



9CFE-2070

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: 978-84-941695-7-1

Organiza



Efecto de procedencia, tamaño inicial, riego y aplicación de hongos micorrícicos sobre el crecimiento de *Porlieria chilensis* en la Región Metropolitana, Chile

Resumen

Porlieria chilensis es una especie arbórea endémica vulnerable que forma parte del bosque esclerófilo y del matorral espinoso en climas de tipo mediterráneo semiárido de Chile central. El objetivo es evaluar el efecto de la procedencia de semillas, el tamaño inicial de las plantas y la aplicación de hongos micorrícicos en el crecimiento de *Porlieria chilensis*, en vivero y plantación. En 2020, se probaron en vivero tres procedencias de semillas (Colina, Cajón del Maipo y El Melón), dos tamaños iniciales de plantas (grandes y pequeñas), riego (operacional y reducido) y la aplicación de hongos micorrícicos (con y sin). Después de 12 meses en vivero se encontró que la procedencia local favoreció un mayor crecimiento en diámetro y altura, mientras que el riego operacional resultó en un crecimiento superior en comparación con el riego reducido. El mayor tamaño inicial aumentó el crecimiento en altura y la presencia de micorrizas favoreció el crecimiento en diámetro y altura. Posteriormente, los individuos sobrevivientes (94%) fueron plantados en campo, obteniéndose luego de un año, que el riego reducido de vivero aumenta la sobrevivencia de las plantas de *P. chilensis* en terreno.

Palabras clave

Guayacán, acondicionamiento, plantación, reducción de riego, micorrizas.

1. Introducción

La zona central de Chile se encuentra entre las cinco áreas en el mundo con un clima de tipo mediterráneo, compartiendo esta característica con regiones en la cuenca del Mediterráneo, Australia suroccidental, California (Estados Unidos) y la región del Cabo (Sudáfrica). Estas áreas, que abarcan una superficie menor al 5% de la terrestre global, se destacan por su alto nivel de endemismo y diversidad de especies, albergando aproximadamente el 20% de las especies de plantas vasculares que existen en todo el mundo. La vegetación predominante en la zona central de Chile, incluye matorrales y bosques esclerófilos, con una variada gama de especies, desde árboles hasta arbustos espinosos, albergando a varias especies amenazadas (LUEBERT Y PLISCOFF, 2006).

La zona central de Chile es la más poblada del país concentrando a más del 70% de la población de Chile en los principales centros urbanos como Santiago, Valparaíso y Concepción. La vegetación de esta zona enfrenta amenazas significativas debido a disturbios de origen antropogénico y cambios en su hábitat (DONOSO, 1993; COWLING *et al.*, 1996). Los disturbios antropogénicos están vinculados al impacto humano a lo largo de la historia en estas áreas (ARONSON *et al.*, 1998).

Porlieria chilensis I. M. Johnston (guayacán) es un arbusto o árbol de hasta 5 m de altura, copa globosa, que forma parte del tipo forestal esclerófilo espinoso (HECHENLEITNER *et al.*, 2005). Guayacán es una especie arbórea endémica vulnerable que soporta períodos prolongados de sequía pudiendo ser caduco de verano en forma facultativa por estrés hídrico (SERRA *et al.*, 1986). Guayacán habita principalmente faldeos cordilleranos, en pendientes rocosas de los cerros y en laderas costeras (NAVAS, 1976; SERRA *et al.*, 1986). *P. chilensis* se distribuye en gran parte de lo que constituye la zona de clima mediterráneo árido de Chile, donde las precipitaciones medias anuales varían desde 80 mm en la parte norte a 250 mm en la parte sur, con 8 a 9 meses secos. Es una especie frecuente en bajas

densidades, (SERRA *et al.*, 1986) no obstante, la regeneración natural por semillas actual es escasa a nula (VITA, 2007).

Guayacán es una especie con importancia tanto ecológica como económica. Desde un punto de vista ecológico, el guayacán es un elemento clave de ecosistemas áridos y semi-áridos ya que su sistema radical le permite realizar levantamiento hidráulico de aguas del subsuelo (MUÑOZ *et al.*, 2008). Económicamente, la madera de guayacán es muy apreciada en actividades artesanales, como también su uso como combustible (SERRA *et al.*, 1986).

Debido a su categoría de amenaza vulnerable (UICN), la legislación chilena prohíbe su intervención y alteración de su hábitat cuando forman parte de un bosque nativo (Ley N.º 20.283 de 2008), . Por lo que cualquier excepción a esta ley debe incorporar medidas ambientales junto con reforestar lo equivalente al daño ambiental. En este sentido, cobra relevancia incorporar un enfoque de restauración ecológica (BECERRA *et al.*, 2018), con medidas y acciones en ecosistemas alterados que, debido a su nivel de degradación, no pueden recuperarse naturalmente o lo hacen de manera lenta (HOBBS y HARRIS, 2001). La recuperación puede llevarse a cabo mediante estrategias activas o pasivas, adaptadas a la ecología del sistema (VAN ANDEL y ARONSON, 2012). El éxito o fracaso de la restauración, especialmente cuando involucra acciones de revegetación en sus etapas iniciales, está intrínsecamente ligado a las especies vegetales seleccionadas. Estas plantas, producidas por diversos viveros con distintas calidades y tamaños, a menudo enfrentan desafíos debido a aclimataciones inadecuadas, lo que repercute en el establecimiento efectivo de las plantas en el terreno (QUIROZ *et al.*, 2011). Sin embargo, existen escasos antecedentes sobre las variables que afectan el crecimiento de *Porlieria chilensis* en vivero y su desempeño en plantación. Entre las variables que pueden afectar de forma más relevante están la procedencia de semillas, el tamaño inicial, la aplicación de hongos micorrícicos y la forma que el manejo del riego de vivero afecta su posterior desarrollo en plantación.

2. Objetivos

El objetivo es evaluar el efecto de la procedencia, tamaño inicial y aplicación de hongos micorrícicos sobre el crecimiento en vivero de *Porlieria chilensis* en dos condiciones de riego en la comuna de Colina, Región Metropolitana, Chile.

3. Metodología

Se evaluó el efecto del origen de semillas provenientes de tres localidades (Colina, El Melón, Cajón del Maipo), tamaños iniciales de plantas al momento del repique en vivero (pequeño con altura promedio de 12,4 cm y grande con 24,9 cm), aplicación de hongos micorrícicos (con y sin aplicación) y riego (riego restringido y riego operacional). El experimento tuvo dos etapas: a) etapa de replante y aplicación de los tratamientos en vivero y b) etapa de plantación y evaluación en campo.

El clima donde se ubicó el experimento, tanto en su fase de vivero como de plantación, forma parte del distrito agroclimático Santiago de la clasificación de SANTIBÁÑEZ (2017), predominando la influencia del tipo de clima Templado cálido supra termal con régimen de humedad semi árido (Csb2Sa). En este distrito la precipitación media anual es de 371 mm, mientras que el déficit hídrico es de 1.150 mm/año. El periodo seco durante el año es de 8 meses y el periodo húmedo es de 2 meses. En dichos meses el excedente hídrico es de 48 mm (SANTIBÁÑEZ, 2017).

Respecto al régimen térmico. Las temperaturas oscilan entre 31,3°C como máxima en el mes de enero y 4,4°C como mínima en el mes de julio, con una temperatura media anual de 14,8°C. El suelo pertenece a la Serie Rungue y Suelos de Clase de Capacidad de Uso II. La Serie Rungue es un miembro de la Familia fina, mixta, térmica de los Vertic Haploxerolls (Mollisol).

El ensayo de vivero se realizó entre los años 2020 y 2021, en la comuna de Colina (33° 4'S, 70°43'O), Región Metropolitana, Chile a 30 km de distancia del norte de la ciudad de Santiago. Se utilizaron 360 plantas de *Porlieria chilensis* procedentes de tres localidades de colecta distintas: Colina (33° 4'S, 70°43'O), Cajón del Maipo (33°39'S, 70°21'O) y El Melón (32°41'S, 71°13'O). Se utilizaron para los experimentos 120 plantas por cada una de las procedencias. Se utilizaron contenedores tipo bolsas de plástico de 20x30 cm. Se aplicó una preparación comercial de hongos micorrícicos (HM) de la marca MYCOSYM TRI-TON®, corresponde cuyo componente activo corresponde a esporas de *Glomus intraradices*; en una dosis de 10 g por contenedor. El sustrato de vivero estaba compuesto de dos partes de fibra de coco, una parte de arena y una parte de suelo del lugar. El sustrato fue mezclado de manera homogénea y esterilizado mediante calor en estufa de secado a 105 °C por dos horas. Las plantas se sometieron a dos riegos diferentes, uno operacional cercano a la capacidad de campo del sustrato y otro riego reducido, el cual corresponde al 50% del riego operacional tanto en cantidad como en frecuencia. Al término del ensayo se midió la sobrevivencia, largo de la parte aérea y diámetro a la altura del cuello (DAC) de cada una de las plantas.

La plantación se realizó en el mes de mayo del año 2021 y se evaluó en julio 2023 en la localidad de Colina (33° 5' S, 70° 44'O). En campo se levantó información de sobrevivencia, altura y el diámetro a la altura del cuello (DAC). Del total de plantas del ensayo en vivero (360), se plantaron 187, correspondiente a los individuos que sobrevivieron de la primera fase, que no fueron levantados para evaluar su biomasa y que tenían condiciones mínimas para su plantación. Durante la plantación se mantuvo el seguimiento de los tratamientos aplicados en vivero, pero todas las plantas se dispusieron con un mismo manejo y esquema de riego. En detalle, la plantación se ejecutó mediante una casilla de 30x40 cm aproximadamente, instalación de malla antimaleza (cuadrados de 40x40cm) para evitar el crecimiento de herbáceas dentro de la superficie donde realizó la casilla y protección contra herbívoros de polipropileno asegurado con un tutor de bambú; se identificó cada planta con una placa de aluminio escrita con el código de origen proveniente del vivero, para continuar con la trazabilidad de la información obtenida. El riego se realizó a través de un sistema por goteo y el suministro fue equivalente a 2 L/H de agua cada 15 días.

Para maximizar la potencia del experimento los datos de la fase de vivero se analizaron mediante tres análisis de varianza de dos factores. En el primer análisis se probó el efecto de la procedencia de semillas con tres niveles: Colina, Cajón del Maipo y El Melón, en dos condiciones de riego (operacional y reducido). En el segundo análisis se probó el efecto de las micorrizas (con y sin) en dos condiciones de riego. En el tercer análisis se probó el efecto del tamaño inicial de las plantas (pequeña y grande) en dos condiciones de riego. Se utilizó un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Se analizaron las diferencias entre los datos tomados al comienzo y al final del ensayo, por lo que todos los resultados hacen referencia al delta o crecimiento que se registró a lo largo del ensayo. Se probaron los supuestos de normalidad de los residuos y homogeneidad de las varianzas. Cuando no se cumplieron los supuestos, se realizaron pruebas no paramétricas. Cuando hubo



diferencias significativas entre los niveles de los factores se realizaron pruebas de comparación múltiple mediante la diferencia mínima de Fischer (DMS) como criterio de comparación. Para los datos obtenidos de la fase de plantación sólo de probaron los efectos principales de los factores analizados.

4. Resultados

4.1. Fase de vivero

La sobrevivencia en vivero fue de un 94% en promedio. Esta variable se vio influenciada por el tipo de riego aplicado, alcanzando el mayor porcentaje en aquellas plantas con riego reducido, con un 98,3% (riego operacional: 89,4%).

El crecimiento se analizó a través del incremento (diferencia entre crecimiento final e inicial), para los factores en dos condiciones de riego. Para el incremento en altura y DAC, se observó un efecto significativo de la interacción procedencia x riego. Las plantas provenientes de la localidad de Colina y Cajón del Maipo tuvieron un mayor crecimiento en altura respecto a las plantas provenientes de la localidad del Melón en condiciones de riego operacional, no obstante la procedencia del Cajón del Maipo en condiciones de riego reducido presentó el menor incremento en altura (Figura 1a). Para el DAC, las plantas de Colina, tuvieron el mayor incremento en riego operacional, en tanto en condiciones de riego reducido, el incremento se iguala al obtenido por la procedencia de Melón (Figura 1b). La selección de plantas por tamaño interactuó con las condiciones de riego para el incremento en altura de las plantas. Las plantas de mayor altura crecieron más en condiciones de riego operacional, pero no se observó la misma respuesta en condiciones de riego reducido (Figura 1c). La aplicación de hongos micorrícicos generó un efecto que varía con las condiciones de riego del experimento en vivero. Las plantas tratadas con hongos micorrícicos mostraron un mayor incremento en altura cuando el riego se mantiene cercano a capacidad de campo en el riego operacional, pero en riego reducido no se observa un efecto de la aplicación de HM (Figura 1d).

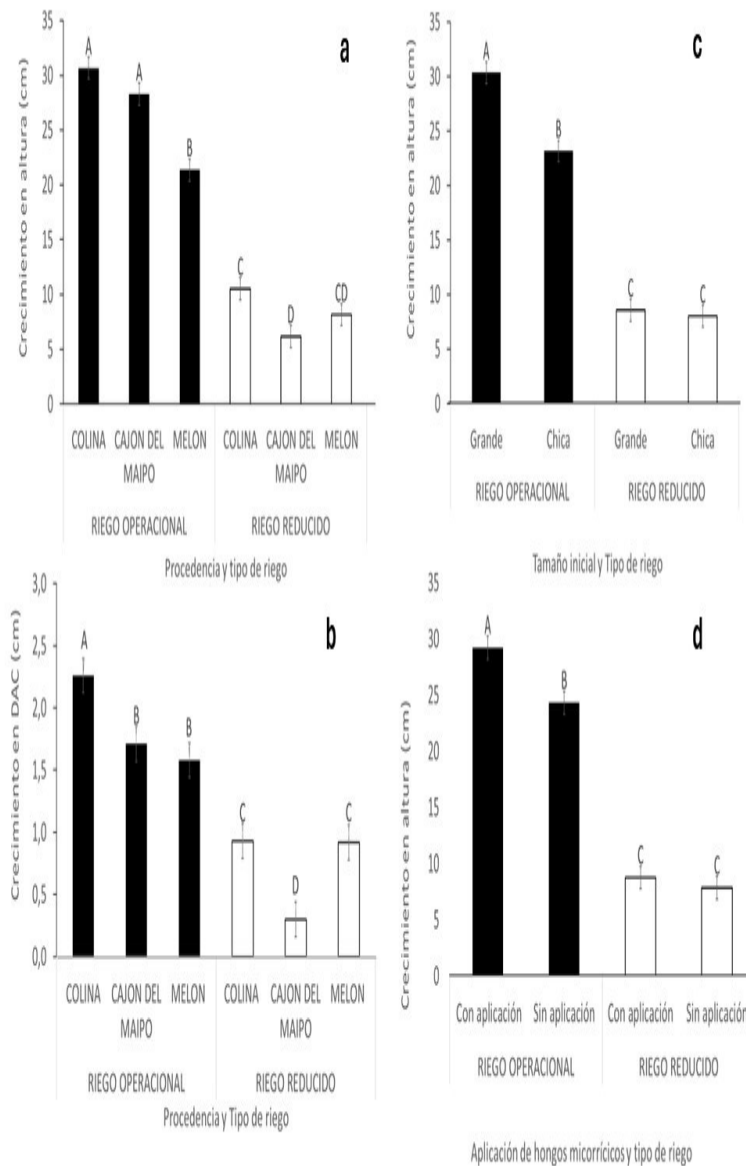


Figura 1. Incremento en altura (**a**) y diámetro a la altura del cuello (DAC, **b**) en plantas de *Porlieria chilensis* de tres procedencias y tipos de riego. En **c** y **d** se observa el incremento en altura de plantas según su tamaño inicial y aplicación de hongos micorrícicos en dos condiciones de riego, respectivamente.

No se encontró efecto del tamaño inicial de plantas en el crecimiento en DAC de las plantas sometidas a dos condiciones de riego. En vivero, el riego operacional las plantas de *P. chilensis* tuvieron un incremento medio en DAC de 1,9 mm, mientras que, en riego reducido, el incremento medio alcanzó 0,7 mm. La aplicación de hongos micorrícicos aumentó significativamente el crecimiento en DAC, de 1,4 mm, contra las plantas sin aplicación con una media de 1,2 mm.

4.2. Fase de plantación en campo

Para el caso de las plantaciones, la sobrevivencia fue en promedio del 73%, siendo influenciada por la localidad, en donde las plantas provenientes de Cajón del Maipo (no local) fue la que mejor sobrevivencia tuvo en terreno (81%).

El incremento en altura y DAC en campo fueron influenciados solamente por el tipo de riego aportado en vivero y, en ambas situaciones, el riego reducido se tradujo en el mayor incremento (figura 2). La altura alcanzó un incremento de 4,1 cm luego de dos años en campo y en el caso del DAC, el incremento fue de 1.4 mm. Las plantas que en vivero no tuvieron restricción hídrica, prácticamente no registraron incremento en DAC, mientras que la reducción en altura de este grupo de plantas se debe a defoliación por muerte apical.

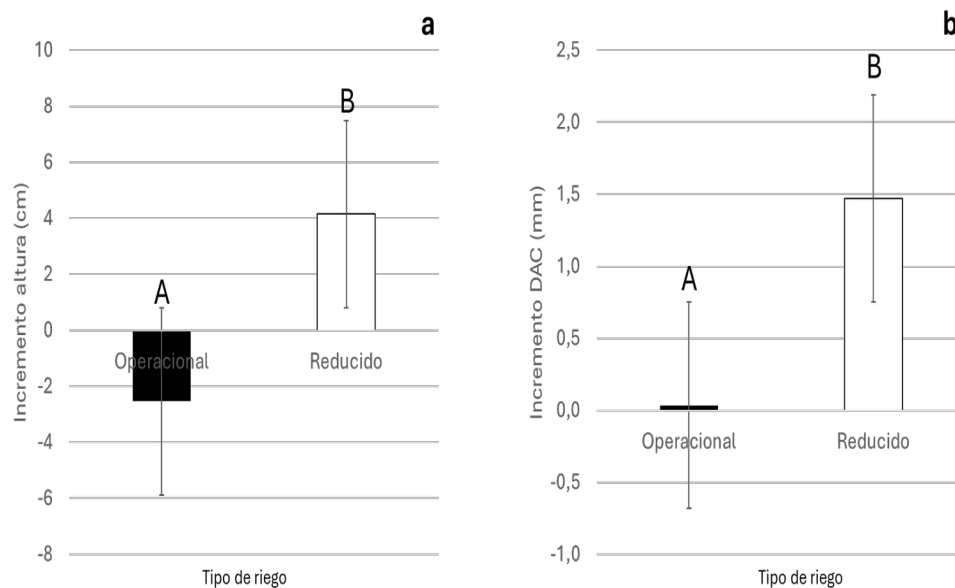


Figura 2. Promedio del incremento en altura (a) y diámetro a la altura del cuello (DAC, b) en plantas de *Porlieria chilensis* según tipos de riego en su evaluación en campo.

El resto de los tratamientos aplicados de vivero (tamaño inicial, aplicación de micorrizas y localidad), no fueron significativos en la explicación del comportamiento de las variables respuestas en campo. A pesar de dicho resultado estadístico, se muestra a continuación el comportamiento de estos tratamientos en campo, respecto a la restricción de riego empleado en vivero (aclimatación). Como se observa en la figura 3, los individuos llevados a campo tuvieron incrementos de altura solamente en la condición de riego reducido, siendo destacable la localidad de Cajón del Maipo, las plantas de tamaño inicial pequeña y sin aplicación de micorrizas. En cuanto al incremento de DAC, también se observó la tendencia de mayor incremento en los individuos con aclimatación de reducción de riego desde vivero, teniendo un mayor DAC las plantas de origen local (Colina) y las plantas de tamaño inicial pequeño. En cuanto a la aplicación de micorrizas y el incremento de DAC, la diferencia fue despreciable.

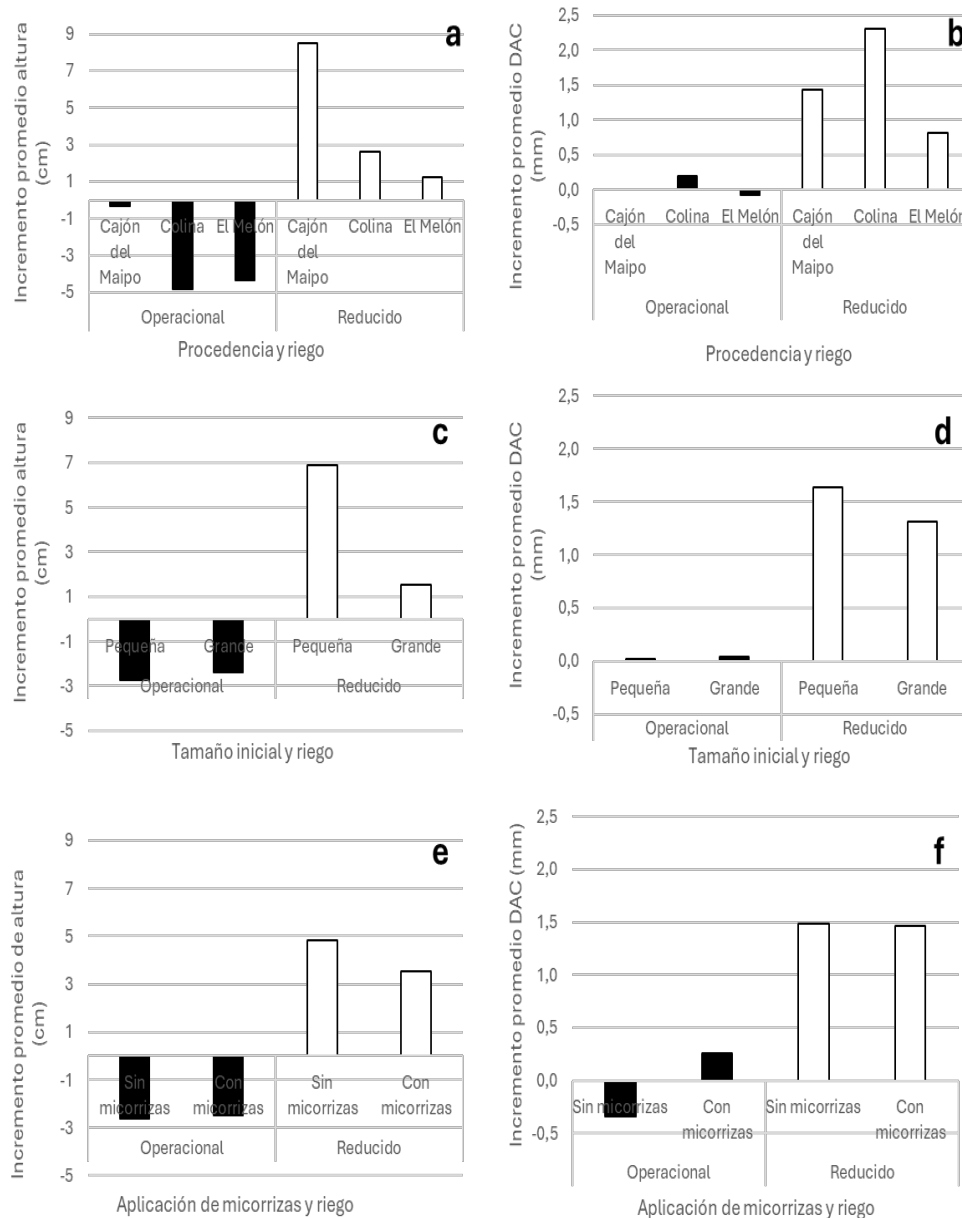


Figura 3. Incremento en altura (a, c y e) y diámetro a la altura del cuello (DAC, b, d, f) en plantas de *Porlieria chilensis* de tres procedencias, tamaño inicial, aplicación de micorrizas y tipos de riego. En todas las situaciones se observa el mayor incremento de la variable respuesta en las barras blancas que representan la reducción de riego proveniente de la aclimatación en vivero.

5. Discusión

En el ensayo de aclimatación en vivero y posterior plantación en campo, se analizó la cadena completa de abastecimiento de plantas para la reforestación de sistemas vegetales degradados.

Los distintos tratamientos probados en vivero trataron de replicar aquellas condiciones utilizadas por viveristas en la zona central de Chile para el fortalecimiento de plantas para ser instaladas en campo. Como se pudo observar, de los cuatro tratamientos probados, el de mayor influencia tanto en vivero como en campo fue el régimen hídrico de vivero, el cual afecta tanto el crecimiento en vivero como en campo, pero con efectos contrastantes. Mientras que el vivero se

favorece el crecimiento de aquellas plantas con mayor riego (operacional) , en campo el crecimiento se ve favorecido por aquellas aclimatadas en vivero, es decir, aquellas que sufrieron restricción hídrica previo su paso a plantación.

La disponibilidad hídrica en zonas semiáridas con climas tipo Mediterráneo es uno de las variables que requieren adaptación para poder ser sobrellevada en campo (LO GULLO et al., 2003), por ende, una aclimatación previa en vivero pasa a ser un paso fundamental para mejorar la sobrevivencia y crecimiento en condiciones de plantación.

En cuanto al resto de los tratamientos evaluados, se destaca la localidad y el tamaño inicial de las plantas. Respecto a la localidad, tanto los compromisos ambientales como los planes de restauración recomiendan u obligan que la procedencia de las plantas sea local. En este contexto, se pudo observar la procedencia Colina (local) tuvo un mejor comportamiento en vivero, sin embargo, en campo, su desempeño solo fue notorio en cuanto a crecimiento de DAC el cual está relacionado a una mejor desempeño en situaciones de estrés.

En relación al tamaño de planta, en vivero existen pautas de calidad de plantas que responden a objetivos propios de cada plantación (QUIROZ et al., 2009). A pesar de aquello, al momento del despacho, en general los plantadores suelen elegir plantas vigorosas guiados por la altura de estas y la temporadas en vivero. En este estudio y para el caso de guayacán, planta adaptada a la sequía, se pudo comprobar que las plantas de menor tamaño inicial (alrededor de 5 cm) en vivero tienen rendimientos similares a las plantas grandes, sin embargo, en campo, estas se desempeñan de mucha mejor manera que aquellas plantas grandes de origen. La discriminación de vigor de las plantas debe ir acompañado de otras características, como crecimiento radicular o características de crecimiento de las especies (CHIRINO et al., 2008).

En cuanto a la aplicación de micorrizas, los efectos beneficiosos expuesto por la bibliografía (ANSARI *et al.*, 2024) no fueron demostradas en el ensayo actual. Existen autores que indican las micorrizas con ineficientes en ciertos cultivos en vivero, hablando de micorrizas comerciales, no mejorando el crecimiento y postulando que los viveristas evalúen micorrizas específicas (CORKIDI *et al.* 2004).

6. Conclusiones

La procedencia de las semillas afecta el crecimiento en vivero, siendo las plantas locales las que alcanzaron mayores incrementos en crecimiento. En tanto, en plantación, el mayor crecimiento se obtuvo en la localidad de Cajón del Maipo. Las plantas de menor talla seleccionadas previo a los tratamientos de vivero lograron crecer en condiciones de plantación tanto como las plantas originalmente más grandes. La incorporación de hongos micorrícicos beneficia en vivero el crecimiento en DAC y altura en vivero bajo riego operacional, sin embargo, en plantación no observó algún efecto en el crecimiento y sobrevivencia. El riego de tipo operacional, sin restricción, cercano a capacidad de campo resulta fundamental para un crecimiento óptimo en vivero, no obstante, al ser esta especie tolerante a la sequía, las plantas que en vivero fueron sometidas a restricción, resultaron en un mayor crecimiento en plantación. Se requiere evaluar por mayor plazo el desempeño de plantaciones de *P. chilensis* para sugerir prescripciones de manejo que se traduzcan en pautas de manejo de la especie.



7. Agradecimientos

Los autores agradecen a AngloAmerican operación Los Bronces por facilitar apoyar esta investigación y al Sr. Benjamín Arriagada por sistematizar parte de los datos obtenidos en vivero.

8. Bibliografía

ANSARI, R. A., RIZVI, R., & MAHMOOD, I. (Eds.). (2024). Mycorrhizal Symbiosis and Agroecosystem Restoration. Springer Nature Singapore, Imprint: Springer.

ARONSON, J., DEL POZO, A., OVALLE, C., AVENDANO, J., LAVIN, A., & ETIENNE, M. (1998). Land use changes and conflicts in central Chile. In: Rundel P., Montenegro G., Jaksic F.M. (Eds.) Landscape disturbance and biodiversity in Mediterranean-type ecosystems, 155-168. Ecological Studies Vol. 136. Springer, Berlin.

BECERRA, P., SMITH-RAMÍREZ, C., & ARELLANO, E. (2018). Evaluación de técnicas pasivas y activas para la recuperación del bosque esclerófilo de Chile central. *Santiago, Chile*.

CHIRINO, E., VILAGROSA, A., HERNÁNDEZ, E. I., MATOS, A., & VALLEJO, V. R. (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(4), 779-785.

CORKIDI, L., ALLEN, E. B., MERHAUT, D., ALLEN, M. F., DOWNER, J., BOHN, J., & EVANS, M. (2004). Assessing the infectivity of commercial mycorrhizal inoculants in plant nursery conditions. *Journal of Environmental Horticulture*, 22(3), 149-154.

COWLING, R., RUNDEL, P., LAMONT, B., KALIN, M., & ARIANOUTSOU, M. (1996). Plant diversity in Mediterranean-climate regions. *Trends Ecol Evol* 11(9), 362-366.

DONOSO, C. (1993). Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. *Ecología forestal*. 2ª ed. Santiago, Editorial Universitaria, 484p.

HECHENLEITNER V., P., M. F. GARDNER, P. I. THOMAS, C. ECHEVERRÍA, B. ESCOBAR, P. BROWNLESS, & C. MARTÍNEZ A. 2005. Plantas Amenazadas del Centro-Sur de Chile. Distribución, Conservación y Propagación. Primera Edición. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo, 188p.

HOBBS, R. J., & HARRIS, J. A. (2001). Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration ecology*, 9(2), 239-246.

LO GULLO, M. A., SALLEO, S., ROSSO, R., & TRIFILO, P. (2003). Drought resistance of 2-year-old saplings of Mediterranean forest trees in the field: relations between water relations, hydraulics and productivity. *Plant and Soil*, 250, 259-272.

LUEBERT, F. Y PLISCOFF, P. (2006). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago de Chile, Editorial Universitaria. 316p.

MUÑOZ, M. R., SQUEO, F. A., LEÓN, M. F., TRACOL, Y., & GUTIÉRREZ, J. R. (2008). Hydraulic lift in three shrub species from the Chilean coastal desert. *Journal of Arid Environments*, 72(5), 624-632.

NAVAS, L. E. (1976.) Flora de la cuenca de Santiago. Vol. II. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago, Chile. Santiago de Chile, 542 p.

QUIROZ, I., CHUNG, P., GARCÍA, E., GONZÁLEZ, M., & SOTO, H. (2009). Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta.

QUIROZ, I. Q., HERNÁNDEZ, A., RIVAS, E. G., ORTEGA, M. P. G., & GUEVARA, H. S. (2011). Comportamiento en terreno de plantas de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), producidas en diferentes volúmenes de contenedor. *Ciencia & Investigación Forestal*, 17(2), 163-174.



SANTIBÁÑEZ, F. 2017. Atlas Agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima. Tomo III: Regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule. Santiago, Valus Ltda, 50p.

SERRA, M. T., GAJARDO, R. Y CABELLO, A. (1986). Programa de protección y recuperación de la flora nativa de Chile. Ficha técnica de especies amenazadas. *Porlieria chilensis* "Guayacán" (Zygophyllaceae). CONAF - Universidad de Chile. 141-156.

VAN ANDEL, J., & ARONSON, J. (Eds.). (2012). Restoration ecology: the new frontier. John Wiley & Sons.

VITA, A., VALENZUELA, M., & VARELA, C. (2007). Ensayos de recuperación de formaciones naturales de guayacán (*Porlieria chilensis* John.) en la zona árida de Chile.