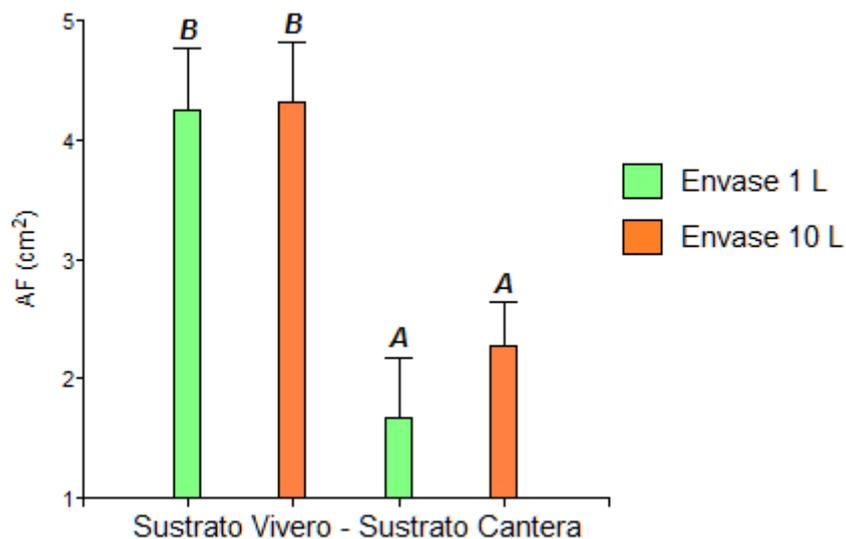


Figura 18. Área foliar (AF) media de una hoja. Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias (valores sin transformar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de AF (Prueba de Tukey, $P<0,05$).

Área foliar específica: El ANOVA del In AFE no fue significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,36)}=2,17$; $P=0,149$), ni para el tamaño de envase ($F_{(3,36)}=0,2$; $P=0,660$) ni para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,36)}=1,4$; $P=0,244$) (Figura 19).

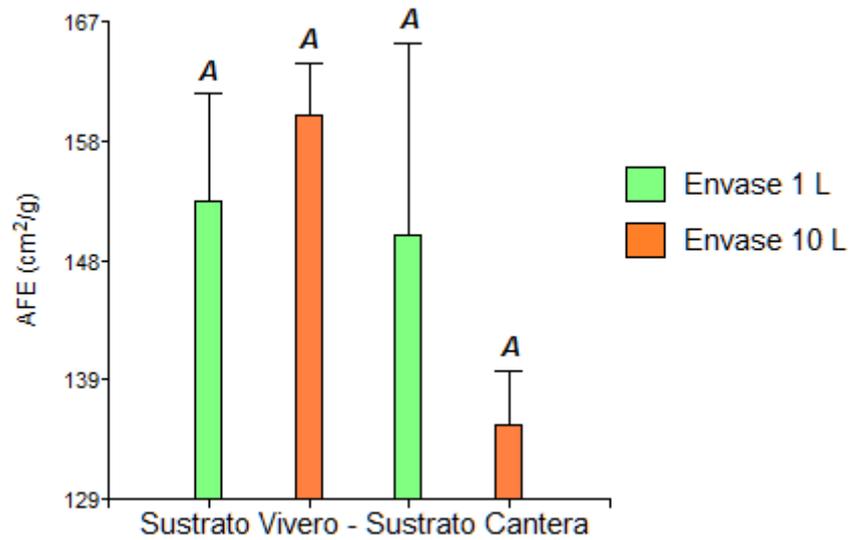


Figura 19. Área foliar específica (AFE). Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias (valores sin transformar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias del \ln de AFE (Prueba de Tukey, $P < 0,05$).

Longitud específica de raíz (LER): El ANOVA de la LER resultó significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,16)}=13,00$; $P=0,002$), no significativo para el tamaño de envase ($F_{(3,16)}=1,26$; $P=0,278$), ni para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,16)}=4,22$; $P=0,06$).

Los valores de LER fueron significativamente mayores en el sustrato cantera respecto del sustrato vivero, independientemente del tamaño de envase (Prueba Tukey, $P < 0,05$) (Figura 20).

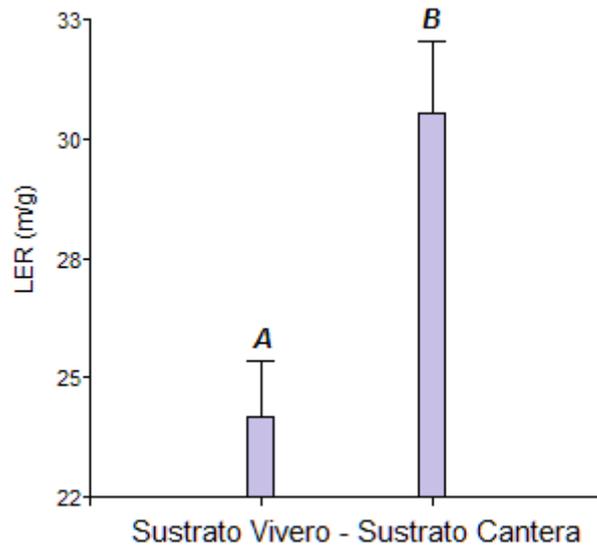


Figura 20. Longitud específica de raíz (LER). Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias. Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de LER (Prueba de Tukey, $P < 0,05$).

Profundidad Máxima de raíz: El ANOVA de la Profundidad Máxima de Raíz fue significativo para el tamaño de envase ($F_{(3,36)}=18,52$; $P=0,0002$), no fue significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,36)}=0,02$; $P=0,898$), ni para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,36)}=0,03$; $P=0,873$). Las plantas que crecieron en los envases de 10 litros fueron las que alcanzaron mayor desarrollo de sus raíces en profundidad, independientemente del tipo de sustrato empleado (Figura 21).

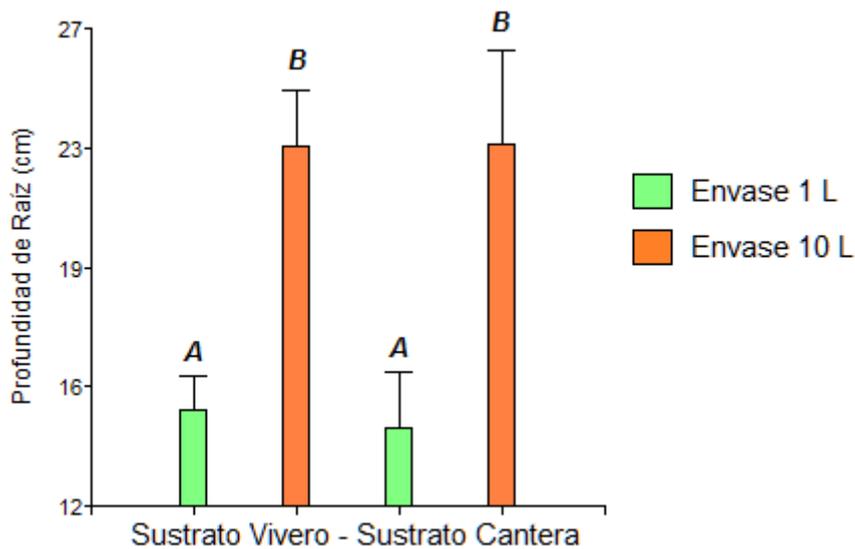


Figura 21. Profundidad de raíz. Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias (valores sin transformar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias (Prueba de Tukey, $P < 0,05$).

Peso seco aéreo. El ANOVA del ln Peso Seco Aéreo fue significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,36)}=38,52$; $P < 0,0001$) y tamaño de envase ($F_{(3,36)}=23,63$; $P < 0,0001$) y fue no significativo para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,36)}=1,45$; $P=0,236$).

Para el mismo tamaño de envase, las plantas tuvieron mayor ln peso seco aéreo en el sustrato vivero que en el sustrato de la cantera (Prueba Tukey $P < 0,05$). Para el mismo sustrato y diferente tamaño de envase, solamente existieron diferencias significativas en sustrato vivero, siendo mayor en los envases de 10 litros que en los de 1 litro (Prueba Tukey, $P < 0,05$) (Figura 22).

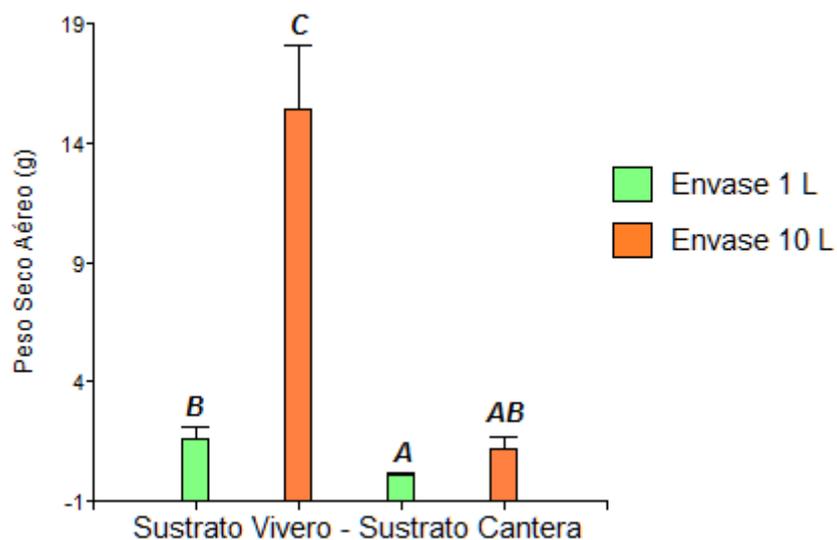


Figura 22. Peso seco aéreo. Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias (valores sin transformar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias del In de Peso Seco Aéreo (Prueba de Tukey, $P < 0,05$).

Peso seco subterráneo. El ANOVA del In Peso Seco Subterráneo fue significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,36)}=27,36$; $P < 0,0001$) y tamaño de envase ($F_{(3,36)}=22,45$; $P < 0,0001$) y fue no significativo para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,36)}=1,65$; $P=0,270$).

Para el mismo tamaño de envase, las plantas tuvieron mayor In peso seco subterráneo en el sustrato vivero que en el sustrato de la cantera (Prueba Tukey, $P < 0,05$). Para el mismo tipo de sustrato, se observaron diferencias significativas entre tamaños de envase sólo en el sustrato vivero, siendo mayor en los envases de 10 litros que en los de 1 litro (Prueba Tukey, $P < 0,05$) (Figura 23).

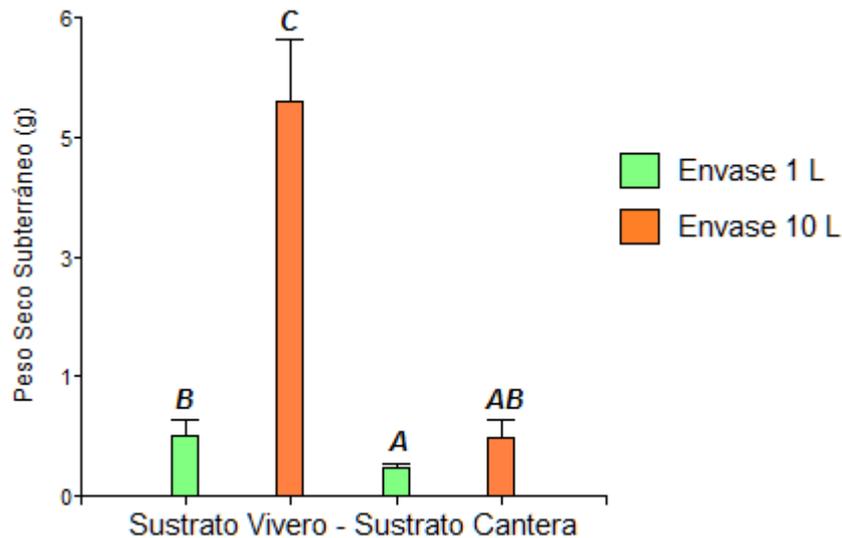


Figura 23. Peso seco subterráneo. Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias (valores sin transformar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias del \ln de Peso Seco Subterráneo (Prueba de Tukey, $P < 0,05$).

3.5 Relaciones entre Variables

El cociente peso seco subterráneo/peso seco aéreo cumplió con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, mientras que los cocientes peso seco raíces finas/peso seco hojas y la longitud de raíz/área foliar, se les aplicó $\ln(x)$, debido a que no cumplieron con dichos supuestos.

Cociente Peso seco subterráneo/Peso seco aéreo. El ANOVA del peso seco subterráneo fue significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,36)}=9,11$; $P=0,005$), fue no significativo para el tamaño de envase ($F_{(3,36)}=0,01$; $P=0,926$) ni para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,36)}=0,02$; $P=0,903$). En el sustrato cantera se obtuvieron los mayores valores de este cociente (Prueba Tukey, $P < 0,05$) (Figura 24).

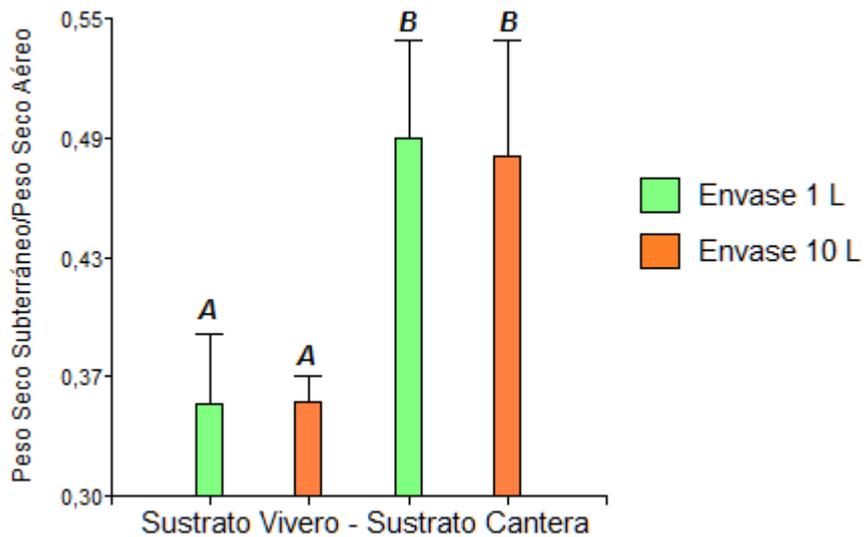


Figura 24. Cociente peso seco subterráneo/peso seco aéreo. Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias (valores sin transformar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias (Prueba de Tukey, $P < 0,05$).

Peso seco raíces finas/Peso seco hojas. El ANOVA del ln de este cociente fue significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,36)}=6,69$; $P=0,014$), fue no significativo para el tamaño de envase ($F_{(3,36)}=0,05$; $P=0,830$) ni para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,36)}=2,38$; $P=0,132$). Las diferencias encontradas entre tratamientos se atribuyen únicamente al tipo de sustrato.

Los valores de ln peso seco raíces finas/peso seco de hojas fueron significativamente mayores en sustrato cantera respecto del sustrato vivero, independientemente del tamaño de envase (Prueba de Tukey, $P < 0,05$) (Figura 25).

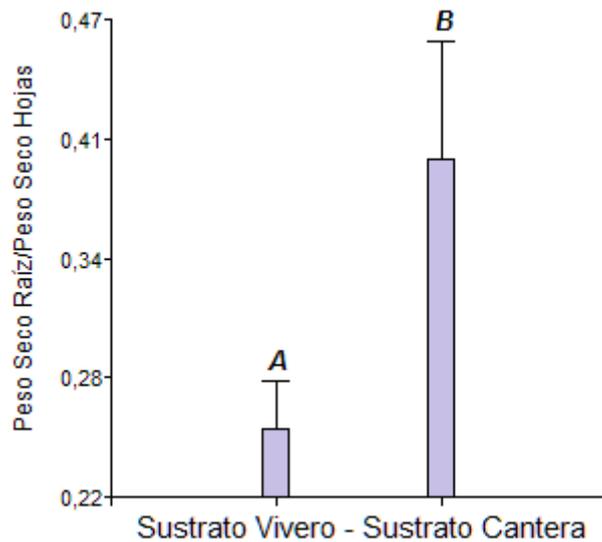


Figura 25. Cociente peso seco raíces finas/peso seco hojas. Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias (valores sin transformar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias del \ln de este cociente (Prueba de Tukey, $P < 0,05$).

Cociente Longitud de raíces finas/Área foliar. El ANOVA del \ln de este cociente fue significativo para el tipo de sustrato ($F_{(3,36)}=13,56$; $P=0,002$), no fue significativo para el tamaño de envase ($F_{(3,36)}=0,11$; $P=0,748$) y no fue significativo para la interacción sustrato*envase ($F_{(3,36)}=1,13$; $P=0,303$).

Los valores de \ln longitud de raíces finas/área foliar fueron significativamente mayores en sustrato cantera respecto del sustrato vivero, independientemente del tamaño de envase (Prueba Tukey, $P < 0,05$) (Figura 26).

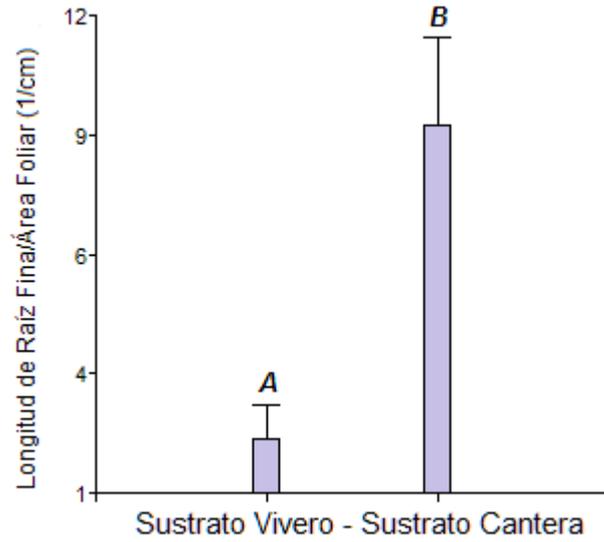


Figura 26. Cociente longitud de raíces finas/área foliar. Las barras representan las medias y las líneas verticales el error estándar de las medias (valores sin transformar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias del ln de este cociente (Prueba de Tukey, $P < 0,05$).

4. DISCUSIÓN

4.1 Germinación

Las tasas de germinación obtenidas en este ensayo fueron menores a las que se esperaban en función a los antecedentes de producción de tala en la Unidad de Vivero de la FCAyF. En los ensayos realizados en La Unidad de Vivero de la FCAyF a los 14 días de la siembra germinaron el 47, 63 y 72% de las semillas de tala en los sustratos vivero, testigo y comercial, respectivamente (Pérez et al. 2017). En el presente ensayo, las cuatrocientas semillas utilizadas no resultaron suficientes para que la germinación de los individuos necesarios para el ensayo se cumpliera en un corto lapso (no mayor a un mes). El retraso en la germinación no resulta algo deseable a los fines del ensayo, debido al mayor tiempo de crecimiento que tuvieron las primeras plantas germinadas en comparación de las últimas. Solamente se requería un porcentaje de germinación del 20% (80 plántulas con las 400 semillas), lo que da indicios de que las semillas habrían perdido poder germinativo durante el tiempo que fueron almacenadas. En el caso de las semillas del 2016 era esperable que tuvieran una menor tasa de germinación debido al tiempo transcurrido, pero las semillas del 2018 también germinaron en baja proporción. Esto pudo haber ocurrido por un mal almacenamiento de las mismas.

Por otra parte, el efecto del sustrato se evidenció en la germinación, ya que con el sustrato vivero se llegó antes a conseguir la cantidad de plantas requerida. Esto podría estar relacionado con las diferencias texturales entre ambos. El sustrato vivero posee una textura más fina que el de la cantera, lo que favorece en mayor medida la retención de agua, y podría haber asegurado la mayor disponibilidad de agua para activar el metabolismo de las semillas, lográndose así la germinación de los individuos en un menor tiempo.

4.2 Crecimiento y atributos funcionales en relación con el sustrato y al tamaño de envase

El crecimiento aéreo (estimados a partir del DAC y altura), el peso seco aéreo y el subterráneo fueron mayores en el sustrato vivero y en los envases de diez litros en ambos sustratos. Esto se relaciona con la mayor disponibilidad de recursos que existió en el sustrato vivero comparado con el sustrato de la cantera. El primero posee un 1,04% más de materia orgánica y 9% más de arcillas, por lo que es esperable que tenga una mayor reserva de nutrientes que el sustrato cantera. Por otra parte, la textura más fina que posee el sustrato vivero (franco arenosa) en comparación al sustrato de la cantera (arenosa), generaría una mayor retención de agua aprovechable para las plantas por parte del primero. De acuerdo con los valores de referencia de la tabla 1 (Israelsen & Hansen, 1979), se observa que para la textura franco-arenosa la humedad aprovechable total (diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente) es del 12%. En cambio, para el caso de la arenosa es sólo del 8% (relación volumen). De acuerdo con esto, el sustrato vivero tiene la capacidad de retener mayor volumen de agua y conservar la humedad durante más tiempo. La materia orgánica del suelo, debido a sus propiedades higroscópicas, incrementa también la retención del agua (Sales Dávila, 2006), favoreciendo en ese aspecto al sustrato vivero. El tamaño de envase más grande, por su parte, permitió un mayor desarrollo del sistema radical, pudiendo así las plantas captar mayor proporción de estos recursos (agua y nutrientes). Se considera que una mayor biomasa por unidad de tiempo es lograda a través de mayores tasas fotosintéticas (Perez Hargideguy et al., 2013), por lo tanto, las plantas de tala que crecieron en el envase de diez litros con sustrato vivero debieron tener mayores tasas fotosintéticas que las del resto del ensayo.

El AF media es un atributo que se encuentra en relación directa con la disponibilidad de recursos del suelo, en gran medida relacionado con la disponibilidad hídrica (Engelbrecht, 2001). Aquellas plantas que crecen en sitios con déficit hídrico tienden a producir hojas más pequeñas a los fines de reducir la transpiración. La tolerancia a la sequía

y al estrés hídrico implican, en muchos casos, una reducción en la captación de la luz, debido a la reducción del contenido de clorofila y del área foliar, para reducir el estrés fotoquímico y la transpiración respectivamente (Valladares & Pearcy, 1998; Balaguer et al., 2002). Cuando se analizan los resultados de AFE media obtenidos, se comprueba que el sustrato cantera produjo tamaños de hojas significativamente menores, lo que podría relacionarse con la menor capacidad de retención hídrica que posee el mismo. El sustrato cantera es un sustrato que almacena menor porcentaje de agua y se seca más rápidamente que el sustrato vivero, por este motivo las plantas que crecen sobre el mismo generarían una menor superficie foliar, a los fines de reducir la pérdida de agua. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en el AFE entre ninguno de los tratamientos realizados. Se esperaba que las plantas que crecieron en el sustrato vivero tuviesen una mayor AFE comparadas con las plantas que crecieron sobre el sustrato cantera, de acuerdo con los resultados de diferentes trabajos que muestran que las especies que crecen en ambientes ricos en nutrientes tienden a mostrar en promedio valores de AFE mayores que aquellas especies que crecen en lugares pobres en recursos (Pérez Harguindeguy et al., 2013). Los resultados obtenidos pueden deberse a que se trata de una variable con mayor variación entre especies que entre individuos de una misma especie.

La LER resulta ser análoga a la medición del AFE, pero considerando en este caso al sistema radical, ya que se está midiendo una magnitud métrica en el conjunto de los órganos más activos metabólicamente del sistema y se lo relaciona con el peso seco que poseen los mismos (Fort et al., 2017). Para la LER, se obtuvieron mayores valores con el sustrato cantera, y no se observó efecto del envase. Mayor diámetro y densidad de raíz se encuentran asociados con estrategias de conservación de recursos a través de la generación de raíces de mayor longevidad (McCormarck et al., 2012). Sin embargo, experimentos demostraron que luego de ser sometidos a períodos donde se sufría sequía, las plantas que poseían mayor velocidad en la adquisición de agua y nutrientes resultaban ser más tolerantes a la sequía que aquellas especies con estrategias de conservación a través de una mayor biomasa de raíces de mayor diámetro (Padilla et al., 2013; Fort et al.,

2017). Las raíces individuales en plantas con mayor LER poseen menor capacidad de transporte de agua por unidad de longitud, aunque considerando el sistema radical completo de estas mismas plantas se comprobó que pueden transportar más agua que el sistema radical de plantas que presentan menores valores de LER (Hernández et al, 2010). Las plantas que crecieron en el sustrato cantera debieron desarrollar sistemas radicales que les permitieran captar un mayor volumen de agua a los fines de compensar la menor retención hídrica de este sustrato, resultando así en plantas con raíces más finas y largas. Estas características a su vez les permiten a estas plantas generar una mayor exploración del volumen del suelo para una misma biomasa de raíz. En el sustrato vivero, se generaron raíces con mayor biomasa por unidad de longitud, es decir raíces de mayor diámetro y menor longitud.

La profundidad alcanzada por el sistema radical fue mayor para los envases de diez litros, independientemente del tipo de sustrato considerado. Todos los individuos mostraron el mismo comportamiento. A medida que tuvieron mayor volumen de sustrato para explorar, desarrollaron sistemas radicales más profundos. En condiciones naturales, los primeros periodos en el desarrollo de las plantas son los más críticos para su supervivencia y es cuando el crecimiento se ve severamente afectado por la sequía y desecación del suelo (Padilla & Pugnaire, 2007). La profundidad que es capaz de alcanzar la raíz puede mejorar la captación de agua e incrementar las probabilidades de supervivencia de las plantas (Padilla & Pugnaire, 2007). El presente ensayo tuvo como propósito producir plantas que puedan sobrevivir en la cantera, cuyo suelo se caracteriza por presentar escasa disponibilidad hídrica, especialmente en el verano (Plaza Behr, 2017), y en ese sentido la profundidad del sistema radical puede ser determinante de la supervivencia. Se pudo comprobar que el tala es capaz de generar sistemas radicales más profundos en el lapso de tiempo evaluado (tres meses) si se lo coloca en un tamaño de envase que así lo permita. Por otra parte, el hecho de que una planta se encuentre con el límite inferior del envase durante el desarrollo de su sistema radical puede generar el espiralamiento del mismo (Lindström & Rune, 1999). Esta deformación de las raíces podría dificultar que la planta

responda al estímulo que representa una mayor disponibilidad de sustrato cuando es llevada a campo, impidiendo explorar una mayor profundidad del suelo rápidamente y, por lo tanto, reduciendo las posibilidades de supervivencia de estos individuos. Se cree que los talas que fueron llevados con anterioridad al área de estudio no tuvieron la facultad de responder rápidamente ante el estímulo que generó una mayor disponibilidad del sustrato. El crecimiento en profundidad de la raíz habría sido limitado por el tamaño de envase utilizado en su producción en vivero (habitualmente de 1 a 3 litros). Al analizar los resultados obtenidos y al contrastarlos con la altura que poseían los envases, se puede comprobar que, en los envases de un litro, las plantas llegaron a generar la máxima profundidad posible (rondando los 14 centímetros), resultando ser en este caso el envase el factor limitante al mayor desarrollo en profundidad. En cambio, en los envases de diez litros, las plantas pudieron generar sistemas radicales más profundos sin llegar al límite inferior de los mismos. La altura de estos envases es de 29 centímetros, y ningún individuo llegó a esta profundidad en el período considerado en este estudio. La utilización de envases de mayor volumen aporta varias ventajas para la posterior utilización de las plantas en las condiciones adversas de la cantera. Una mayor profundidad del sistema radical explorando el perfil asegura que las raíces de las plantas no presentarán deformaciones perjudiciales. Además, un sistema subterráneo que explora estratos más profundos del suelo muy probablemente tenga menos competencia de las raíces de las herbáceas, las cuales hacen una explotación intensiva de las capas superficiales del suelo. En las canteras bajo estudio, se ha comprobado el efecto competitivo de las herbáceas, que reducen notoriamente la supervivencia del tala (Plaza Behr, 2017).

El cociente peso seco subterráneo/peso seco aéreo fue mayor en el sustrato cantera que en el sustrato vivero, independientemente del tamaño de envase, por lo que las plantas que se desarrollaron sobre el sustrato cantera tuvieron una mayor asignación de fotoasimilados hacia sus sistemas radicales. Por otra parte, las plantas que crecieron en el sustrato vivero destinaron menor biomasa para generar sus sistemas radicales y una mayor proporción de su biomasa total fue destinada a los órganos aéreos. La teoría predice que

plantas que crecen en sitios pobres en nutrientes asignan una mayor proporción de su biomasa a las raíces (Chapin et al., 1987; Pérez Harguindeguy et al., 2013). Además, especies que se desarrollan en sitios secos, mejoran su capacidad de búsqueda de agua en las capas profundas del suelo al aumentar la asignación de biomasa subterránea (Markesteyn & Poorter, 2009). El sustrato cantera presentó elevado porcentaje de arena y bajo limo y arcilla, por lo cual posee poca capacidad de almacenar agua. Por sus características texturales, este sustrato no sólo tiene mayores probabilidades de presentar déficit hídrico, sino también de los nutrientes que llegan a la planta por medio del agua. La difusión y el flujo masal son las principales vías por las que ingresan los nutrientes a la planta (Chapin et al., 2011).

Por otra parte, la relación peso seco de raíces/peso seco de hojas da indicios también de cual resulta ser el recurso más limitante para el crecimiento de una especie vegetal en un sitio determinado. Muchos modelos ecológicos sobre el crecimiento de las plantas asumen que la biomasa es destinada preferentemente hacia hojas o raíces para incrementar la captura del recurso limitante (Hunt & Nicholls, 1986; Lloret et al., 1999; Shipley & Meziane, 2002). Esta variable mostró la misma tendencia que el peso seco aéreo/subterráneo. El cociente peso seco de raíces/peso seco de hojas resultó ser mayor en el sustrato cantera, y fue independiente del tipo de envase. Resulta claro entonces, que el sustrato cantera presenta una menor disponibilidad de los recursos del suelo, por lo cual las plantas que se desarrollaron sobre el mismo priorizaron el destino de fotoasimilados hacia la elaboración de tejidos de absorción en lugar de producir mayor superficie foliar fotosintetizadora.

El destino de la inversión del carbono también puede expresarse en términos de superficies y longitudes, resultando así otro cociente que es longitud de raíz/área foliar total. Este resulta ser, como se mencionó anteriormente, otra forma de analizar la distribución de la materia seca dentro de la planta, indicando la importancia relativa de la absorción en relación con la tasa fotosintética (Körner & Renhart, 1987). Como era de esperarse, este cociente mostró la misma tendencia que los cocientes que relacionan los pesos secos de los

compartimientos aéreos y subterráneos. Este cociente arrojó mayores valores en el sustrato de la cantera y no se observó efecto del tamaño de envase. Con este parámetro se analiza cuanta longitud de raíz es producida por la planta por unidad de superficie de hoja. A medida que aumenta el cociente va a existir mayor longitud de raíz por cada centímetro cuadrado de hoja, lo que significa una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes por unidad de superficie fotosintetizadora. Este cociente, como los anteriores, también reflejó la tendencia a favorecer el desarrollo de las raíces por parte de las plantas que crecieron sobre el sustrato cantera.

Debe destacarse que los sistemas radicales de las plantas que crecieron en el sustrato de la cantera presentaron menores pesos secos que los de las plantas que crecieron en el sustrato del vivero, tal como se señaló en párrafos anteriores. Las plantas que crecieron en el sustrato con mayor limitación de recursos tendieron a favorecer en mayor medida el desarrollo del sistema radical, esto no quiere decir que hayan presentado mayor biomasa subterránea que las plantas que crecieron sobre el mejor sustrato, sino que destinaron mayor proporción de sus fotoasimilados hacia las raíces (como se verifica en los cocientes considerados).

5. CONCLUSIONES

El tipo del sustrato y el tamaño de envase afectan al crecimiento y diversos atributos funcionales de las plantas de tala producidas en vivero.

Se comprobó que el volumen del envase afectó el tamaño alcanzado por las plantas de tala.

Se corroboró que en el sustrato cantera, con menor disponibilidad de recursos, las plantas tuvieron menor área foliar, mayor longitud específica de raíz y mayores cocientes raíz/tallo, atributos que le conferirían una mayor capacidad de supervivencia en condiciones de estrés hídrico.

6. PERSPECTIVAS A FUTURO

Las plantas que crecieron en el sustrato cantera desarrollaron menores tamaños, comparadas con las plantas producidas en el sustrato vivero, sin embargo, es esperable que las primeras alcancen mayor supervivencia en la cantera en función de la mayor proporción de los órganos subterráneos con respecto a los aéreos. Para constatarlo se requiere del monitoreo de las plantas llevadas a campo durante períodos de tiempo que exceden al de la presentación de este trabajo final.

En cuanto a la producción en vivero, el sustrato vivero junto con tamaños de envases grandes permiten un desarrollo relativamente rápido y vigoroso de plantas de tala, las cuales podrían alcanzar elevada supervivencia y buen crecimiento si su destino incluye la posibilidad de un suelo fértil y el riego durante el verano.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre M.N., C.J Torres & P. Velasco Linares.** 2013. Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana. Volumen I. Fondo de protección del agua FONAG. Quito. 64 pp.
- Arturi M.F. & J.F. Goya.** 2004. Estructura, dinámica y manejo de los talares del NE de Buenos Aires. En: Ecología y manejo de los bosques de Argentina. Arturi M.F., J.L. Frangi & J.F. Goya, Eds. Publicación multimedia, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires. pp. 1-23.
- Athor J, Baigorria J, Mérida E. 2006.** Proyecto: "Estrategias para la conservación de los talares bonaerenses". En: Athor J, Mérida E (Eds.). Talares bonaerenses y su conservación, pp. 12-13. Fundación de Historia Natural Felix de Azara, Bs. As.
- Balaguer L., F.I. Pugnaire, E. Martinez-Ferri, C. Armas, F. Valladares & E. Manrique.** 2002. Ecophysiological significance of chlorophyll loss and reduced photochemical efficiency under extreme aridity in *Stipa tenacissima* L. Plant Soil 240: 343-352
- Bohnet, H.L., Mc Neal B.L y O'Connor G.A.,** 1993. Química de Suelos. Ed.Limusa, México. 370 pp.
- Bouyoucos, G.J.** 1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analysis of Soils. Agronomy Journal 54: 464-465.
- Brown, S. & A.E. Lugo** 1994. Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. Restoration Ecology 2: 97-111.
- Buckman, H & N Brady.** 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Montaner y Simon, Barcelona. 590 pp

- Chapin, F.S., P.A. Matson & P. Vitousek.** 2011. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer, NY.
- Chapin, F.S., A.J. Bloom, C.B Field & R.H. Waring.** 1987. Plant responses to multiple environmental factors. *Bioscience* 37: 49–57.
- Chirino, E.; A. Villagrosa; E. Hernández; A. Matos & R. Vallejo.** 2008. Effects of a deep container on morpho-functional characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. seedlings for reforestation in Mediterranean climate. *Forest Ecology and Management* 256: 779-785.
- Dumorese, R.K. & T.D. Landis.** 2015. Growing container seedlings: three considerations. *Tree Planters Note* 58: 58-62.
- Duryea, M.L.** 1984. Nursery cultural practices: impacts on seedling quality. En: *Forestry Nursery Manual. Production of Bareroot Seedlings.* Springer, Dordrecht. pp. 143-164.
- Engelbrecht, B.M.J.** 2001. Drought resistane in seedlings of 28 tropical woody plant species. En: *Euro-Workshop: Functional Groupings of Tropical Trees.* Paises Bajos.
- Fidalgo F., O. Colado & F.O. De Francesco.** 1973. Sobre ingresiones marinas en los partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena (Provincia de Buenos Aires). *Actas. V Congreso de Geología Argentina:* III 227-247.
- Fort, F., F. Volaire, L. Guillioni, K. Barkaoui, M.L.0 Navas & C. Roumet.** 2017. Root traits are related to plant water-use among rangeland Mediterranean species. *Functional Ecology* 31: 1700-1709.
- Frangi, J.L., C. Pérez, R. Martiarena, M. Pinazo, G. Martínez-Pastur, A. Brown, P. Peri & D.S. Ceballos.** 2015. Aspectos ecológicos y ambientales de los bosques nativos y plantaciones forestales en la Argentina: Una visión panorámica y conceptual. En: *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina, Tomo I, Parte 4: Bosques Nativos*

y Pastizales Naturales. Casas, R.R & G.F. Albarracín, Eds. Editorial Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura – FECIC. Bs. As.

Galantini, J. A., & Suñer, L. (2008). Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia*, 25(1): 41-55.

Garson, G.D. 2012. Testing statistical assumptions. Statistical Associates Publishing, Asheboro, NC.

Gil Mateus, D.C. 2017. Métodos de restauración en suelos andinos deteriorados por minería de carbón a cielo abierto aplicables en el municipio de Amagá (Antioquia-Colombia). Monografía, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.

Goldman R.L., B.H. Thompson & G.C. Daily. 2008. Managing for ecosystem services on U.S. agricultural lands. En: U.S. Agricultural policy and the 2007 farm bill. Arha K., T. Josling, D.A. Sumner & B.H. Thompson, Eds. Woods Institute for the Environment. Stanford, CA. pp. 97-111

Hernández, E.I., A. Vilagrosa, J.G. Pausas & J. Bellot. 2010. Morphological traits and water use strategies in seedlings of Mediterranean coexisting species. *Plant Ecology* 207: 233-244.

Houghton R.A. 1991. Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. *Climatic Change* 19: 99-118.

Hunt, R. & A.O. Nicholls. 1986. Stress and the coarse control of growth and root-shoot partitioning in herbaceous plants. *Oikos*: 149-158.

Israelsen, O. & V. Hansen. 1979. Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverté. Barcelona.

Julca-Otiniano, A., L. Meneses-Florián, R. Blas-Sevillano & S. Bello-Amez, Segundo.

2006. La Materia Orgánica, importancia y experiencias de uso en la agricultura. IDESIA (Arica) 24: 49-61.

Jorba, M. & R. Vallejo. 2008. La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. Revista ecosistemas 17(3). <http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/407/391>

Körner, Ch. & U. Renhardt. 1987. Dry matter partitioning and root length/leaf area ratios in herbaceous perennial plants with diverse altitudinal distribution. Oecologia 74: 411-418.

Lavorel, S. & E. Garnier. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. Functional ecology 16: 545-556.

Lindström, A. & G. Rune. 1999. Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness. Plant and soil 217: 29-37.

Lloret, F., C. Casanovas & J. Peñuelas. 1999. Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root: shoot ratio, seed size and water and nitrogen use. Functional Ecology 13: 210-216.

Lugo, A. 1992. Tropical forest uses. En: Development or Destruction. Downing, T.E., S.B. Hecht, H.A. Pearson & C. García Downing, Eds., Westview Press. San Francisco. pp. 117-132.

Mariotti, B., A. Maltoni, P. M. Chiarabaglio, A. Giorcelli, D. F. Jacobs, R. Tognetti & A Tani. 2015. Can the use of large, alternative nursery containers aid in field

- establishment of *Juglans regia* and *Quercus robur* seedlings? *New Forests*, 46: 773-794.
- Markesteyn, L. & L. Poorter.** 2009. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought-and shade-tolerance. *Journal of Ecology*, 97(2), 311-325.
- McCormack, M.L., T.S. Adams, E.A. Smithwick & D.M. Eissenstat.** 2012. Predicting fine root lifespan from plant functional traits in temperate trees. *New Phytologist* 195: 823-831.
- Meffe, G.K. & C.R. Carroll.** 1994. Principles of conservation biology. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.
- Meli, P.** 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciencia* 28: 581-589.
- Murcia, C.** 1995. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. *Trends. Ecol. Evol.*: 10: 58-62.
- Padilla, F.M. & F.I. Pugnaire.** 2007. Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. *Functional Ecology* 21: 489-495.
- Padilla, F.M., L. Mommer, H. de Caluwe, A.E. Smit-Tiekstra, C.A. Wagemaker, N.J. Ouborg, & H. de Kroon.** 2013. Early root overproduction not triggered by nutrients decisive for competitive success belowground. *PLoS One* 8(1): e55805.
- Perez, C, M Arturi, J Goya, M Plaza Behr, V Fernández, M Sandoval, M Medina, C Graciano, A Montenegro, A Aguilar, F Papisodaro & M Gauna.** 2017. Plantación de especies nativas para la recuperación de áreas degradadas en bosque de tala del NE de la provincia de Buenos Aires. Informe Final del Proyecto Institucional de Investigación FCAYF-Promforz.

- Pérez-Harguindeguy N., S. Díaz, E. Garnier, S. Lavorel, H. Poorter, P. Jaureguiberry...& J.H.C. Cornelissen.** 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61: 167–234.
- Plaza Behr, Maia Carisa (2017).** Evaluación de estrategias de rehabilitación de los bosques de *Celtis ehrenbergiana* “talares” en canteras de conchilla abandonadas en el partido de Castelli, Buenos Aires. Trabajo final de grado, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59256>
- Prieto Ruiz, J.A.** 2004. Factores que influyen en la producción de planta de *Pinus* spp. en vivero y en su establecimiento en campo. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, México
- Rose, R., W.C. Carlson & P. Morgan.** 1990. The target seedling concept. En *Target Seedling Symposium Proceedings: Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*. General Technical Report. Rose, R., S.J. Campbell, T.D. Landis, Eds. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Ft. Collins, CO. pp 1-8.
- Sales Dávila, B.** 2006. Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Uyacali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro del carbono. Universidad de Sevilla.
[http://www.academia.edu/download/42552456/Caracterizacion de la materia organica de suelos.pdf](http://www.academia.edu/download/42552456/Caracterizacion_de_la_materia_organica_de_suelos.pdf)
- Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki & E.C. Benham (Eds.).** 2012. Field book for describing and sampling soils. The U.S. Department of Agriculture. Government Printing Office.

Sistema de Apoyo Metodológico a Laboratorios de Análisis de suelo (SAMLA). 2018.

<http://www.suelos.org.ar/sitio/sistema-de-apoyo-metodologico-a-laboratorios-de-analisis-de-suelo-samla>.

Shiple B. & D Meziane. 2002. The balanced-growth hypothesis and the allometry of leaf and root biomass allocation. *Functional Ecology* 16: 326-331.

Tabatabai, M.A. 1996. Soil organic matter testing: An overview. En: *Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation*, Magdoff F. et al., Eds. SSSA Spec. Pub. 46. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 1-10

Torres Robles, S.S. & M.F. Arturi. 2009. Variación de la composición y riqueza florística en los talares del Parque Costero del Sur y su relación con el resto de los talares bonaerenses. En: *Parque Costero del Sur: Magdalena y Punta Indio Athor J.*, Ed. Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Buenos Aires. pp. 104-121.

Valladares, F. & R.W. Pearcy. 1998. The functional ecology of shoot architecture in sun and shade plants of *Heteromeles arbutifolia* M. Roem., a Californian chaparral shrub. *Oecologia* 114: 1-10.

Walkley, A & IA Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science* 37: 29-38.

Westoby, M., Falster, D. S., Moles, A. T., Vesk, P. A., & Wright, I. J. 2002. PLANT ECOLOGICAL STRATEGIES: Some Leading Dimensions of Variation Between Species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33(1), 125–159. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150452>.

Whitmore, T.C. & J.A Sayer. 1992. Deforestation and species extinction in tropical moist forest. En *Tropical deforestation and species extinction*. Whitmore, T.C. & J.A Sayer, Eds. Chapman and Hall, Londres. pp. 1-14

Whitmore, T.C. 1993. *An introduction to tropical rain forests*. Oxford University Press. New York, EEUU. 226 pp.

Whitmore, T.C. 1997. Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. En: Laurence W.F., Bierregaard R.O. (Eds.). *Tropical forest remnants. Ecology, Management, and Conservation of fragmented communities*, pp. 3-12. The University of Chicago Press. EEUU.

Wright, S. J., Kitajima, K., Kraft, N. J. B., Reich, P. B., Wright, I. J., Bunker, D. E., Zanne, A. E. 2010. Functional traits and the growth mortality trade off in tropical trees. *Ecology*, 91(12), 3664–3674. <https://doi.org/10.1890/09-2335.1>