



Universidad
Complutense
Madrid



Universidad
Rey Juan Carlos



Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas.

Presentado por:

D^a Sara Monzón López.

Director:

Dr. D. Enrique Andivia Muñoz.

Tutor académico:

Dr. D. Pedro Villar-Salvador.

En Madrid a 30 de septiembre de 2020.

ÍNDICE.

ABSTRACT	2
RESUMEN	3
PALABRAS CLAVE	4
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 Restauración y gestión forestal en un contexto de cambio global	4
1.2 Calidad de planta y shock post-trasplante	5
1.3 Características de los principales tipos de plantas usadas en plantaciones forestales	6
2. METODOLOGÍA	10
2.1 Búsqueda bibliográfica y criterio de selección de artículos	10
2.2 Extracción y estructura de la base de datos	11
2.3 Conteo de votos	14
2.4 Meta-análisis	15
3. RESULTADOS	17
3.1 CONTEO DE VOTOS	17
3.1.1 Modelo general	17
3.1.2 Efecto de los moduladores	19
3.2 META-ANÁLISIS	21
3.2.1 Efecto general del tipo de planta	21
3.2.2 Efecto de los moduladores	21
4. DISCUSIÓN	27
5. CONCLUSIONES	31
6. AGRADECIMIENTOS	31
7. BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	37
Anexo 1. Hoja de cálculo de la base de datos utilizada para la extracción	37
Anexo 2. Hoja de cálculo de la base de datos utilizada para el conteo de votos	38
Anexo 3. Resultados para el <i>effect size</i> LogRatio	39
Anexo 4. Bibliografía utilizada para el meta-análisis	40

ABSTRACT.

Background: The current degradation of forests due to global change makes active forest restoration a global priority. To ensure the success of forest restoration projects, early seedling outplanting survival is critical. The main stress that seedlings face after planting is the transplantation shock, which intensity depends on soil humidity. Transplantation shock can hinder the survival and growth of plantations for years, jeopardizing their success. The quality of plant material as well as stocktype, i.e. plants grown in containers forming plugs (container stock) and plants cultivated in the field that lack plugs (bare-root stock) can be crucial for reducing transplant shock. However, there is no consensus about what stocktype maximizes outplanting survival and growth, and whether stocktype performance is modulated by other variables such as soil preparation treatments or climate.

Aims: In this study, we performed a meta-analysis to determine if stocktypes significantly differ in outplanting survival and growth. Moreover, we assessed whether taxonomic group (gymnosperm or angiosperm) and factors related to forest plantation such as land use (forest vs. cropland sites), soil preparation, weed control or aridity can modulate the outplanting performance of both stocktypes. Finally, a vote count analysis, which included a higher number of study cases than the meta-analysis was performed to supplement the meta-analysis results.

Main results: Container stock had higher survival than bare-root stock ($p=0,0077$), while growth advantage of container stock was small and depended on seedling size. Thus, increase in seedling size and age of bare-root stock reduced the survival and growth advantage of container stock, while increase in seedling size of container stock enhanced the advantage of container stock. The higher performance of container stock over bare-root stock was observed in gymnosperms but not in angiosperms and with soil preparation treatments. Neither aridity nor the type of planting site (forest or cropland) or the control of competing vegetation influenced the advantage of container stock.

Conclusions and practical implications: We evidence a global phenomenon in which container stock outperforms bare-root stock in survival under field conditions. These results can help to provide important guidelines for improving early performance of future forest restoration projects, which has ecological and economic benefits for the society.

RESUMEN.

Planteamiento del problema: La degradación de las masas forestales en el mundo como consecuencia del cambio global, incrementa la necesidad de proyectos de restauración forestal. Para garantizar el éxito temprano de estos proyectos, es fundamental conseguir una elevada supervivencia post-plantación del material vegetal usado. El shock derivado del trasplante a campo es el principal estrés que experimentan las plantas inmediatamente después de su plantación. Dicho estrés está muy relacionado con la humedad del suelo en el momento de la plantación y puede condicionar durante años la supervivencia y crecimiento de las plantaciones forestales. La calidad del material vegetal y el tipo de planta, pueden ser cruciales para reducir el shock del trasplante. Los dos tipos fundamentales de planta que se usan en las plantaciones forestales a nivel mundial son la cultivada en contenedores y que, por tanto, tiene cepellón (planta en contenedor) y la cultivada directamente en el campo y que carece de cepellón (planta a raíz desnuda). No existe consenso sobre qué tipo de planta es más favorable en términos de supervivencia y crecimiento en campo, ni tampoco si las diferencias entre los tipos de planta pueden deberse a otras variables moduladoras como la aplicación de tratamientos de preparación del suelo o el clima.

Objetivos: En este estudio, se ha realizado un meta-análisis para determinar si existen diferencias significativas en supervivencia y crecimiento en campo de las plantas en contenedor y las de raíz desnuda. Además, se ha analizado si existen otros factores que pueden modificar estas diferencias, tales como grupo taxonómico, el tipo de suelo (forestal o agrícola), la preparación del terreno, el control de la vegetación acompañante y la aridez. Finalmente, se llevó a cabo un conteo de votos, que incluyó un mayor número de estudios, para reforzar los resultados obtenidos en el meta-análisis.

Resultados principales: Las plantas en contenedor presentaron una supervivencia en campo significativamente más alta que las plantas a raíz desnuda ($p=0,0077$). Esta diferencia también se observó en el crecimiento en altura, pero dependió del tamaño de las plantas y fue menor que la supervivencia. Así, la ventaja del contenedor se redujo cuanto mayor fue la edad y tamaño de las plantas a raíz desnuda, mientras que la ventaja se incrementó cuanto más grande fueron las plantas en contenedor. La ventaja de las plantas en contenedor se observó en las gimnospermas, pero no en las angiospermas, y con tratamientos de preparación del suelo. Tanto la aridez como el tipo de terreno y el

control de la competencia no afectaron las diferencias de desarrollo de ambos tipos de planta.

Conclusiones e implicaciones para la restauración: Este trabajo evidencia un fenómeno global en el que la planta en contenedor supera al cultivo a raíz desnuda en supervivencia en campo. Estos resultados permiten elaborar recomendaciones de uso importantes para el éxito temprano de futuros proyectos de restauración forestal y maximizar los beneficios ecológicos y socioeconómicos que producen.

PALABRAS CLAVE.

Aridez, contenedor, crecimiento, reforestación, supervivencia, vivero.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Restauración y gestión forestal en un contexto de cambio global

La Tierra está experimentando un cambio climático trascendental y rápido, motivado por alteraciones de origen antrópico en la atmósfera, las aguas y la superficie terrestre (IPCC 2020). En algunas zonas del planeta, el cambio climático se ha traducido en un aumento de temperatura que favorece el crecimiento de los bosques (Allen 2009). Sin embargo, en ecosistemas con limitaciones hídricas, el cambio climático está provocando periodos prolongados de sequías, que cada vez son más severas (Choat et al. 2012). Estos eventos de sequía suponen un importante componente de estrés que favorece la aparición de plagas y enfermedades forestales (Desprez-Loustau et al. 2006; Raffa et al., 2008) desencadenando eventos de mortalidad masiva (Anderegg et al. 2015). Paralelamente, otros componentes del cambio global como los cambios en el uso del suelo y el abandono rural, propician la acumulación de combustible y han sido relacionados con el aumento en la frecuencia y magnitud de incendios forestales (Moriondo et al. 2006; Castañeda y Reyes, 2014).

Ante el deterioro de muchas masas forestales a lo largo del planeta, se hace cada vez más necesario impulsar proyectos de restauración forestal. La restauración forestal cobra cada vez más importancia en la política internacional, con proyectos como el reto de Bonn, que perseguía restaurar 150 millones de ha. de bosques degradados y deforestados para el año 2020. Globalmente, se han identificado más de 2 billones de ha. como áreas

potenciales para la restauración forestal (Crouzeilles et al. 2016). Las medidas de restauración y gestión forestal tienen como objetivo aumentar la biodiversidad y diversidad estructural de la vegetación en comparación con ecosistemas degradados (Summers et al. 2015; Crouzeilles et al. 2016). La restauración forestal es, por tanto, una herramienta clave para mitigar el cambio climático, y restaurar los bienes y servicios ecosistémicos que las masas forestales aportan, y de los que dependen el desarrollo y bienestar de la sociedad (Serrada, 2011).

1.2 Calidad de planta y shock post-trasplante.

La mayoría de los proyectos de restauración forestal a nivel mundial conllevan la introducción de algunas especies de plantas mediante la plantación de brinzales o plántones cultivados en vivero. En estos casos, el éxito temprano de los proyectos de restauración forestal pasa por maximizar la supervivencia y crecimiento post-plantación de los plántones (Yamashita et al. 2016), especialmente, durante los primeros años (Boyer, 1988). Desde mediados del siglo XX, los gestores forestales han tratado de predecir la supervivencia en campo de las plantas implantadas a partir de sus atributos morfológicos (Grossnickle, 2012), subrayando la importancia de la calidad de las plantas en el éxito de las reforestaciones (Barnett et al. 1986; Villar-Salvador, 2003; Grossnickle, 2012). El objetivo era evitar llevar al campo plantas de mala calidad que una vez plantadas tuvieran baja supervivencia y crecimiento. La calidad de la planta puede ajustarse a los objetivos específicos del proyecto mediante la forma de cultivo en vivero, siendo la fertilización, tipo de sustrato y características del contenedor de cultivo los factores más influyentes (Villar-Salvador, 2003). Algunos de los atributos morfológicos que predicen la capacidad de desarrollo de las plantas en campo son la altura del tallo, el diámetro en el cuello de la raíz, la masa de la planta y el ratio entre la masa de la parte aérea y la de la raíz.

El principal problema al que deben enfrentarse los plántones inmediatamente después su plantación es el shock post-trasplante. Las raíces tienen baja capacidad de absorber agua y nutrientes en el momento de la plantación. Esto hace que las plantas absorban menos agua de la que transpiran, causando una crisis de estrés hídrico denominada shock post-trasplante (Kaushal y Aussenac 1989; Burdett, 1990). Si el suelo del lugar de plantación está poco húmedo o se forman huecos de aire alrededor de las raíces tras la plantación, el shock post-

trasplante se puede agravar. El shock post-trasplante finaliza cuando las plantas se conectan hidráulicamente con el suelo, gracias a la formación de nuevas raíces que se embuten en la matriz del suelo (Haase et al. 2002). Este proceso se denomina arraigo.

El shock post- trasplante puede mantenerse durante muchos años, reduciendo de forma significativa el crecimiento y viabilidad de las plantas (Carlson et al. 1980; Pernot et al. 2019). La duración de estos efectos dependerá del tiempo que requieran las plantas para que su sistema radical se ajuste al nuevo ambiente (Pernot et al 2019), por lo que las características previas del sistema radical son fundamentales para evitar o reducir este impacto. Debido a que la disponibilidad de agua es el factor limitante principal en la mayoría de las repoblaciones, las plántulas solo sobrevivirán si tienen acceso a cantidades suficientes de agua como para suplir sus demandas de transpiración (Erkan y Aydin 2017). La utilización de plantas de elevada calidad puede acelerar la superación del shock post-trasplante, permitiendo que la planta se aclimate al lugar de plantación, asegurando elevadas tasas de supervivencia (Grossnickle 2012). La reducción de los problemas que dificultan el establecimiento y el crecimiento inicial de las plantas tras la plantación, puede producir efectos beneficiosos que se acumulen en el tiempo (Vyse 1981).

1.3 Características de los principales tipos de plantas usadas en plantaciones forestales.

Existen dos tipos fundamentales de plantas usados en las plantaciones forestales que se clasifican en función del método de cultivo en el vivero:

Las plantas en contenedor (en inglés *container plants*) son cultivadas en contenedores (los cuales pueden tener tamaños y formas internas muy diferentes, y estar contruidos en una variedad de materiales), hasta que alcanzan el tamaño o edad establecidos para realizar el trasplante al campo. Las características de los contenedores tienen una incidencia muy significativa en la calidad final de las plantas (Domínguez Lerena et al. 2000). La consecuencia del cultivo en un volumen confinado es que se forma un cepellón, que es el conjunto del sistema radical trabado con el sustrato de cultivo. El cepellón se extrae del contenedor en el momento del trasplante en el campo (Figura 1a y b) y puede almacenar agua y nutrientes que son aprovechados por la planta hasta que se arraigue. Las plantas cultivadas a raíz desnuda (*bareroot* en inglés) se cultivan en el suelo como cualquier cultivo agronómico, de forma que su sistema radical no tiene limitación física

para el crecimiento. Para extraerlas del suelo y llevarlas al monte, las raíces de las plantas son cortadas a cierta profundidad. En la extracción, las raíces quedan libres o “desnudas” de sustrato por lo que, a diferencia de las plantas en contenedor, no existe un cepellón (Figura 1c).

La ventaja principal del cultivo en contenedor (Tabla 1) es que, en el momento de la plantación, el sistema radical se encuentra protegido en el cepellón. La planta en contenedor presenta un sistema radical fibroso y denso que le permite absorber el agua y reducir así el estrés hídrico post-trasplante (Davis y Jacobs 2004, Grossnickle y El-Kassaby 2015). En contraposición, las raíces de la planta a raíz desnuda no presentan ningún tipo de protección a la hora de la plantación, ya que carecen de cepellón. Por ello, las raíces se pueden romper o deformar durante la manipulación de las plántulas en la plantación (Grossnickle y El-Kasabby 2015). Esto contribuye a agudizar el shock del trasplante (Struve y Joly 1992; Yamashita et al. 2016). Las deformaciones del sistema radical pueden permanecer evidentes entre 10 y 30 años e incluso para el resto de la vida del árbol, afectando su estabilidad (Carlson et al. 1980). Existen evidencias de que la planta a raíz desnuda arraiga y se desarrolla favorablemente en estaciones de alta calidad (Davis y Jacobs 2004), en las que puede resultar económicamente rentable utilizar este tipo de cultivo (Burkett et al. 2005). Las plantas en contenedor son al menos un 50% más caras que las plantas a raíz desnuda. El mayor costo de las plantas en contenedor radica en el uso de sustratos orgánicos como la turba, contenedores, y más mano de obra, fundamentalmente; así como los mayores gastos de transporte al lugar de plantación (Dickson et al. 1987). A pesar de que el cultivo en contenedor es más caro que el cultivo a raíz desnuda (Tabla 1), las ventajas de la planta en contenedor con respecto a la de raíz desnuda parece que son evidentes, sobretudo en lugares de plantación de baja calidad, especialmente debidas a limitaciones hídricas (Pope 1993; Barnett y McGilvray 1993; Haywood y Rarnett,1994; Morrisey et al. 2010).

En condiciones favorables, muchos autores defienden que la planta a raíz desnuda presenta tasas de supervivencia y crecimiento similares a las plantas en contenedor (Haywood y Rarnett 1994; Grossnickle y El-Kassaby 2015; Jaarats et al. 2016). Las plantas a raíz desnuda suelen presentar mayor tamaño que la planta en contenedor, debido a que son cultivadas a menores densidades, sin restricciones edáficas y por periodos de tiempo más prolongados (Grossnickle y El-Kassaby, 2015). Este mayor tamaño puede presentar una ventaja importante de cara a superar los posibles efectos adversos de la

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

competencia con otra vegetación (fundamentalmente, asociado a herbáceas) en la zona de reforestación.

Un resumen de las características de cada planta en función del tipo de cultivo puede encontrarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación entre las características de la planta cultivada en contenedor y el cultivado a raíz desnuda derivada de la revisión bibliográfica del tema.

	CULTIVADO EN CONTENEDOR	CULTIVADO A RAÍZ DESNUDA
Limitación física al crecimiento radical	Sí	No
Presencia de cepellón	Sí	No
Tiempo de cultivo	Menor	Mayor
Densidad de cultivo	Mayor	Menor
Costes de producción	Mayor	Menor
Dificultades en la plantación	Menor	Mayor
Desarrollo en condiciones desfavorables	Mayor	Menor

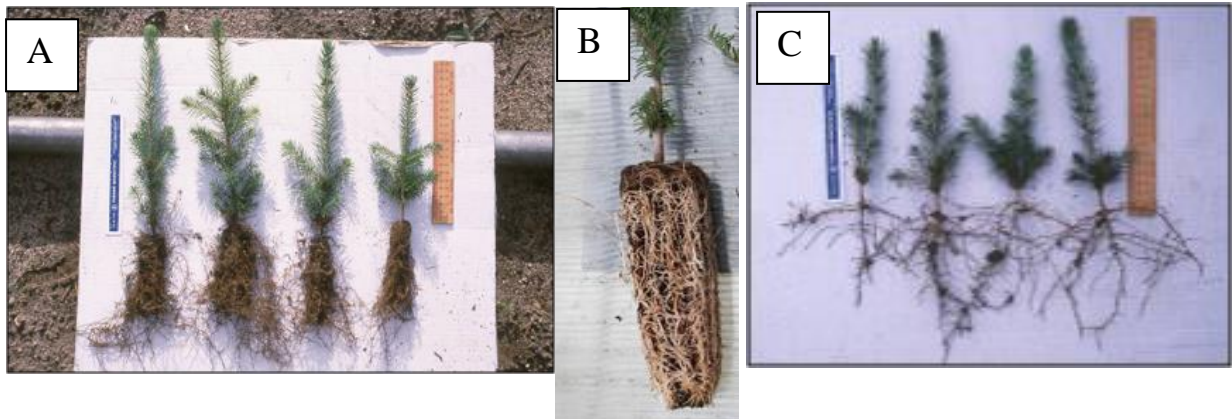


Figura 1. Diferentes tipos de plantas de *Picea glauca* cultivados en contenedor (A), con un detalle de la estructura del cepellón (B) y a raíz desnuda (C). Cedidas por Douglass F. Jacobs y Pedro Villar-Salvador.

A lo largo de la década de los años 60 del siglo XX, las plantas en contenedor se empezaron a utilizar más habitualmente debido a sus ventajas (Sundstrom y Keane, 1999; Kamo et al. 2005). La elección del tipo de planta y su calidad es fundamental para maximizar el éxito temprano de la reforestación (Shaw et al. 2015). Existe un debate sobre las ventajas e inconvenientes de ambos tipos de planta principalmente en relación con la

supervivencia, crecimiento, deformaciones radicales, así como la deformación de los troncos y la estabilidad de los árboles (Sundstrom y Keane, 1999). Las comparaciones arrojan resultados contradictorios, que varían en función de la especie (Sundstrom y Keane, 1999) y, probablemente, también de otras variables relacionadas con las condiciones del lugar de plantación. Actualmente, no existe un consenso sobre las condiciones de campo en las cuales el desarrollo de un tipo de planta es más óptimo que el del otro (Grossnickle y El-Kassaby, 2015). Por ejemplo, se puede suponer que las diferencias entre ambos tipos de cultivo pueden modularse en función de la aridez del clima, siendo favorecidas las cultivadas en contenedor por las ventajas que les otorga el cepellón. Igualmente, cabe esperar que el empleo de tratamientos de preparación del suelo pueda disminuir las diferencias entre el desempeño de ambos tipos de planta.

El principal objetivo de este Trabajo Fin de Máster es comparar la supervivencia y crecimiento en campo de las plantas a raíz desnuda y en contenedor. El segundo objetivo es determinar las condiciones y factores que pueden modular las diferencias entre ambos tipos de planta de desarrollo en el campo. En concreto, nos preguntamos si las diferencias pueden variar según la aridez del lugar de plantación, la edad y altura inicial de los plántones en el momento de la plantación, si las especies son angiospermas o gimnospermas y si se han aplicado tratamientos de preparación del suelo previo a la plantación. La hipótesis de partida es que las plantas en contenedor presentan ventaja en términos de supervivencia y crecimiento con respecto a las de raíz desnuda relacionadas fundamentalmente con el sistema radical y el cepellón, que permiten paliar el shock post-trasplante. En cuanto a los moduladores, hipotetizamos que las ventajas de las plantas en contenedor serán menores cuanto más favorables sean las condiciones de plantación. Por lo tanto, se espera que la planta a raíz desnuda se desarrolle de forma similar a la planta en contenedor en ambientes sin estrés hídrico, con suelos agrícolas, cuando se realiza una preparación del suelo y se controla la competencia de la vegetación acompañante. Finalmente, pensamos que las diferencias entre ambos tipos de plantas serán más intensas en las angiospermas que en las gimnospermas, ya que éstas últimas tienen tasas de transpiración inferiores a las angiospermas debido a las características de su xilema (Choat et al. 2012; O'Brien et al. 2017). Para abordar estos objetivos, se ha realizado una revisión cuantitativa de la literatura científica y técnica mediante dos aproximaciones: la primera y principal fue un meta-análisis. La segunda, complementaria al meta-análisis, consistió en un conteo de votos.

2. METODOLOGÍA

2.1 Búsqueda bibliográfica y criterio de selección de artículos.

En diciembre de 2019 se realizó una búsqueda bibliográfica en inglés de literatura publicada en relación a la supervivencia y crecimiento en condiciones de campo de ambos tipos de cultivo (en contenedor y a raíz desnuda). Las bases de datos consultadas fueron: *Web of Science*, *TreeSearch* (base de datos del Servicio Forestal de Estados Unidos, www.fs.usda.gov/), *Google Scholar* y el Servicio Forestal Canadiense (www.cfs.nrcan.gc.ca/publications). Adicionalmente, se utilizaron las referencias de las tablas 4 y 6 de Grossnickle y El-Kassaby (2015).

Para la búsqueda se utilizó el siguiente comando de búsqueda: “container” AND (“bareroot” OR “bare root” OR bare-root). De esta manera, se trataba de obtener aquellos estudios en los que ambos tipos de cultivo están presentes y son comparados entre sí. Tras esta primera búsqueda se obtuvieron 570 artículos. El desglose de las referencias obtenidas fue el siguiente: *Web of Science* (149), *TreeSearch* (256), *Google Scholar* (92) y Tablas 4 y 6 de Grossnickle y El-Kassaby (2015) (73). Tras la eliminación de los artículos duplicados, se obtuvieron un total de 303 referencias. Para la gestión de las referencias bibliográficas, se utilizó el software RefWorks ProQuest.

Una vez eliminado los duplicados, se evaluó la idoneidad de los artículos encontrados en base a los siguientes criterios de inclusión:

- Que se comparara plantas a raíz desnuda y en contenedor.
- Que se midiera el crecimiento y/o supervivencia de los pies plantados.
- Que la plantación de los distintos tipos de planta se realizara en condiciones de campo, excluyéndose así las comparaciones entre plantas realizadas exclusivamente en vivero.

A continuación, comenzó una fase de cribado de las referencias en base a los criterios de inclusión definidos, a fin de seleccionar exclusivamente aquellas relevantes para el tema de estudio por medio de un procedimiento de eliminación por fases (Leverkus et al. 2015):

1. Cribado por título. A partir de una lista elaborada con todas las referencias obtenidas en la fase de búsqueda, se descartaron aquellos artículos con títulos no relevantes para el estudio. Esta fase se realizó con disposición conservadora, por lo que aquellos artículos en los que se dudara sobre su relevancia para la

elaboración del estudio fueron incluidos en fases posteriores del cribado. Tras el cribado por título, se obtuvieron un total de 259 artículos (Fig. 2).

2. Cribado por resumen. En esta ocasión, la aceptación de los artículos fue más rigurosa, y sustentada exclusivamente en el cumplimiento de los criterios de inclusión después de leer en profundidad el resumen de los artículos.
3. Lectura de artículos. Aquellos artículos que hubieran superado las fases anteriores, fueron leídos en su totalidad para realizar la extracción de los datos de interés. En caso de que alguno de los artículos resultara no ser de interés a lo largo de esta fase, sería descartado y contabilizado como tal.

En total, hubo 125 artículos que cumplieron los distintos criterios de inclusión (Fig. 2).

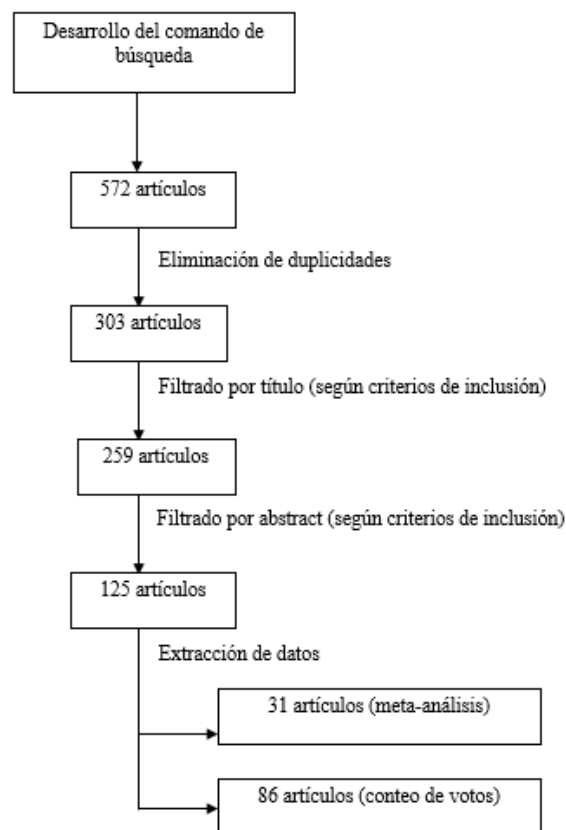


Figura 2. Esquema del proceso de obtención de las referencias utilizadas en el meta-análisis.

2.2 Extracción y estructura de la base de datos.

Una vez concluida la fase de cribado de las referencias, comenzó la fase de extracción de datos de las referencias seleccionadas. Cada artículo fue leído en profundidad, con especial atención en la metodología y resultados. Es importante señalar que un mismo

artículo pudo dar lugar a distintos casos de estudio si se consideraron distintas especies, tipo de cultivo (edad de las plantas), lugares y fechas de plantación, fecha de medición de supervivencia y crecimiento o tratamientos pre- y post-plantación (control de herbáceas, preparación del terreno, fertilización, irrigación). De este modo, se estableció un caso de estudio independiente para cada combinación posible asegurando que las comparaciones entre grupos de plantas (raíz desnuda y contenedor) se realizaron sobre la misma especie, tipo de cultivo, lugar y fecha de plantación, que fueron sometidas a los mismos tratamientos pre- y post-plantación y que las mediciones fueron todas realizadas en la misma fecha.

El primer grupo de datos que se extrajeron fueron los relacionados con los resultados estadísticos de variables relacionadas con la supervivencia y el crecimiento en campo de ambos grupos de plantas. Estos datos son fundamentales para poder calcular el tamaño del efecto (*effect size* en inglés) y realizar los análisis estadísticos posteriores que nos permitan alcanzar el objetivo principal del estudio (ver sección de análisis estadísticos). En concreto, se extrajo de cada caso de estudio, cuando se recogían esos datos, el porcentaje de supervivencia y el crecimiento absoluto en altura y diámetro tras la plantación en campo. Para cada variable se recogió el valor medio, el número de muestras y la desviación estándar para cada grupo de plantas. Cuando estos datos venían representados en forma de figuras, se usó el software ImageJ (Schneider et al. 2012) para extraer la información cuantitativa.

Además de los datos de los resultados estadísticos, para cada caso de estudio se extrajo otra serie de variables siempre que estuvieran recogidas en el artículo:

- Identidad de la especie
- Grupo taxonómico de la especie: angiospermas o gimnospermas.
- Edad de las plantas, en años.
- Características del contenedor utilizado (material, volumen, medio de cultivo, etc.).
- Tratamientos realizados durante el cultivo.
- Altura y diámetro de las plantas a raíz desnuda y en contenedor en el momento de la plantación y el ratio altura/diámetro.
- Fecha de plantación.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

- Coordenadas del lugar de plantación. Cuando no se incluían se aproximaron ubicando la información sobre el lugar de plantación en Google Maps. Con estas coordenadas se obtuvo el índice de aridez para cada lugar de plantación, definido como la precipitación entre la evapotranspiración en términos anuales promedios (UNESCO 1997). El índice de aridez se obtuvo de la base de datos *Global Aridity Index Geospatial Database* (Trabucco y Zomer 2018) calculada a partir de los datos de WorldClim 2.0 (Fick y Hijmans 2017) para los años 1970-2000 a una resolución de 30 arc-sec.
- Uso del suelo: forestal o agrícola. Se estableció que los suelos catalogados como pastizales abandonados, zonas agrícolas y llanuras de inundación de ríos se catalogarían como “zonas agrícolas” debido a que posiblemente estas zonas fueron cultivadas con anterioridad y por tanto la estructura física y composición química de estos suelos sería más similar a la de suelos agrícolas. Por otro lado, se estableció como zonas forestales aquellas zonas con condicionantes que implicaran menor calidad para los suelos, incluyendo bosques recientemente talados o quemados y zonas restauradas tras actividades mineras.
- Preparación del suelo antes de la plantación: realizada o no.
- Control de la vegetación acompañante: realizada o no.
- Fecha de medición de la supervivencia y crecimiento en campo.
- Además de cada estudio se extrajo una serie de metadatos: Autor, año, lugar y fecha de publicación y lector del artículo.

Del total de los artículos (125), 39 fueron descartados por algunos de los siguientes motivos:

- Después de ser leídos en profundidad no cumplían con el criterio de inclusión (31%).
- Ausencia de resultados para supervivencia o crecimiento en campo (manuales, informes o revisiones) (26%).
- Se comparaban distintas procedencias para cada tipo de planta (lo cual impiden determinar si las posibles diferencias obtenidas se deben al tipo de planta o a la procedencia) (18%).
- Utilización de los mismos datos en distintos artículos (el autor/a coincide) (10%).

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

- Otros aspectos: no se realiza plantación en campo, aplicación de distintos tratamientos para cada tipo de cultivo o la presentación de los datos no permite su utilización (p. ej. datos no desglosados por especies) (15%).

Además, solo 31 de los 86 artículos restantes pudieron ser incluidos en el meta-análisis debido a que no se incluían en el estudio los estadísticos de dispersión y/o el número de muestras para las variables estudiadas. Estos 31 estudios dieron en total 267 casos de estudio: 219 para la supervivencia, 247 para el crecimiento en altura y 59 para el crecimiento en diámetro. La estructura de la base de datos puede consultarse en el Anexo 1.

2.3 Conteo de votos.

El conteo de votos se realizó como refuerzo del meta-análisis, a pesar de sus conocidas limitaciones (Koricheva y Gurevitch 2013). Como se ha comentado anteriormente, más del 60% de los artículos tuvieron que ser descartados por falta de información estadística que impedía el cálculo del tamaño del efecto. Para el conteo de votos se utilizaron todos los artículos aceptados tras la fase de búsqueda, incluyendo aquellos para los que sí pudo realizarse la extracción de datos para el meta-análisis. De forma análoga, se establecieron distintos casos de estudio dentro de cada artículo si se evaluaban distintas especies, tipo de cultivo o lugares de plantación. Se determinó que el sentido del voto sería positivo si la planta en contenedor se desarrollaba significativamente mejor que la planta a raíz desnuda para una variable concreta ($C > BR$). El sentido del voto sería negativo en el caso contrario ($C < BR$). En caso de no especificarse diferencias significativas para una variable concreta, el sentido del voto sería neutro (Floress et al. 2019).

En total, se obtuvieron 415 casos de estudio. La estructura de la base de datos para el conteo de votos puede consultarse en el Anexo 2. Para el análisis estadístico del conteo de votos, se utilizó el programa informático STATISTICA (2007), a través del cual, se realizó la prueba χ^2 para conocer si la frecuencia de casos observados para los tres posibles resultados era estadísticamente distinto de la frecuencia esperada, asumiendo la misma frecuencia para los tres resultados. En caso de existir diferencias significativas, en un segundo paso, se analizó si la frecuencia observada de casos positivos y negativos difería de la esperada por azar. Además, mediante tablas de contingencia 2×2 se realizó un análisis por separado para cada uno de los factores que pudieran influenciar el

resultado de la comparación entre ambos tipos de planta (grupo taxonómico, uso del suelo, preparación del suelo y control de la vegetación acompañante). En aquellos casos en los que el número de votos, para una variable respuesta o modulador, presentaba un valor observado ≤ 5 , se utilizó la corrección de Yates para calcular la χ^2 .

2.4 Meta-análisis.

Para cada una de las variables de interés (supervivencia, crecimiento en altura y crecimiento en campo) se calculó el tamaño del efecto (*effect size*) mediante la d de Hedge (Hedges y Olkin, 1985):

$$d = \frac{\bar{Y}_c - \bar{Y}_{br}}{\sqrt{\frac{(n_c - 1)S_c^2 + (n_{br} - 1)S_{br}^2}{n_c + n_{br} - 2}}} \left(1 - \frac{3}{4(n_c + n_{br} - 2) - 1}\right)$$

con varianza:

$$v_d = \frac{n_c + n_{br}}{n_c n_{br}} + \frac{d^2}{2(n_c + n_{br})}$$

donde \bar{Y} , S y n son el promedio de la variable de interés, la desviación estándar y el número de muestras en plantas de contenedor (c) y a raíz desnuda (br). De manera análoga al conteo de votos, valores positivos de d indican que las plantas de contenedor se desarrollan mejor que las de raíz desnuda.

Para el análisis estadístico del meta-análisis, se utilizaron modelos aleatorios para meta-análisis, en los que se controló la falta de independencia entre los casos de estudios procedentes de un mismo artículo incluyendo la identidad del artículo como efecto aleatorio en los modelos (Mengersen et al. 2013). En primer lugar, para evaluar el efecto general sobre la supervivencia ($n=219$) y crecimiento en altura ($n=247$) y diámetro ($n=59$) de ambos grupos de plantas se ajustó un modelo nulo, siendo el valor del intercepto el efecto general. Si los intervalos de confianza al 95% de dicho intercepto no solapaban el cero, se concluyó que existía un efecto significativo del tipo de planta sobre las variables estudiadas. Para evaluar la posible existencia de sesgo de publicación, ajustamos estos mismos modelos, pero incluyendo como efecto fijo la varianza asociada al tamaño del efecto. Este método es una extensión para modelos aleatorios de meta-análisis del ampliamente utilizado test de Egger (Higgins y Green 2011). En caso de existir sesgo de

publicación, se calculó el número de Rosenberg (Rosenberg 2005) que indica el número de estudios necesarios para cambiar el efecto global del meta-análisis. Además, también se comprobó si había un sesgo en los resultados asociado al año de publicación incorporando en el modelo el año de publicación como efecto fijo (Gibert et al. 2016).

Una vez comprobado el efecto general, se evaluó si distintas variables relacionadas con el lugar de plantación, las especies plantadas o el tamaño y edad de las plantas modulaban este efecto. Este segundo grupo de modelos no se aplicó sobre el crecimiento en diámetro por falta de poder estadístico (59 observaciones). Debido a que no todos los artículos contenían información sobre estas variables, se ajustaron dos grupos de modelos para maximizar el número de observaciones. En el primer grupo de modelos se evaluó el efecto del grupo taxonómico (angiospermas vs. gimnospermas), la existencia de preparación del suelo (sí vs. no) y el índice de aridez sobre el tamaño del efecto de la supervivencia (n=219) y el crecimiento en altura (n=245). El efecto del uso del suelo (agrícola vs. forestal) no se pudo evaluar por redundancia con la preparación del suelo, ya que en todos los sitios de plantación en terrenos agrícolas se realizaron labores de preparación del terreno. En el segundo grupo de modelos se evaluó el efecto de la edad de las plantas a raíz desnuda y de la altura en el momento de la plantación de las plantas a raíz desnuda y en contenedor sobre el tamaño del efecto de la supervivencia (n=100) y el crecimiento en altura (n=112). En este caso no se evaluó el efecto de la edad de la planta en contenedor ya que la mayor parte de las plantas de contenedor se cultivaron a una savia. Para evaluar el efecto de las distintas variables se ajustaron todos los modelos posibles y se seleccionó el más parsimonioso mediante el Criterio de Información de Akaike (AIC) usando un umbral de dos unidades (Burham y Anderson 2002). Estos análisis se realizaron en R v4.0.2. (R Core Team 2020) mediante el paquete “*metafor*” (Viechtbauer 2010).

3. RESULTADOS.

3.1 CONTEO DE VOTOS.

3.1.1 Modelo general.

Para la supervivencia, un 40% de los casos presentaron un voto positivo (C>BR), frente a un 11% con votos negativos (C<BR). El resto, un 49%, fueron votos neutros. La diferencia entre la frecuencia de los resultados observados y esperados, fue altamente significativa (Fig. 3). Cuando nos centramos sobre la frecuencia de casos en los que hubo diferencias significativas entre ambos tipos de planta (i.e. C>BR y C<BR), el análisis mediante la prueba de χ^2 indicó que la mayor frecuencia de votos positivos (C>BR) que de negativos (C<BR) fue significativa ($n=181$; $\chi^2_{1, 0.05}=30,56$; $p<0,0001$). En síntesis, la planta en contenedor tiene significativamente mayor supervivencia en campo que la planta a raíz desnuda.

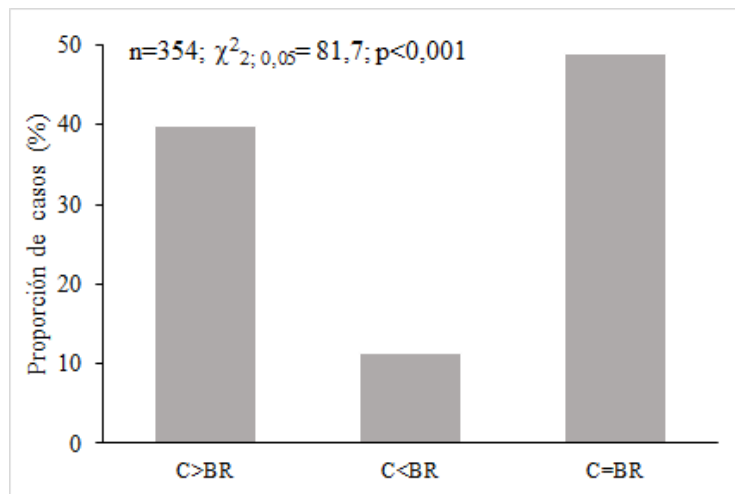


Figura 3. Proporción observada de casos para los tres posibles resultados del conteo de votos para la variable supervivencia. Los posibles resultados son C>BR=la planta en contenedor se desarrolla significativamente mejor que la planta a raíz desnuda, C<BR=lo contrario del caso anterior, y C=BR= no hay diferencias significativas entre ambos tipos de planta.

En cuanto al crecimiento en altura, la diferencia entre la frecuencia de los casos observados y esperados para los tres posibles resultados del conteo de votos fue significativa (Fig. 4). En más de la mitad de los casos (57%) se registraron diferencias entre ambos tipos de plantas. Para estos casos, la frecuencia de votos a favor del contenedor, sin embargo, no difirió significativamente de la frecuencia de casos a favor de la raíz desnuda ($n=221$; $\chi^2_{1, 0.05}=0,38$; $p=0,536$).

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

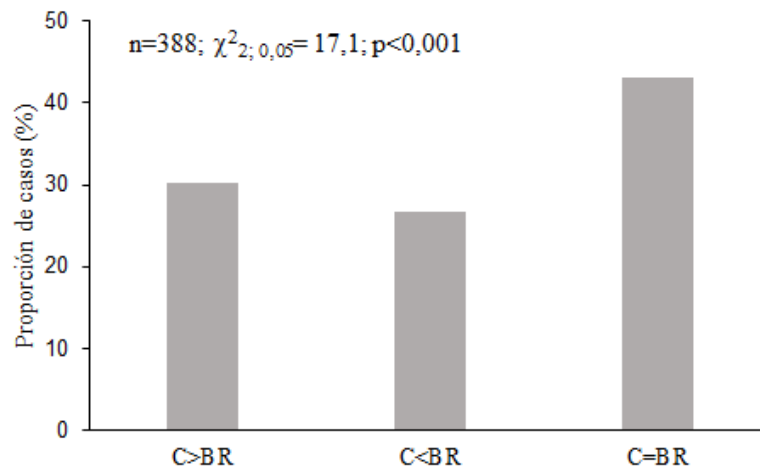


Figura 4. Proporción observada para para los tres posibles resultados de los conteos de votos para la variable crecimiento en altura. Las abreviaturas del eje de abscisas se describen en la leyenda de la figura 3.

La proporción de casos con votos positivos, negativos y neutros para el crecimiento en diámetro fue parecida, no existiendo diferencias significativas entre las frecuencia observadas y esperadas para los tres posibles resultados del conteo de votos (Fig. 5).

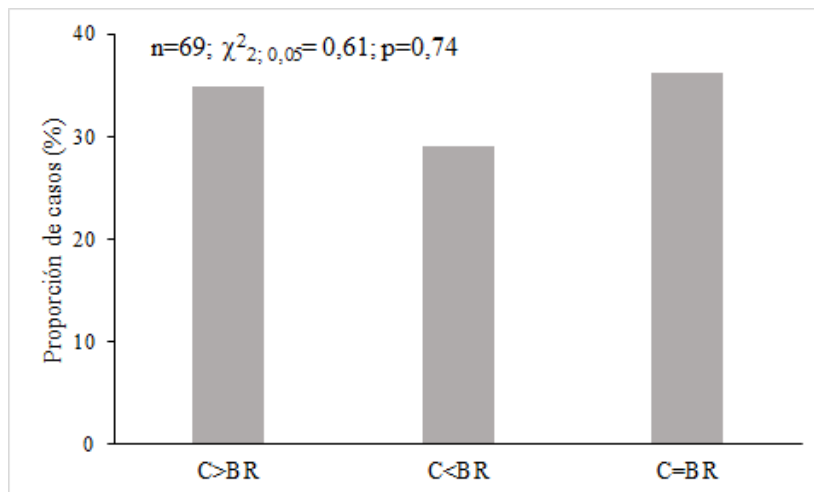


Figura 5. Proporción observada para los tres posibles resultados del conteo de votos para la variable crecimiento en diámetro. Las abreviaturas del eje de abscisas se describen en la leyenda de la figura 3.

3.1.2 Efecto de los moduladores.

Con respecto al grupo taxonómico (angiospermas vs. gimnospermas), se detectó una asociación significativa para el crecimiento diametral. En concreto, la planta en contenedor creció más que la planta a raíz desnuda en gimnospermas mientras que en las angiospermas se observó lo contrario (Fig. 6C). Para el resto de variables respuesta (supervivencia y crecimiento en altura), no se observó ninguna asociación con el grupo taxonómico (Fig. 6B-C).

Para el tipo de suelo en el que se estableció la plantación (forestal o agrícola), no se detectó ninguna asociación significativa con la frecuencia de votos positivos y negativos para ninguna de las variables (Fig. 6D-F). Por ejemplo, para la supervivencia, las plantas en contenedor sobrevivieron más que la planta a raíz desnuda, independientemente del tipo de suelo (no asociación). En cuanto a la preparación del suelo (realizada o no), solo se encontró una asociación significativa para la supervivencia, siendo el cultivo en contenedor más favorable que la raíz desnuda especialmente con preparación del suelo (Fig. 6G). Por último, con relación al control de la vegetación acompañante (realizado o no), se encontraron asociaciones significativas para todas las variables de estudio. Así, la planta en contenedor tuvo mejor supervivencia que la raíz desnuda especialmente cuando no se controló la vegetación acompañante (Fig. 6J). En cambio, para el crecimiento en altura y diámetro (Fig. 6K-L) la ventaja del contenedor sólo se observó cuando si hubo control de la vegetación acompañante. Cabe destacar la falta de votos positivos para el crecimiento en diámetro en ausencia de tratamientos de control de la vegetación.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

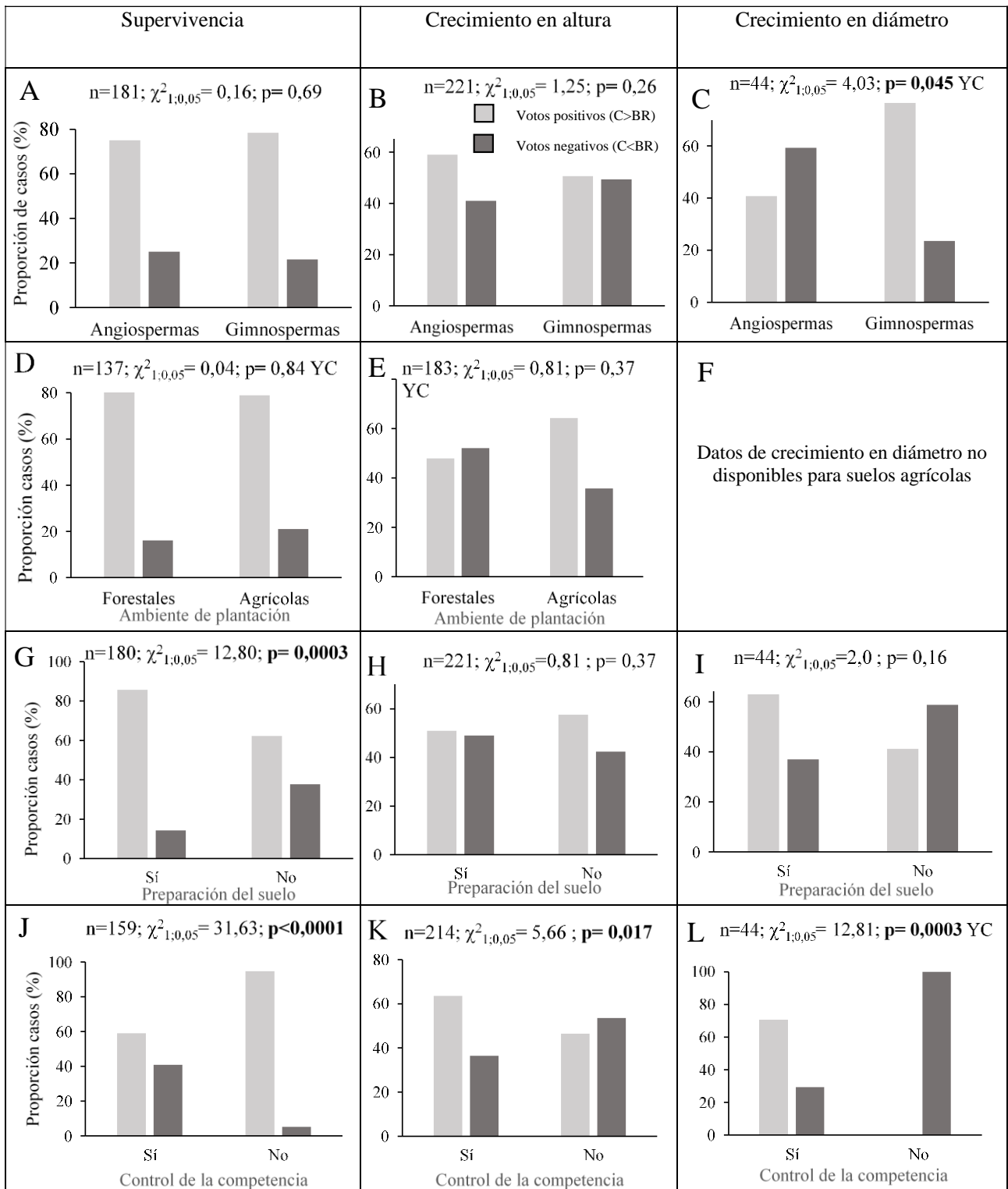


Figura 6. Resultados obtenidos mediante el análisis del conteo de votos para los moduladores (A-C) grupo taxonómico, (D-F) tipo de uso del suelo, (G-I) preparación del suelo y (J-L) control de la vegetación acompañante para las variables de estudio. (Cultivo en contenedor (C), cultivo a raíz desnuda (BR, del inglés *bare-root*)).

3.2 META-ANÁLISIS.

3.2.1 Efecto general del tipo de planta.

La comparación de la supervivencia en campo entre las plantas en contenedor y a raíz desnuda mostró un efecto global positivo y significativo (valor estimado \pm SE, 0.244 ± 0.091 , $p=0,008$) (Fig. 7, efecto global). Esto indica una mayor supervivencia global de las plantas en contenedor frente a las de raíz desnuda. Los análisis de sensibilidad no muestran un sesgo de publicación ($p=0,403$) o un cambio significativo en los resultados publicados con el tiempo ($p=0,329$).

Los resultados del crecimiento en altura revelan que no existen diferencias significativas (0.032 ± 0.230 , $p=0,888$) entre ambos tipos de planta (Fig. 8, efecto global). El test de Egger revela que existe un sesgo negativo de publicación para esta variable (pendiente estimada \pm SE, -0.0047 ± 0.0022 , $p=0,0297$), lo que significa que hay un mayor número de artículos donde las plantas a raíz desnuda tienen una mejor respuesta que las de contenedor del que podríamos esperar por azar según la distribución de la variable estudiada. Sin embargo, el número de Rosenberg es elevado (16,690 estudios, $p < 0.001$) lo que sugiere que este sesgo no afecta a los resultados del trabajo. El año de publicación de los artículos mostró una tendencia positiva y significativa en el número de estudio que mostraban un mejor desempeño de las plantas en contenedor con el tiempo (0.0727 ± 0.0324 , $p=0,0336$). Esto puede ser una consecuencia de la mejora de la tecnología de cultivo en plantas en contenedor. Por su parte, el crecimiento en diámetro en condiciones de campo no mostró diferencias significativas entre las plantas en contenedor y a raíz desnuda (-2.599 ± 2.312 , $p=0,260$). No se ha detectado sesgo de publicación para esta variable ($p=0,987$). El año de publicación de los artículos analizados tampoco tuvo un efecto significativo en los resultados ($p=0,650$).

3.2.2 Efecto de los moduladores.

El modelo más parsimonioso para evaluar el efecto del grupo taxonómico, la preparación del suelo y la aridez sobre la diferencia de supervivencia de ambos grupos de planta fue el modelo nulo (Tabla 2), lo que indica que ninguna de estas variables modula el efecto general observado (Fig. 7). A pesar de no encontrar un efecto significativo del grupo taxonómico y de la preparación del suelo, es importante destacar que el efecto en las gimnospermas y cuando se realizaron labores de preparación del terreno fue

significativamente positivo, indicando un mejor desempeño de las plantas en contenedor en estos casos. En el caso de las angiospermas, y cuando no hubo preparación del terreno, las diferencias entre grupos de plantas no fueron significativas (Fig. 7). En el caso del crecimiento en altura, el modelo más parsimonioso para estas variables incluyó el efecto del grupo taxonómico (Tabla 3). Las angiospermas mostraron un mayor crecimiento en altura cuando fueron cultivadas en contenedor que a raíz desnuda en comparación a las gimnospermas (Fig. 8).

Tabla 2. Modelos ordenados por AIC para evaluar el efecto del grupo taxonómico (GrTx), la preparación de suelo (PrepS) y la aridez en la comparación de supervivencia en campo de plantas en contenedor y a raíz desnuda. El modelo nulo no considera el efecto de ninguna de las variables estudiadas. Δ AIC es la diferencia entre el AIC del modelo y el AIC del modelo con menor AIC. El modelo más parsimonioso está expresado en negrita.

Modelo	np	AIC	Δ AIC
PrepS	3	1959.0	0.0
GrTx + PrepS	4	1959.6	0.6
nulo	2	1960.8	1.8
PrepS + Aridez	4	1961.0	2.0
GrTx + PrepS + Aridez	5	1961.5	2.5
GrTx	3	1961.8	2.8
Aridez	3	1962.3	3.3
GrTx + Aridez	4	1963.1	4.1

Tabla 3. Modelos ordenados por AIC para evaluar el efecto del grupo taxonómico (GrTx), la preparación de suelo (PrepS) y la aridez en la comparación de crecimiento en altura en campo de plantas en contenedor y a raíz desnuda. El modelo nulo no considera el efecto de ninguna de las variables estudiadas. Δ AIC es la diferencia entre el AIC del modelo y el AIC del modelo con menor AIC. El modelo más parsimonioso está expresado en negrita.

Modelo	Np	AIC	Δ AIC
GrTx + PrepS	4	9499.7	0.0
GrTx	3	9500.1	0.4
GrTx + Aridez	4	9500.4	0.7
GrTx + PrepS + Aridez	5	9501.3	1.6
Aridez	3	9502.0	2.3
PrepS	3	9502.6	2.9
Nulo	2	9502.7	3.0
PrepS + Aridez	4	9503.4	3.7

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

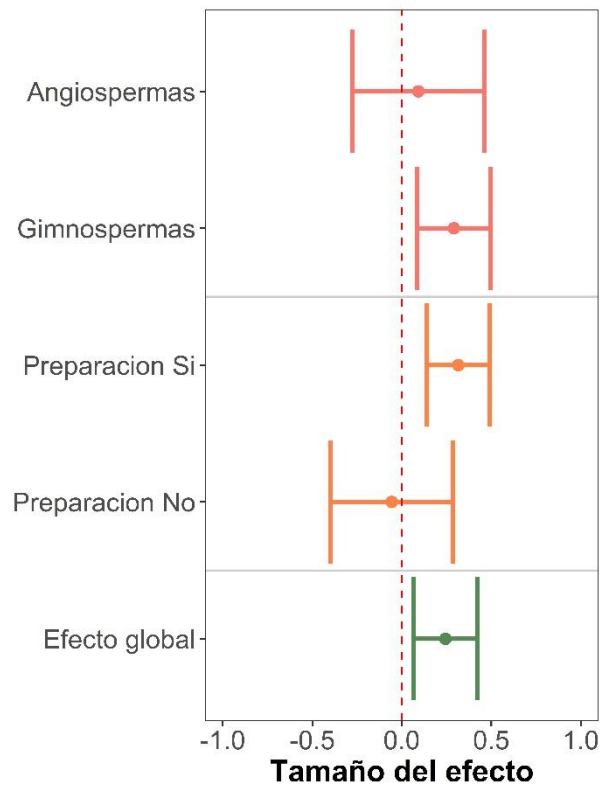


Figura 7. Efecto de distintos moduladores sobre el tamaño del efecto en la supervivencia.

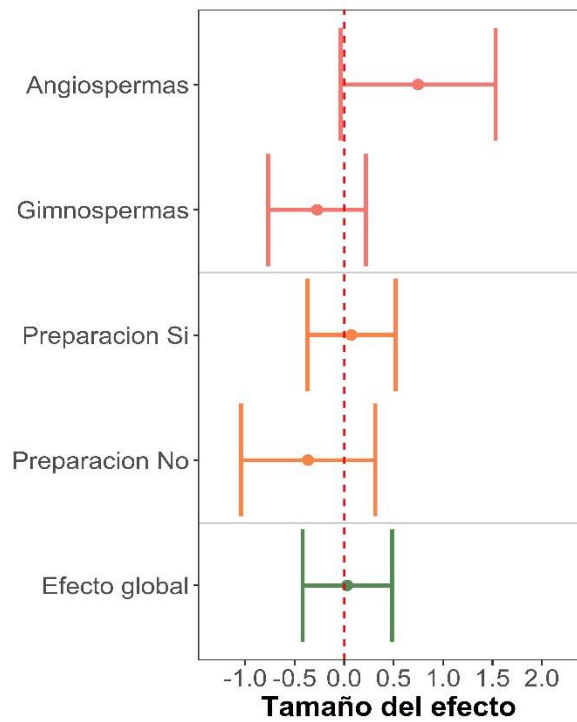


Figura 8. Efecto de distintos moduladores sobre el tamaño del efecto del crecimiento en altura.

El modelo más parsimonioso para evaluar el efecto de la edad de la planta a raíz desnuda y la altura de ambos grupos de planta en la supervivencia en campo incluyó los tres moduladores estudiados (Tabla 4). La ventaja de las plantas en contenedor frente a las cultivadas a raíz desnuda disminuyó con la edad y altura de la planta a raíz desnuda (Fig. 9), mientras que la altura de la planta en contenedor tuvo un efecto positivo sobre la supervivencia de estas plantas en comparación con las cultivadas a raíz desnuda (Fig. 11). En el caso del crecimiento en altura, el modelo más parsimonioso para estas variables incluyó el efecto de la altura de ambos grupos de plantas (Tabla 5). La ventaja de las plantas en contenedor sobre las cultivadas a raíz desnuda aumentó con la altura de las plantas en contenedor (Fig. 11b) y disminuyó con la altura de las plantas a raíz desnuda (Fig. 10b).

Tabla 4. Modelos ordenados por AIC para evaluar el efecto de la edad de la planta a raíz desnuda (BRedad), y la altura de la planta cultivada a raíz desnuda (BRh) y en contenedor (Ch) en la comparación de supervivencia en campo de plantas en contenedor y a raíz desnuda. El modelo nulo no considera el efecto de ninguna de las variables estudiadas. Δ AIC es la diferencia entre el AIC del modelo y el AIC del modelo con menor AIC. El modelo más parsimonioso está expresado en negrita.

Modelo	np	AIC	Δ AIC
BRedad + BRh + Ch	5	1410.7	0.0
BRh + Ch	4	1104.7	2.2
BRedad + BRh	4	1112.7	10.2
BRh	3	1116.7	16.4
BRedad	3	1139.9	37.4
BRedad + Ch	4	1141.7	39.2
nulo	2	1155.7	53.2
Ch	3	1157.6	55.1

Tabla 5. Modelos ordenados por AIC para evaluar el efecto de la edad de la planta a raíz desnuda (BRedad), y la altura de la planta cultivada a raíz desnuda (BRh) y en contenedor (Ch) en la comparación de crecimiento en altura en campo de plantas en contenedor y a raíz desnuda. El modelo nulo no considera el efecto de ninguna de las variables estudiadas. ΔAIC es la diferencia entre el AIC del modelo y el AIC del modelo con menor AIC. El modelo más parsimonioso está expresado en negrita.

Modelo	Np	AIC	ΔAIC
BRedad + BRh + Ch	5	1410.7	0.0
BRh + Ch	4	1412.0	1.3
BRedad + BRh	4	1422.3	11.6
BRh	3	1424.3	13.6
BRedad + Ch	4	1437.2	26.5
BRedad	3	1437.7	27.0
nulo	2	1446.0	35.3
Ch	3	1446.2	35.5

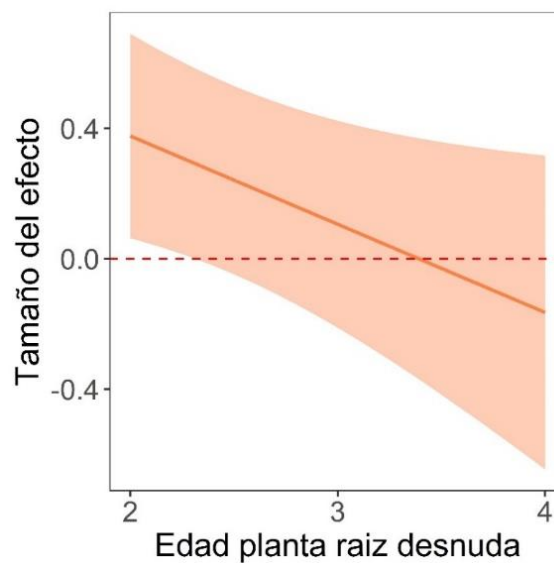


Fig. 9. Efecto de la edad inicial de la planta a raíz desnuda sobre el tamaño del efecto de la supervivencia.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

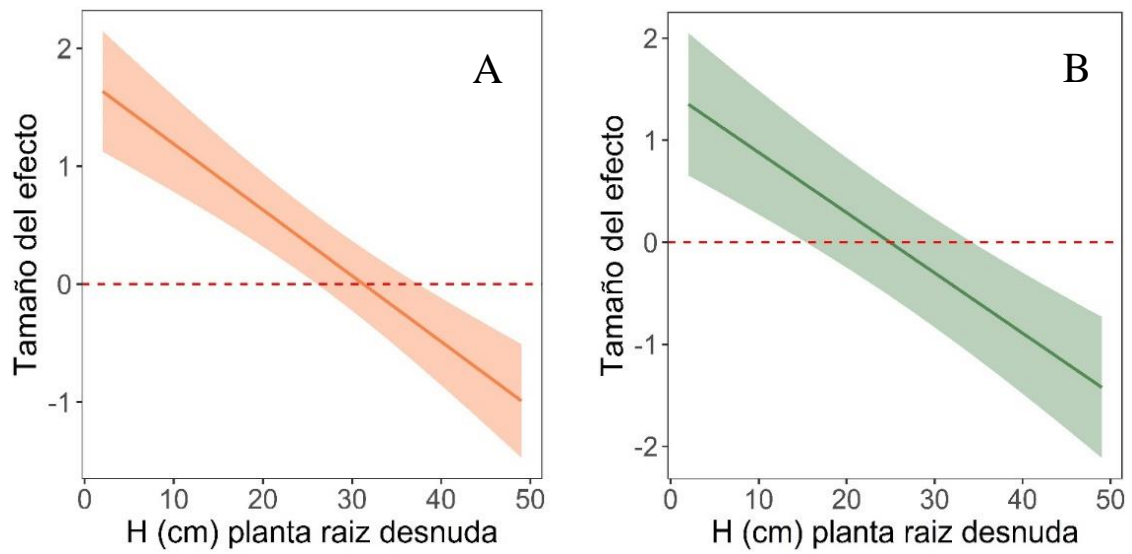


Fig. 10. Efectos y de la altura inicial de la planta a raíz desnuda en los tamaños de efectos de la supervivencia ($p < 0,0001$) (A) y el crecimiento en altura ($p < 0,0001$) (B).

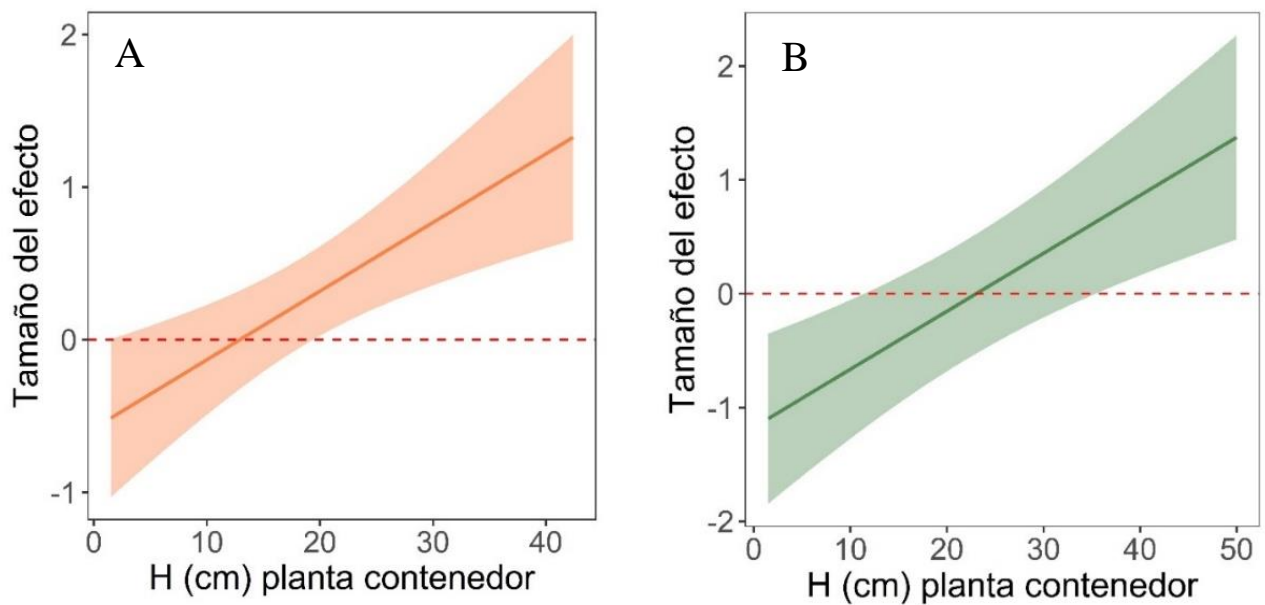


Figura 11. Efectos de la altura inicial de la planta en contenedor sobre el tamaño del efecto de la supervivencia ($p < 0,0003$) (A) y del crecimiento en altura ($p = 0,0002$) (B).

4. DISCUSIÓN.

Tanto el meta-análisis (Fig. 7) como el conteo de votos (Fig. 3) evidencian que globalmente las plantas en contenedor presentan una mayor supervivencia que las plantas a raíz desnuda. Estos resultados coinciden con las tendencias registradas por numerosos autores (McDonald 1991; Barnett y McGilvray, 1993; South et al. 2005; Deligoz 2012). Además, el grupo taxonómico y en especial la calidad de planta modularon esta relación. La diferencia de supervivencia entre los tipos de plantas es especialmente clara en las gimnospermas, mientras que el mayor desempeño de las plantas en contenedor con respecto a las de raíz desnuda se maximiza cuando se realiza algún tipo de preparación del suelo, cuanto más joven y pequeña sea la planta a raíz desnuda y cuanto más grande sea la planta en contenedor.

El motivo de que la supervivencia de las plantas en contenedor sea significativamente mayor, posiblemente radica en las ventajas que supone el cepellón para la superación del shock del trasplante (South 1986). El cepellón protege al sistema radical, retiene humedad, y aporta nutrientes, aliviando el shock del trasplante (Barnett 1984; South et al. 2005). Las reservas de agua y nutrientes del cepellón permiten que las raíces nuevas de las plantas crezcan rápidamente, permitiendo que la planta se conecte hidráulicamente con el suelo. De este modo, se permite un arraigo más rápido en el lugar reforestado, lo que garantiza un aumento en la supervivencia a corto plazo, pues las mayores tasas de mortalidad de una reforestación se producen muy frecuentemente en los meses iniciales tras la plantación (Grossnickle 2005). A pesar de todo, el cepellón no anula todos los efectos del shock post-trasplante (Oliet et al. 2019). Además, la falta de un cepellón favorece que en muchos casos las plantas a raíz sufran roturas y deformaciones de las raíces (deformación en J) en el momento de la plantación, (Carlson et al. 1980; Ruehle 1985; Sloan et al. 1987) que pueden agravar el shock post-trasplante y dificultar la supervivencia.

Algunos autores han afirmado que la ventaja del contenedor sobre la raíz desnuda se manifiesta particularmente en condiciones de limitación hídrica (Barnett y McGilvray 1993). Así, en condiciones de buena disponibilidad hídrica, el desempeño de ambos tipos de cultivo sería similar (Barnett y McGilvray 1993; Jaarats et al. 2016), ya que la humedad que aporta el cepellón no supone una diferencia con respecto a la humedad que existe en el suelo del lugar de reforestación. De esta forma, la ventaja de la planta en contenedor quedaría anulada. Nuestros resultados no avalan estas ideas, tanto para la supervivencia

como el crecimiento. Es posible que la falta de un efecto de la aridez sea debido a que nuestra base de datos tiene una escasa variabilidad climática entre estudios. En concreto, el 75% de los casos de estudio corresponden a regiones de clima húmedo y el resto a regiones de clima subhúmedo de Europa central y América del Norte. En nuestro estudio, la ventaja de la planta en contenedor se ha mantenido en las zonas más húmedas porque quizás las plantaciones forestales en estas zonas se han realizado sobre suelos de pobre desarrollo, en los que el cepellón confiere las ventajas que ya se han comentado. Cabe destacar que cuando surgió el cultivo en contenedor, este se popularizó por sus ventajas, principalmente en zonas áridas y boreales. La planta a raíz desnuda quedó relegada a ambientes húmedos y subhúmedos no muy fríos como los que se recogen en este estudio, donde su uso resulta más económico (Helgerson et al. 1992; Burkett et al. 2005).

Un resultado muy interesante del trabajo es que la diferencia de supervivencia entre ambos tipos de planta está condicionada por la altura de las plantas en el momento de la plantación en campo. Un fenómeno parecido también se observa para el crecimiento en altura (Fig. 4), de forma que solamente aparecen diferencias entre las plantas en contenedor y raíz desnuda cuando se considera el tamaño inicial de las plantas. Estos resultados sugieren, por tanto, que las características funcionales de las plantas en el momento de la plantación son claves en las diferencias entre las plantas en contenedor y las de raíz desnuda. Este aspecto ha sido poco considerado en la literatura científica sobre el tema. Frecuentemente, la planta a raíz desnuda presenta mayor altura y diámetro que el contenedor porque se cultiva a menores densidades y el volumen de suelo disponible por planta es mayor. Además, las plantas a raíz desnuda suelen tener edades superiores a las cultivadas en contenedor (Grossnicle y El-Kassaby 2015). A pesar de que el cultivo a raíz desnuda presenta mayor biomasa inicial en el momento de la plantación, las tasas relativas de crecimiento suelen ser mayores para la planta en contenedor (Rodríguez-Trejo y Duryea, 2003).

Una mayor altura de las plantas implica una ventaja en campo relacionada con una mayor capacidad competitiva y de desarrollo bajo condiciones de estrés (Navarro et al. 2006, Rosner y Rose 2006; Hytönen y Jylhä 2008). De hecho, a menudo se recomienda el uso de plantas de gran tamaño, ya que supone una ventaja a la hora de superar la competencia con la vegetación acompañante, especialmente las herbáceas (Rosner y Rose, 2006). La superioridad de la planta a raíz desnuda en condiciones de competencia por su gran tamaño, puede permanecer evidente hasta una década después de la plantación

(Wood,1990). La razón por la que las plantas grandes se desarrollan mejor en el campo es debida a que, con el aumento del tamaño, la capacidad de producir nuevas raíces y almacenar reservas también se incrementan (Cuesta et al. 2010; Villar-Salvador et al. 2012). En definitiva, a mayor tamaño de las plantas el grado de ventaja en supervivencia y crecimiento de este tipo de planta aumenta, independientemente del tipo de planta analizada. Es decir, la ventaja de las plantas en contenedor sobre las cultivadas a raíz desnuda aumenta con el tamaño de la planta en contenedor y disminuye con el de la planta a raíz desnuda.

Para el crecimiento en diámetro, las dos aproximaciones indicaron que no existen diferencias significativas entre los tipos de planta (Fig. 5 y 7). Solamente en el conteo de votos aparece una débil diferencia a nivel de las gimnospermas a favor de las plantas en contenedor. En cambio, ningún modulador en el meta-análisis influyó el crecimiento en diámetro, posiblemente porque el número de casos disponible fue reducido.

Un resultado interesante de este estudio es que el incremento de la edad de la planta a raíz desnuda reduce la ventaja del contenedor. No obstante, el efecto solo se detecta si las plantas son muy jóvenes (nótese el solapamiento de los intervalos de confianza con el valor 0 del tamaño del efecto a partir de las dos savias en la Fig. 8). Este efecto de la edad no puede explicarse por un simple aumento del tamaño de la planta relacionada con la edad, ya que la correlación entre la edad y el tamaño de la planta a raíz desnuda es muy baja ($r=0,3$). Una posible explicación es que las plantas más viejas sean más resistentes a factores de estrés que las plantas jóvenes, lo que les permite sufrir menos el shock del trasplante (Haase y Rose, 1993).

No hemos encontrado un respaldo claro a nuestra hipótesis de que las diferencias entre ambos tipos de plantas fueran más intensas en las angiospermas que en las gimnospermas. En el meta-análisis, este modulador condiciona de un modo estadísticamente marginal la ventaja de las plantas cultivadas en contenedor sobre las cultivadas a raíz desnuda en el crecimiento en altura sólo en las angiospermas. Esto está en consonancia con nuestra hipótesis. Sin embargo, para la supervivencia, la ventaja de las plantas en contenedor favorece más a las gimnospermas que a las angiospermas, lo cual está en contra de nuestra hipótesis. Estos resultados deben tomarse con cautela ya que la base de datos analizada en este estudio tiene una representación pequeña y fuertemente sesgada hacia dos géneros de las angiospermas. Sólo un 18% de los casos son angiospermas y de estos, el 55% se encuentra representado por el género *Quercus* spp. con las siguientes especies: *Q. rubra*,

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

Q. palustris, *Q. bicolor* y *Q. velutina*. El resto de los casos fue representado por el género *Populus* spp.

La preparación del suelo favorece la supervivencia de las plantas en contenedor sobre la de a raíz desnuda, pero no para el crecimiento. Los tratamientos de preparación del suelo mejoran la fertilidad gracias la aireación, que facilita el paso de las raíces, aumenta la humedad, y favorece la mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas (Löf et al. 2012). Todo ello agiliza la captación de agua y nutrientes por parte de las raíces durante el shock post-trasplante (Löf et al. 2012), que es la fase más delicada de la plantación. Además, muchos de estos tratamientos eliminan por sí mismos a la vegetación establecida en la zona a reforestar, de manera que se evita la competencia. El control de la vegetación beneficia a las plantas, especialmente durante los primeros años tras la plantación (Nilsson y Örlander 2003).

Durante el desarrollo de este trabajo, se han encontrado grandes dificultades asociadas a la ausencia de datos estadísticos necesarios para el cálculo del tamaño del efecto en muchos artículos seleccionados. Además, muchos artículos no aportaban información sobre alguno de los moduladores considerados, como el uso del suelo y el control de la vegetación. Esto ha provocado que se disponga de un número relativamente limitado de observaciones para el meta-análisis, a pesar de que el número total de artículos obtenidos fuera mucho mayor. Por ello, se decidió complementar el meta-análisis con un conteo de votos en el que se consideraron la mayoría de los artículos seleccionados. La falta de información estadística y de variables relacionadas con la producción de planta y las características de las plantaciones es común en muchos estudios sobre calidad de planta (Andivia et al. 2019) y está relacionado con que mucha de la información está disponible en artículos científicos antiguos, informes técnicos y otro tipo de literatura gris. Por otro lado, otra limitación es el hecho de que en un mismo estudio no se use, frecuentemente la misma edad para ambos tipos de planta, lo que dificulta mucho las comparaciones al existir efectos solapados con la edad. De cara a futuro, consideramos importante la necesidad de continuar con esta línea de investigación, especialmente para el hemisferio sur y las zonas tropicales, donde los estudios realizados son muy escasos. Este hecho contrasta con la paradoja de que la mayoría de las zonas identificadas como oportunidades para realizar proyectos de restauración forestal se encuentren en los trópicos y zonas templadas (Laestadius et al. 2011).

5. CONCLUSIONES.

1. Existe una clara tendencia general por la cual las plantas en contenedor tienen un mejor desarrollo en condiciones de campo que la planta a raíz desnuda. El efecto positivo es claramente evidente para la supervivencia y mucho menos claro para el crecimiento.
2. La ventaja de las plantas en contenedor se reduce a mayor altura y edad de las plantas a raíz desnuda. En cambio, la ventaja de las plantas en contenedor se maximiza cuanto más grandes son estas plantas. Por ello, es importante elegir plantas grandes en los proyectos de reforestación independientemente del método de cultivo de las mismas.
3. La aplicación de tratamientos de preparación del suelo aumenta la ventaja de las plantas en contenedor sobre la supervivencia.
4. En el rango de variación de este estudio, la aridez no ha condicionado la ventaja de las plantas en contenedor.
5. No se han obtenido resultados significativos para la variable grupo taxonómico, debido a la falta de representación real de ambos grupos, que se encontraba concentrada en las gimnospermas.

6. AGRADECIMIENTOS.

Deseo expresar mis agradecimientos a Enrique Andivia Muñoz por la ayuda prestada. Sus consejos, paciencia y atención constantes durante el proceso de elaboración de este estudio han servido de apoyo y guía para su finalización.

Deseo también agradecer a Pedro Villar-Salvador su apoyo, entusiasmo y atención a la hora de supervisar este trabajo. Su dedicación a la docencia ha aportado una motivación fundamental para realizar este trabajo.

A las y los autores de los estudios aquí recogidos y analizados, especialmente a Steven Grossnickle y Yousry A El-Kassaby, sin cuyo esfuerzo y dedicación a la investigación forestal no se podrían haber alcanzado las conclusiones obtenidas.

A mis compañeros de Máster, por el apoyo, comprensión y compañerismo, sabiendo que todos remamos en la misma dirección.

A mis amigas.

A Marcos y a mi familia, especialmente a mi madre.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Allen, C.D., 2009. Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento? *Unasylva. Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales* (231-232):43-9.
- Anderegg, W.R.L., Hicke, J.A., Fisher, R.A., Allen, C.D., Aukema, J., Bentz, B., Hood, S., Lichstein, J.W., Macalady, A.K., McDowell, N., Pan, Y., Raffa, K., Sala, A., Shaw, J.D., Stephenson, N.L., Tague, C. and Zeppel, M., 2015. Tree mortality from drought, insects, and their interactions in a changing climate. *The New Phytologist*, **208** (3), Pp. 674-683.
- Andivia, E., Villar-Salvador, P., Oliet, J. A., Puértolas, J. and Dumroese, R. K. (2019). How can my research paper be useful for future meta-analyses on forest restoration plantations? *New Forests*, *50*(2), 255-266
- Barnett, J.P., 1984. Relating seedling physiology to survival and growth in container-grown southern pines. *Seedling physiology and reforestation success*. Springer, pp. 157-176.
- Barnett, J.P., Brisette, J.C. and Carlson, W.C., 1986. *Artificial Regeneration of Shortleaf Pine*.
- Barnett, J.P. and McGilvray, J.M., 1993. Performance of Container and Bareroot Loblolly Pine Seedlings on Bottomlands in South Carolina. *Southern journal of applied forestry*, **17**(2), pp. 80-83.
- Boyer, W.D., 1988. Effects of site preparation and release on the survival and growth of planted bare-root and container-grown longleaf pine. *Georgia Forestry Commission, Georgia Forest Research Paper.76: 1-7*.
- Burdett, A.N., 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for voforest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research*, **20**, pp. 415-427.
- Burkett, V.R., Draugelis-Dale, R.O., Williams, H.A. and Schoenholtz, S.H., 2005. Effects of flooding regime and seedling treatment on early survival and growth of nuttall oak. *Restoration Ecology*, **13**(3), pp. 471-479.
- Burnham, K. P., and Anderson, D. R., 2002. A practical information-theoretic approach. *Model selection and multimodel inference, 2nd ed. Springer, New York*.
- Carlson, W.C., Preisig, C.L. and Promnitz, L.C., 1980. Comparative root system morphologies of seeded-in-place, bareroot, and container-cultured plug Sitka spruce seedlings after outplanting. *Canadian Journal of Forest Research*, **10**(3), pp. 250-256.
- Castañeda NP and Reyes BJ. Riesgos Naturales y Cambio Climático. Capítulo 6. Cambio climático e incendios de 5ª generación. In: Colegio de Ingenieros de Montes; 2014.
- Choat, B., Jansen, S., Brodribb, T.J., Cochard, H., Delzon, S., Bhaskar, R., Bucci, S.J., Feild, T.S., Gleason, S.M., Hacke, U.G., Jacobsen, A.L., Lens, F., Maherali, H., Martínez-Vilalta, J., Mayr, S., Mencuccini, M., Mitchell, P.J., Nardini, A., Pittermann, J., Pratt, R.B., Sperry, J.S., Westoby, M., Wright, I.J. And Zanne, A.E., 2012. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature (London)*, **491**(7426), pp. 752-755.
- Crouzeilles, R., Curran, M., Ferreira, M.S., Lindenmayer, D.B., Grelle, C.E.V. and Rey Benayas, J.M., 2016. A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. *Nature communications*, **7**(1), pp. 11666.
- Cuesta, B., Vega, J., Villar-Salvador, P., Rey-Benayas, J.M., 2010. Root growth dynamics of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) seedlings in relation to shoot elongation, plant size and tissue nitrogen concentration. *Trees - Struct Funct* **24**:899–908.
- Davis, A.S., Jacobs, D.F., 2004. First-year survival of northern red oak seedlings planted on former surface coal mines in Indiana. *Proceedings America Society of Mining and Reclamation*, **47907**, pp. 2033.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

- Deligoz, A., 2012. Morphological and physiological differences between bareroot and container *Juniperus excelsa* seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, **36**(5), pp. 619-628.
- Desprez-Loustau, M., Marçais, B., Nageleisen, L., Piou, D. and Vannini, A., 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Annals of forest science*, **63**(6), pp. 597-612.
- Dickson, J.F., Yeiser, J.L., Kleunder, R.A. and Paschke, J.L., 1987. Genetic Family and Stock Type Influence Simulated Loblolly Pine Yields from Wet Sites.
- Domínguez Lerena, S., I. Carrasco, N. Herrero, L. Ocaña, J.L. Nicolás and J.L. Peñuelas 2000. Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento en campo de las plantas de *Pinus pinea* en campo. En 1er Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea*), Vol. I. Páginas 203-209, Valladolid.
- Erkan, N. and Aydin, A.C., 2017. Long term survival and growth performance of selected seedling types in Cedar afforestation in Turkey. *Journal of environmental biology*, **38**(6), pp. 1391-1396.
- Fick, S. E., and Hijmans, R. J., 2017. WorldClim 2: new 1- km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, **37**(12), 4302-4315.
- Floress, K., Huff, E.S., Snyder, S.A., Koshollek, A., Butler, S. and Allred, S.B., 2019. Factors associated with family forest owner actions: A vote-count meta-analysis. *Landscape and urban planning*, **188**, pp. 19-29.
- Gibert, A., Gray, E. F., Westoby, M., Wright, I. J., and Falster, D. S., 2016. On the link between functional traits and growth rate: meta- analysis shows effects change with plant size, as predicted. *Journal of Ecology*, **104**(5), 1488-1503.
- Grossnickle, S. C., 2005. Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests*, **30**(2), pp. 273-294.
- Grossnickle, S.C., 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New forests*, **43**(5-6), pp. 711-738.
- Grossnickle, S.C. and El-Kassaby, Y.A., 2015. Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. *New forests*, **47**(1), pp. 1-51.
- Haase, D.L. and Rose, R., 1993. Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2 + 0 Douglas-Fir seedlings of varying root volumes. *Forest Science*, **39**(2), pp. 275-294.
- Haase, D.L., Trobaugh, J. and Rose, R., 2002. *Douglas-fir container stock grown with fertilizer-amended media: some preliminary results*.
- Haywood, J.D. and Rarnett, J.P., 1994. Comparing Methods of Artificially Regenerating Loblolly and Slash Pines: Container Planting, Bareroot Planting, and Spot Seeding. *Tree Planter's Notes*, vol. 45, no. 2, pp. 63-67.
- Hedges, L. V., and Olkin, L., 1985. *Statistical methods for meta-analysis*. Orlando, Florida: 70 Academic Press.
- Helgerson, O.T., Tesch, S.D., Hobbs, S.D. and McNabb, D.H., 1992. Effects of Stocktype, Shading, and Species on Reforestation of a Droughty Site in Southwest Oregon. *Northwest Science*, MAY, vol. 66, no. 2, pp. 57-61 ISSN 0029-344X.
- Higgins, J., and Green, S. (Eds.), 2011. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 5.1.0. UK: The Cochrane Collaboration*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Hytönen, J. and Jylhä, P., 2008. Fifteen-year response of weed control intensity and seedling type on Norway spruce survival and growth on arable land. *Silva Fennica*, **42**(3).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2020. Climate change and land. Chapter 1: Framing and context. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

- Jaarats, A., Tullus, A. and Seemen, H., 2016. Growth and Survival of Bareroot and Container Plants of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* During Eight Years in Hemiboreal Estonia. *Baltic Forestry*, **22**(2), pp. 365-374.
- Kamo, K., Jamalung, L. and Mohammad, A., 2005. Growth and biomass of *Acacia mangium* Willd. stands planted as bare-root and container seedlings. *Jarq-Japan Agricultural Research Quarterly*, **39**(4), pp. 299-305.
- Kaushal, P. and Aussenac, G., 1989. Transplanting shock in Corsican pine and Cedar of Atlas seedlings: Internal water deficits, growth and root regeneration. *Forest ecology and management*, **27**(1), pp. 29-40.
- Koricheva, J. and Gurevitch, J., 2013. Chapter 1. Place of Meta-analysis among Other Methods of Research Synthesis. In: J. KORICHEVA, J. GUREVITCH and K. MENGERSEN, eds, *Handbook of Meta analysis in Ecology and Evolution*. Oxford: Princeton University Press, pp. 3-13.
- Laestadius, L., Maginnis, S., Minnemeyer, S., Potapov, P., Saint-Laurent, C. and Sizer, N., 2011. *Mapping opportunities for forest landscape restoration* www.forestlandscaperestoration.org
- Leverkus, A.B., Gustafsson, L., Rey Benayas, J.M. and Castro, J., 2015. Does post-disturbance salvage logging affect the provision of ecosystem services? A systematic review protocol. *Environmental evidence*, **4**(1).
- Löf, M., Dey, D.C., Navarro, R.M. and Jacobs, D.F., 2012. Mechanical site preparation for forest restoration. *New forests*, **43**(5-6), pp. 825-848.
- McDonald, P., 1991. Container seedlings outperform barefoot stock: survival and growth after 10 years. *New Forests*, **5**, pp. 147-156.
- Mengersen, K., Schmidt, C., Jennions, M., Koricheva, J., and Gurevitch, J., 2013. Statistical models and approaches to inference. *Handbook of Meta-analysis in Ecology and Evolution*, 89-107.
- Moriondo, M., Good, P., Durao, R., Bindi, M., Giannakopoulos, C. and Corte-Real, J., 2006. Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area. *Climate research*, **31**(1), pp. 85-95.
- Morrissey, R., Jacobs, D., Davis, A. and Rathfon, R., 2010. Survival and competitiveness of *Quercus rubra* regeneration associated with planting stocktype and harvest opening intensity. *New Forests*, **40**(3), pp. 273-287.
- Navarro, R. M., Villar-Salvador, P., del Campo, A., 2006. Morfología y establecimiento de los plantones. In: Cortina, J., Peñuelas, J. L., Puértolas, J., Savê R., Vilagrosa, A. (eds). *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos degradados. Estado actual de conocimientos*. Organismo Autónomo de Parques Naturales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, Spain, pp 67-88.
- Nilsson, U. and Örlander, G.R., 2003. Response of newly planted Norway spruce seedlings to fertilization, irrigation and herbicide treatments. *Annals of forest science.*, **60**(7), pp. 637-643.
- O'Brien, M.J., Engelbrecht, B.M.J., Joswig, J., Pereyra, G., Schuldt, B., Jansen, S., Kattge, J., Landhäusser, S.M., Levick, S.R., Preisler, Y., Väänänen, P. and Macinnis-Ng, C., 2017. A synthesis of tree functional traits related to drought-induced mortality in forests across climatic zones. *The Journal of applied ecology*, **54**(6), pp. 1669-1686.
- Oliet, J., Ortiz De Urbina, E., Sánchez-Pinillos, M. and Tardío-Cerrillo, G., 2019. Matching seedling size to planting conditions: interactive response with soil moisture. *IForest (Viterbo)*, **12**(2), pp. 220-225.
- Pernot, C., Thiffault, N. and Desrochers, A., 2019. Root system origin and structure influence planting shock of black spruce seedlings in boreal microsites. *Forest Ecology and Management*, **433**, pp. 594-605.
- Pope, P.E., 1993. Oak regeneration via seedling planting: Historical perspective and current status. *Agriculture Research Programs Bulletin*. SB670.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

- R Core Team, 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Raffa, K.F., Aukema, B.H., Bentz, B.J., Carroll, A.L., Hicke, J.A., Turner, M.G. and Romme, W.H., 2008. Cross-scale Drivers of Natural Disturbances Prone to Anthropogenic Amplification: The Dynamics of Bark Beetle Eruptions. *Bioscience*, **58**(6), pp. 501-517.
- Rodríguez-Trejo, D.A. and Duryea, M.L., 2003 Indicadores de calidad de planta en *Pinus palustris* Mill. *Agrociencia* 37(3):299-307.
- Rosner, L.S. and Rose, R., 2006. Synergistic stem volume response to combinations of vegetation control and seedling size in conifer plantations in Oregon. *Canadian journal of forest research*, **36**(4), pp. 930-944.
- Rosenberg, M. S., 2005. The file-drawer problem revisited: a general weighted method for calculating fail-safe numbers in meta-analysis. *Evolution*, 59(2), 464-468.
- Ruehle, J.L., 1985. Lateral-Root Development and Spread of *Pisolithus tinctorius* Ectomycorrhizae on Bare-Root and Container-Grown Loblolly-Pine Seedlings After Planting. *Forest Science*, **31**(1), pp. 220-225.
- Ruehle, J.L., 1985. Lateral-root development and spread of *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae on bare-root and container-grown loblolly pine seedlings after planting. *Forest Science*, **31**(1), pp. 220-225.
- Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W., 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods*, 9(7), 671-675.
- Serrada, R., 2001. *Apuntes de Selvicultura*. Fundación Conde del Valle de Salazar.
- Shaw, N.L., Halfordand, A.S. and Mcadoo, J.K., 2015. *Establishing Big Sagebrush and Other Shrubs from Planting Stock*. Unpublished.
- Sloan, J.P., Jump, L.H. and Ryker, R.A., 1987. *Container grown ponderosa pine seedlings outperform bareroot seedlings on harsh sites in southern Utah*, USDA Forest Service.
- South D.B., 1986. Top-pruning bareroot hardwoods: a review of the literature, *Tree Plant. Notes* 47 34-40.
- South, D.B., Harris, S.W., Barnett, J.P., Hains, M.J. and Gjerstad, D.H., 2005. Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, U.S.A. *Forest ecology and management*, **204**(2), pp. 385-398.
- StatSoft, Inc., 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com.
- Struve, D.K. and Joly, R.J., 1992. Transplanted red oak seedlings mediate transplant shock by reducing leaf surface area and altering carbon allocation. *Canadian Journal of Forest Research*, **22**, pp. 1441-1448.
- Summers, D.M., Bryan, B.A., Nolan, M. and Hobbs, T.J., 2015. The costs of reforestation: A spatial model of the costs of establishing environmental and carbon plantings. *Land use policy*, **44**, pp. 110-121.
- Sundstrom, E. and Keane, M., 1999. Root architecture, early development and basal sweep in containerized and bare-rooted Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Plant and Soil*, **217**(1-2), pp. 65-78.
- Trabucco, A., and Zomer, R. J., 2018. Global Aridity Index and Potential Evapo-transpiration (ET₀) Climate Database v2. CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI). Published online, available from the CGIAR-CSI GeoPortal at <https://cgiarcsi.community>
- UNESCO, 1997. World atlas of desertification, 2nd edn. In: N. Middleton, D. Thomas (Eds.) Edward Arnold, London.
- Viechtbauer, W., 2010. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), 1-48.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

Villar-Salvador, P., 2003. Importancia de la Calidad de Planta en los Proyectos de Revegetación. Restauración de Ecosistemas Mediterráneos. Capítulo IV: 66-80.

Villar-Salvador, P., Puértolas, J., Cuesta, B., Peñuelas, J.L., Uscola, M., Heredia-Guerrero, N., Rey Benayas, J.M., 2012. Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling survival in Mediterranean plantations. Insights from an ecophysiological conceptual model of plant survival. *New For* 43:755–770.

Vyse, A., 1981. Growth of young spruce plantations in interior British Columbia. *The Forestry Chronicle*, **57**(4), pp. 174-180.

Wood, J.E., Althen, F.W. and Campbell, R.A., 1990. Black spruce outplant performance: effect of winter application of hexazinone on shear-bladed sites in boreal Ontario. *Canadian journal of forest research*, **20**(10), pp. 1541-1548.

Yamashita, N., Okuda, S., Suwa, R., Lei, T.T., Tobita, H., Utsugi, H. and Kajimoto, T., 2016. Impact of leaf removal on initial survival and growth of container-grown and bare-root seedlings of Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*). *Forest Ecology and Management*, **370**, pp. 76-82.

ANEXOS.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	ID Paper	Author	Year	Journal	Case study	Reader	Species	Treatment	Field location	X_coord	Y_coord	Land use	Site preparation	Plantation date	Weed control	Fertilization	Irrigation		
2																			
3																			
4	B_stock	B_age	B_Height	B_diameter	B_surv	B_surv_n	B_surv_sd	C_stock	C_type	C_age	C_Height	C_diamet	C_surv	C_surv_n	C_surv_sd	Surv_date			
5																			
6																			
7																			
8																			
9	B_crec	B_crec_n	B_crec_sd	C_crec	C_crec_n	C_crec_sd	Crec_var	Crec_date											
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			

Anexo 1. Hoja de cálculo de la base de datos utilizada para la extracción.

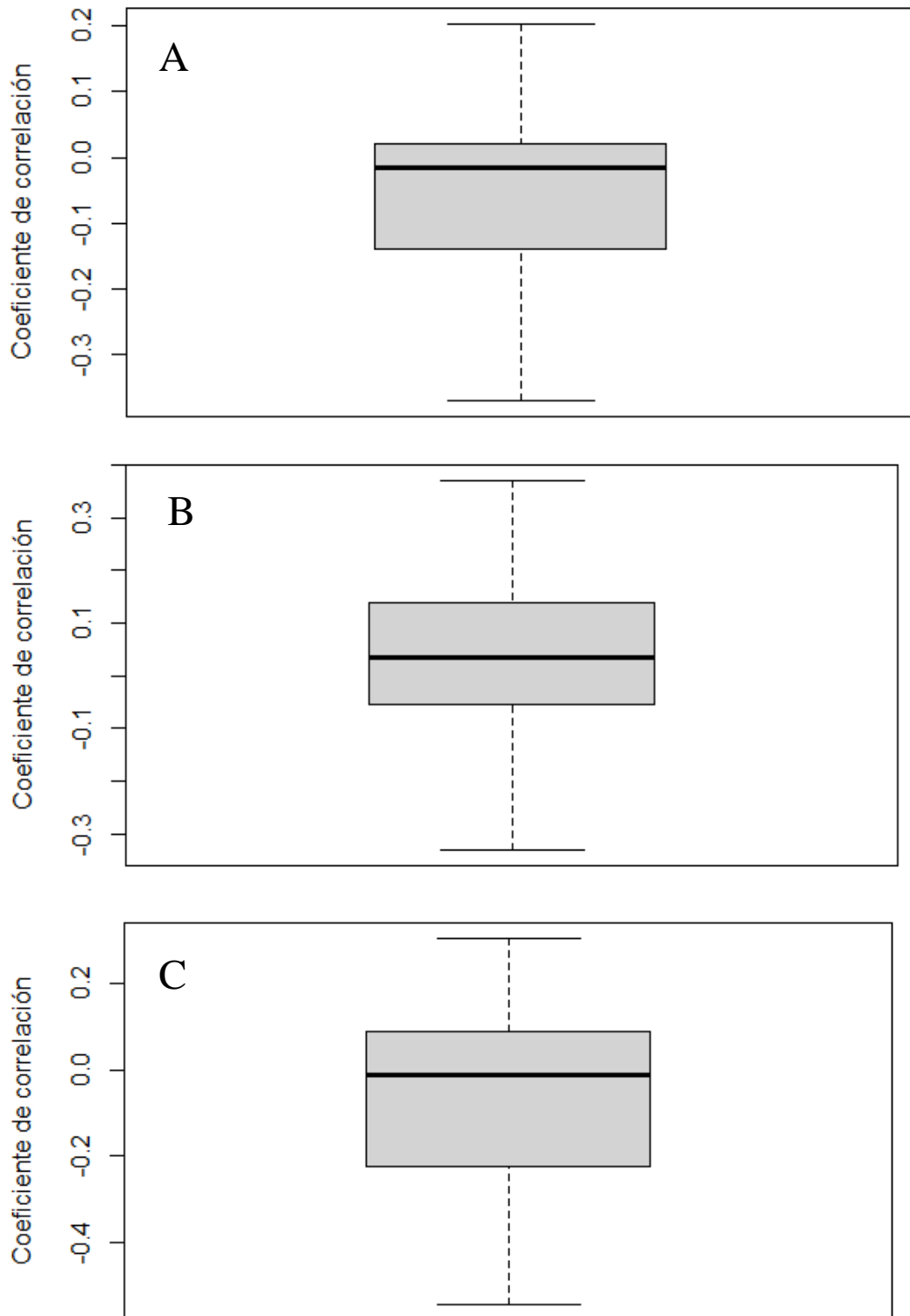
Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
	ID Paper	Author	Year	Journal	Case study	Reader	Species	Treatment	Field locat	X_coord	Y_coord	Land use	Site prepa	Plantation date	Weed control	Fertilization	Irrigation	Measure_date	
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			

	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	
	Measure_date	BR stock	BR type	C stock	C type	Surv_+	Surv_-	Surv_Neutral	Cr_+	Cr_-	Cr_Neutral	Diameter_+	Diameter_-	Diameter_Neutral						
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				

Anexo 2. Hoja de cálculo de la base de datos utilizada para el conteo de votos.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.



Anexo 3. Resultados para el *effect size* LogRatio para las variables (A) supervivencia, (B) crecimiento en altura y (C) crecimiento en diámetro. Las correlaciones negativas indican superioridad de C para esta variable ($C > BR$), y las positivas indican mejor desempeño para BR ($C < BR$).

Anexo 4. Bibliografía utilizada para el meta-análisis.

- Alkire, D.K., 2011. *Artificial Regeneration of Bottomland Hardwoods in Southern Mississippi on Lands Damaged by Hurricane Katrina*. ProQuest Dissertations Publishing, Jan 1, Available from: <https://search.proquest.com/docview/864041004>. Dissertations & Theses Europe Full Text: Science & Technology. TESIS
- Alm, A.A., 1983. Black and White Spruce Plantings in Minnesota - Container Vs Bareroot Stock and Fall Vs Spring Planting. *Forestry Chronicle*, vol. 59, no. 4, pp. 189-191 ISSN 0015-7546. DOI 10.5558/tfc59189-4.
- Arnott, J.T., 1978. Root Development of Container-Grown and Bareroot Stock: Coastal British Columbia.
- Arnott, J.T., 1981. Survival and Growth of Bullet, Styroplug and Bareroot Seedlings on Mid-Elevation Sites in Coastal British Columbia. *The Forestry Chronicle*, vol. 57, no. 2, pp. 65-70 ISSN 1499-9315.
- Arnott, J.T., 1975. Field Performance of Container-Grown and Bareroot Trees in Coastal British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 5, no. 2, pp. 186-194 ISSN 0045-5067.
- Arnott, J.T., 1969. Survival of Bare-Root and Container-Grown Black Spruce in Quebec. Dept. of Env. CFS Bi-Monthly Res. *Notes*, vol. 25, pp. 16-17.
- Ball, W.J. and Kolabinski, V.S., 1986. *Performance of Container and Bare-Root Stock on Prescribed Burns in Saskatchewan*. ISBN 0662150384.
- Barber, B. and Smith, P., 1996. *Comparison of First-Year Survival between Container-Grown and Bareroot Longleaf Pine Seedlings Outplanted on a Site in Southeast Texas*.
- Barnett, J.P. and Baker, J.B., 1991. Chapter 3. Regeneration Methods. In: *Forest Regeneration Manual* Washington: Kluwer Academic Publishers. *Chapter 3. Regeneration Methods*, pp. 35-50.
- Barnett, J.P. and Brissette, J.C., 2004. Stock Type Affects Performance of Shortleaf Pine Planted in the Ouachita Mountains through 10 Years . *Gen. Tech. Rep. SRS-71*. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station., pp. 420-422.
- Barnett, J.P., Brissette, J.C. and Carlson, W.C., 1986. *Artificial Regeneration of Shortleaf Pine*.
- Barnett, J.P. and Mcgilvray, J.M., 1993. Performance of Container and Bareroot Loblolly Pine Seedlings on Bottomlands in South Carolina. *Southern Journal of Applied Forestry*, vol. 17, no. 2, pp. 80-83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/sjaf/17.2.80> ISSN 0148-4419. DOI 10.1093/sjaf/17.2.80.
- Barteaux, M.K., 1977. *Large Scale Softwood Planting Operations in New Brunswick* . New York, NY.
- Blake, T.J. and Sutton, R.F., 1987. Variation in Water Relations of Black Spruce Stock Types Planted in Ontario. *Tree Physiology*, vol. 3, no. 4, pp. 331-344 ISSN 1758-4469.
- Blazier, M.A. and Dunn, M., 2008. Stock Type, Subsoiling, and Density Impact Productivity and Land Value of a Droughty Site. *Southern Journal of Applied Forestry*, NOV, vol. 32, no. 4, pp. 154-162 ISSN 0148-4419. DOI 10.1093/sjaf/32.4.154.
- Blazier, M.A., Taylor, E.L. and Holley, A.G., 2010. *Influence of establishment timing and planting stock on early rotational growth of loblolly pine plantations in Texas*. Proceedings of the 14th biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS-121. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station.
- Bohlenius, H. and Overgaard, R., 2016. Impact of Seedling Type on Early Growth of Poplar Plantations on Forest and Agricultural Land. *Scandinavian Journal of Forest Research*, DEC, vol. 31, no. 8, pp. 733-741 ISSN 0282-7581. DOI 10.1080/02827581.2016.1167239.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

Boyer, W.D., 1988. Effects of Site Preparation and Release on the Survival and Growth of Planted Bare-Root and Container-Grown Longleaf Pine. *Georgia Forestry Commission, Georgia Forest Research Paper.76: 1-7.*

Boyer, W.D., 1989. Response of Planted Longleaf Pine Bare-Root and Container Stock to Site Preparation and Release: Fifth-Year Results. *General Technical Report SO US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station* ISSN 0887-4875. <https://play.google.com/books/reader?id=yV80WqfHNNoC&hl=es&pg=GBS.PA3>

Boyer, W.D., 1985. First-Year Survival of Planted Longleaf Pine Bare-Root and Container Stock as Affected by Site Preparation and Release. *Forest Service General Technical Report SO-United States, Southern Forest Experiment Station (USA).*

Burkett, V.R., Draugelis-Dale, R.O., Williams, H.A. and Schoenholtz, S.H., 2005. Effects of Flooding Regime and Seedling Treatment on Early Survival and Growth of Nuttall Oak. *Restoration Ecology, SEP*, vol. 13, no. 3, pp. 471-479 ISSN 1061-2971. DOI 10.1111/j.1526-100X.2005.00059.x.

Carlson, W.C., Preisig, C.L. and Promnitz, L.C., 1980. Comparative Root-System Morphologies of Seeded-in-Place, Bareroot, and Container-Cultured Plug Sitka Spruce Seedlings After Outplanting. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, vol. 10, no. 3, pp. 250-256 ISSN 0045-5067. DOI 10.1139/x80-043.

Cho, M.S., Kim, G.N., Lee, S.T. and Moon, H.S., 2012. Effects of Fertilization Treatments on Growth of Container and Bare Root Seedlings of Pinus Densiflora. *J Agric Life Sci*, vol. 46, no. 2, pp. 63-73.

Davis, A.S. and Jacobs, D.F., 2004. First-Year Survival of Northern Red Oak Seedlings Planted on Former Surface Coal Mines in Indiana. *Proceedings America Society of Mining and Reclamation*, vol. 47907, pp. 2033.

Deligoz, A., 2012. Morphological and Physiological Differences between Bareroot and Container Juniperus Excelsa Seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 36, no. 5, pp. 619-628 ISSN 1300-011X. DOI 10.3906/tar-1201-17.

Dettweiler-Robinson, E., Bakker, J.D., Evans, J.R., Newsome, H., Davies, G.M., Wirth, T.A., Pyke, D.A., Easterly, R.T., Salstrom, D. and Dunwiddie, P.W., 2013. Outplanting Wyoming Big Sagebrush Following Wildfire: Stock Performance and Economics. *Rangeland Ecology & Management*, **66**(6), pp. 657-666.

Dey, D.C., Kabrick, J.M. and Gold, M.A., 2003. Tree establishment in floodplain agroforestry practices, *AFTA 2003 Conf. Proceedings*, pp. 102-115.

Dey, D.C., Kabrick, J.M. Aand Gold, M.A., 2005. *Evaluation of Rpmtm Oak Seedlings in Afforesting Floodplain Crop Fields Along the Missouri Rive.*

Dey, D.C., Lovelace, W., Kabrick, J.M. and Gold, M.A., 2004. Production and Early Field Performance of RPM (R) Seedlings in Missouri Floodplains. *Black Walnut in a New Century*, vol. 243, pp. 59-65 ISSN 0363-616X. <https://play.google.com/books/reader?id=dohLAAAAYAAJ&hl=es&pg=GBS.PA59>

Dey, D.C., Gardiner, E.S., Kabrick, J.M., Stanturf, J.A. and Jacobs, D.F., 2010. Innovations in afforestation of agricultural bottomlands to restore native forests in the eastern USA. *Scandinavian Journal of Forest Research*, **25**(sup8), pp. 31-42. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827581.2010.485822> CrossRef. ISSN 0282-7581. DOI 10.1080/02827581.2010.485822.

Dickson, J.F., Yeiser, J.L., Kleunder, R.A. and Paschke, J.L., 1987. Genetic Family and Stock Type Influence Simulated Loblolly Pine Yields from Wet Sites. *Journal of the Arkansas Academy of Science*, vol. 41, no. 1, pp. 32-34 ISSN 2326-0491.

Dixon, R.K., Pallardy, S.G., Garrett, H.E., Cox, G.S. and Sander, I.L., 1983. Comparative water relations of container-grown and bare-root ectomycorrhizal and nonmycorrhizal Quercus velutina

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

seedlings. *Canadian Journal of Botany*, **61**(6), pp. 1559-1565 ISSN 0008-4026. DOI 10.1139/b83-168.

Dobbs, R.C., 1976. Effect of Initial Mass of White Spruce and Lodgepole Pine Planting Stock on Field Performance in the British Columbia Interior ISSN 0830-0453. Abstract online en <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=3985>

Duddles, R.E. and Owston, P.W., 1990. Performance of Conifer Stocktypes on National Forests in the Oregon and Washington Coast Ranges. In: R. ROSE, S.J. CAMPBELL and T.D. LANDIS, eds, *Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*. Fort Collins, Colo: Unites States, Dep. of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, pp. 263-268.

Dumroese, R.K., 2003. *Hardening Fertilization and Nutrient Loading of Conifer Seedlings*.

Dumroese, R. and James, R., 2005. Root Diseases in Bareroot and Container Nurseries of the Pacific Northwest: Epidemiology, Management, and Effects on Outplanting Performance. *New Forests*, Sep, vol. 30, no. 2, pp. 185-202. Available from: <https://search.proquest.com/docview/744084933> CrossRef. ISSN 0169-4286. DOI 10.1007/s11056-005-4422-7.

Echols, R.J., Meier, C.E., Ezell, A.W. and Mckinley, C.R., 1990. Dry Site Survival of Bareroot and Container Seedlings of Southern Pines from Different Genetic Sources Given Root Dip and Ectomycorrhizal Treatments. *Tree Planters' Notes*, vol. 41, no. 2, pp. 13-32 ISSN 0096-8714.

Erkan, N. and Aydin, A.C., 2017. Long Term Survival and Growth Performance of Selected Seedling Types in Cedar (*Cedrus Libani*) Afforestation in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, NOV, vol. 38, no. 6, pp. 1391-1396 ISSN 0254-8704. DOI 10.22438/jeb/38/6/MRN-424.

Glerum, C. and Paterson, J., 1981. *Performance of container-grown and bare-root jack pine three years after outplanting on a northern Ontario cutover*. 1981 - Toronto, Ontario. (Nuevo, sugerido por Pedro).

Grossnickle, S.C. and Blake, T.J., 1987. Water Relation Patterns of Bare-Root and Container Jack Pine and Black Spruce Seedlings Planted on Boreal Cut-Over Sites. *New Forests*, vol. 1, no. 2, pp. 101-116 ISSN 0169-4286.

Gwaze, D., Melick, R., Studyvin, C. and Hoss, G., 2006. Survival and Growth of Container and Bareroot Shortleaf Pine Seedlings in Missouri USDA Forest Service Proceedings RMRS, vol. 43, pp. 123-126. Available from: <https://statistical.proquest.com/statisticalinsight/result/pqpresultpage.previewtitle?docType=PQSI&titleUri=/content/2006/1204-50.xml>.

Haywood, J.D. and Rarnett, J.P., 1994. Comparing Methods of Artificially Regenerating Loblolly and Slash Pines: Container Planting, Bareroot Planting, and Spot Seeding. *Tree Planter's Notes*, vol. 45, no. 2, pp. 63-67.

Helgerson, O.T., Tesch, S.D., Hobbs, S.D. and Mcnabb, D.H., 1992. Effects of Stocktype, Shading, and Species on Reforestation of a Droughty Site in Southwest Oregon. *Northwest Science*, MAY, vol. 66, no. 2, pp. 57-61 ISSN 0029-344X.

Howell, K.D., 2002. *Cherrybark Oaks from Perforated Containers Planted as Bareroots with Open-Grown Oak Bareroots*. U.S. Department of Agriculture. U. S. Forest Service.

Hytonen, J. and Jylhae, P., 2008. Fifteen-Year Response of Weed Control Intensity and Seedling Type on Norway Spruce Survival and Growth on Arable Land. *Silva Fennica*, vol. 42, no. 3, pp. 355-368 ISSN 0037-5330. DOI 10.14214/sf.242.

Ivetic, V. and Skoric, M., 2013. The Impact of Seeds Provenance and Nursery Production Method on Austrian Pine (*Pinus Nigra* Arn.) Seedlings Quality. *Annals of Forest Research*, vol. 56, no. 2, pp. 297-305 ISSN 1844-8135.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

- Ivetic, V., Grossnickle, S. and Skoric, M., 2017. Forecasting the Field Performance of Austrian Pine Seedlings using Morphological Attributes. *Iforest-Biogeosciences and Forestry*, FEB, vol. 10, pp. 99-107 ISSN 1971-7458. DOI 10.3832/ifor1722-009.
- Jaarats, A., Tullus, A. and Seemen, H., 2016. Growth and Survival of Bareroot and Container Plants of *Pinus Sylvestris* and *Picea Abies* during Eight Years in Hemiboreal Estonia. *Baltic Forestry*, vol. 22, no. 2, pp. 365-374 ISSN 1392-1355.
- Jackson, D.P., Enebak, S.A. and South, D.B., 2012. Effects of Pythium Species and Time in Cold Storage on the Survival of Bareroot and Container-Grown Southern Pine Seedlings. *ISRN Ecology*, vol. 2012.
- Jinks, R.L. and Kerr, G., 1999. Establishment and Early Growth of Different Plant Types of Corsican Pine (*Pinus Nigra* Var. *Maritima*) on Four Sites in Thetford Forest. *Forestry*, vol. 72, no. 4, pp. 293-304 ISSN 0015-752X. DOI 10.1093/forestry/72.4.293.
- Johnson, P.S., 1981. *Early Results of Planting English Oak in an Ozark Clearcut*. U. S. Department of Agriculture.
- Johnson, P.S., 1984. Responses of Planted Northern Red Oak to Three Overstory Treatments. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 14, no. 4, pp. 536-542 ISSN 0045-5067.
- Jutras, S., Thiffault, N. and Munson, A.D., 2007. Comparing Large Bareroot and Container Stock: Water Stress as Influenced by Peat and Soil Water Availability. *Tree Planter's Notes is Back!*.
- Kamo, K., Jamalung, L. and Mohammad, A., 2005. Growth and Biomass of *Acacia Mangium* Willd. Stands Planted as Bare-Root and Container Seedlings. *Jarq-Japan Agricultural Research Quarterly*, OCT, vol. 39, no. 4, pp. 299-305 ISSN 0021-3551. DOI 10.6090/jarq.39.299.
- Klavina, D., Gaitnieks, T. and Menkis, A., 2013. Survival, Growth and Ectomycorrhizal Community Development of Container- and Bare-Root Grown *Pinus Sylvestris* and *Picea Abies* Seedlings Outplanted on a Forest Clear-Cut. *Baltic Forestry*, vol. 19, no. 1, pp. 39-49 ISSN 1392-1355.
- Krause, H.H., 1982. *Early Growth of Bare-Root and Paperpot Plantations at various Locations in New Brunswick*. Canadian forest service, 1982.
- Krekeler, N., 2010. *Establishing Pin Oak Reproduction in Bottomland Forests in Southeastern Missouri*. ProQuest Dissertations Publishing, Jan 1, Available from: <https://search.proquest.com/docview/2188042247> Dissertations & Theses @ University of Missouri - Columbia.
- Lepage, P. and Pollack, J.C., 1986. An all-Season Container and Bareroot Planting Trial of Lodgepole Pine and White Spruce: 14-Year Results. BC Ministry of Forest/Canadian Forest Services. *FRDA Rep*, no. 004.
- Levinsson, A., Saebo, A. and Fransson, A., 2014. Influence of Nursery Production System on Water Status in Transplanted Trees. *Scientia Horticulturae*, OCT 23, vol. 178, pp. 124-131 ISSN 0304-4238. DOI 10.1016/j.scienta.2014.08.020.
- Marion, S.P. and Alm, A.A., 1986. Performance of Fall-and Spring-Planted Bareroot and Container-Grown Red Pine (*Pinus Resinosa* Ait.). *Tree Planters' Notes-United States, Forest Service (USA)* ISSN 0564-1829.
- Mason, W.L. and Biggin, P., 1988. Comparative Performance of Containerised and Bare-Root Sitka Spruce and Lodgepole Pine Seedlings in Upland Britain. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, vol. 61, no. 2, pp. 149-163 ISSN 1464-3626.
- Mattice, C.R., 1981. Comparative Field Performance of Paperpot and Bare-Root Planting Stock in Northeastern Ontario.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

- McCreary, D.D. and Lippitt, L., 2000. Blue Oak Mini-Plug Transplants: How they Compare to Standard Bareroot and Container Stock. *Native Plants Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 84-89 ISSN 1522-8339.
- Mena-Petite, A., Estavillo, J.M., Dunabeitia, M., Gonzalez-Moro, R., Munoz-Rueda, A. and Lacuesta, M., 2004. Effect of storage conditions on post planting water status and performance of *Pinus radiata* D. Don stock-types. *Annals of Forest Science*, **61**(7), pp. 695-704.
- Mena-Petite, A., Ortega-Lasuen, U., González-Moro, M., Lacuesta, M. and Muñoz-Rueda, A., 2001. Storage duration and temperature effect on the functional integrity of container and bare-root *Pinus radiata* D. Don stock-types. *Trees*, **15**(5), pp. 289-296.
- Miller, C., King, G., Liu, Y., Harrison, R., Turnblom, E. and Zabowski, D., 2015. Assessing Douglas-Fir Seedling Establishment Using Two Modified Forestry Reclamation Approaches in the Pacific Northwest. *Forests*, **6**(8), pp. 2836-2852.
- Morrissey, R.C., Jacobs, D.F., Davis, A.S. and Rathfon, R.A., 2010. Survival and Competitiveness of *Quercus Rubra* Regeneration Associated with Planting Stocktype and Harvest Opening Intensity. *New Forests*, NOV, vol. 40, no. 3, pp. 273-287 ISSN 0169-4286. DOI 10.1007/s11056-010-9199-7.
- Motsinger, J.R., Kabrick, J.M., Dey, D.C., Henderson, D.E. and Zenner, E.K., 2010. Effect of midstory and understory removal on the establishment and development of natural and artificial pin oak advance reproduction in bottomland forests. *New Forests*, **39**(2), pp. 195-213.
- Nilsson, U. and Örlander, G., 1995. Effects of Regeneration Methods on Drought Damage to Newly Planted Norway Spruce Seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 25, no. 5, pp. 790-802 ISSN 0045-5067.
- O'reilly, C., Harper, C. and Keane, M., 2001. The Field Performance of Bare-Root Stock Compared with Container Stock of Western Hemlock and Western Red Cedar Under Irish Conditions. *Irish Forestry* ISSN 0021-1192.
- Owston, P.W. and Stein, W.I., 1978. Survival, Growth, and Root Form of Containerized and Bare-Root Douglas-Firs and Noble Firs Seven Years After Planting. *Joint Report-British Columbia Ministry of Forests, Canadian Forestry Service.210 0 Jt Rep BC Minist for can for Serv.*
- Parker, W.C., Moorhead, D.J., Pallardy, S.G., Garrett, H.E., Dixon, R.K. and Sander, I.L., 1986. Six-year field performance of container-grown and bare-root black oak seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius* and outplanted on two Ozark clear-cuts. *Canadian Journal of Forest Research*, **16**(6), pp. 1339-1344.
- Payandeh, B. and Wood, J.E., 1988. Identifying Factors Affecting Plantation Performance in Boreal Forests of Ontario. *New Forests*, vol. 2, no. 2, pp. 73-87 ISSN 0169-4286.
- Pernot, C., Thiffault, N. and Desrochers, A., 2019. Root System Origin and Structure Influence Planting Shock of Black Spruce Seedlings in Boreal Microsites. *Forest Ecology and Management*, FEB 15, vol. 433, pp. 594-605 ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/j.foreco.2018.11.043.
- Pezzutti, R.V. and Caldato, S.L., 2011. SURVIVAL AND INITIAL GROWTH OF *Pinus Taeda* L. SEEDLINGS WITH DIFFERENT COLLAR DIAMETERS. *Ciencia Florestal*, vol. 21, no. 2, pp. 355-362 ISSN 0103-9954.
- Pineda-Ojedal, T., Cetina-Alcala, V.M., Vera-Castillo, J.A., Cervantes-Martinez, C.T. and Khalil-Gardezi, A., 2004. The transplanting container-container (1+1) and container-bareroot (P+1) in *Pinus greggii* Engelm. seedling production. *Agrociencia*, **38**(6), pp. 679-686.
- Pope, P.E., 1981. *Field evaluation of container-grown northern red oak*. 1981 - Toronto, Ontario: Proceedings of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium.
- Renou, F., Scallan, U., Keane, M. and Farrell, E.P., 2007. Early Performance of Native Birch (*Betula* Spp.) Planted on Cutaway Peatlands: Influence of Species, Stock Types and Seedlings Size. *European*

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

Journal of Forest Research, OCT, vol. 126, no. 4, pp. 545-554 ISSN 1612-4669. DOI 10.1007/s10342-007-0175-5.

Renou-Wilson, F., Keane, M. and Farrell, E.P., 2008. Effect of Planting Stocktype and Cultivation Treatment on the Establishment of Norway Spruce on Cutaway Peatlands. *New Forests*, NOV, vol. 36, no. 3, pp. 307-330 ISSN 0169-4286. DOI 10.1007/s11056-008-9102-y.

Rodriguez-Trejo, D.A. and Duryea, M.L., 2003. Seedling Quality Indicators in *Pinus Palustris* Mill. *Agrociencia*, vol. 37, no. 3, pp. 299-307 ISSN 1405-3195.

Rose, R. and Haase, D.L., 2005. Root and Shoot Allometry of Bareroot and Container Douglas-Fir Seedlings. *New Forests*, SEP, vol. 30, no. 2-3, pp. 215-233 ISSN 0169-4286. DOI 10.1007/s11056-005-5420-5.

Ruehle, J.L., 1985. Lateral-Root Development and Spread of *Pisolithus Tinctorius* Ectomycorrhizae on Bare-Root and Container-Grown Loblolly Pine Seedlings After Planting. *Forest Science*, vol. 31, no. 1, pp. 220-225 ISSN 0015-749X

Ruehle, J.L., Marx, D.H., Barnett, J.P. and Pawuk, W.H., 1981. Survival and Growth of Container-Grown and Bare-Root Shortleaf Pine Seedlings with *Pisolithus* and *Thelephora* Ectomycorrhizae. *Southern Journal of Applied Forestry*, vol. 5, no. 1, pp. 20-24 ISSN 0148-4419.

Segaran, S., Dojak, J.C. and Rathwell, R.K., 1978. *Assessment of Root Deformities of Jack Pine (Pinus Banksiana Lamb) Planted in Southeastern Manitoba*. Manitoba Forest Management Section

Shaw, N.L., Halfordand, A.S. and McAdoo, J.K., 2015. *Establishing Big Sagebrush and Other Shrubs from Planting Stock*. Unpublished.

Sheedy., G., 1984. *Mesures Et Observations De Pin Gris (Pinus Banksiana Lamb.) En Contenant Et a Racines Nues, Trois Ans Apre`s La Plantation [Measurement of and Observations on Containerized and Barerooted Pinus Banksiana Three Years After Planting.]*. Gouvernement du Que`bec Ministre`re de l'Energie des Ressources Service de la recherche` (Terres et Fortes).

Sloan, J.P., Jump, L.H. and Ryker, R.A., 1987. Container-Grown Ponderosa Pine-Seedlings Outperform Bareroot Seedlings on Harsh Sites in Southern Utah. *Usda Forest Service Intermountain Research Station Research Paper*, OCT, no. 384, pp. 1-14 ISSN 0146-3551. <https://play.google.com/books/reader?id=027awtZpdEEC&hl=es&pg=GBS.PA3>

South, D.B., Harris, S.W., Barnett, J.P., Hains, M.J. and Gjerstad, D.H., 2005. Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, USA. *Forest Ecology and Management*, **204**(2-3), pp. 385-398. ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/j.foreco.2004.09.016.

South, D.B. and Barnett, J.P., 1986. Herbicides and Planting Date Affect Early Performance of Container-Grown and Bare-Root Loblolly Pine Seedlings in Alabama. *New Forests*, vol. 1, no. 1, pp. 17-27 ISSN 0169-4286.

Sprackling, J.A., 1977. *Early Field Survival of Bare-Root, Container-Grown, and Potted Ponderosa Pine Seedlings in South-Central Nebraska*. Dept. of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range ... <https://play.google.com/books/reader?id=HjR4NDtv0Z8C&hl=es&pg=GBS.PA1975>

Stevens, R., 2004. Chapter 28. Establishing Plants by Transplanting and Interseeding. In: Establishing Plants by Transplanting and Interseeding London: . *Chapter 28. Establishing Plants by Transplanting and Interseeding*, pp. 739-744.

Stroupe, M.C., 1998. First-Year Survival and Growth of Bareroot and Container Water and Willow Oak Seedlings Grown at Different Levels of Mineral Nutrition. <https://play.google.com/books/readerid=IU0d7DXRlw0C&hl=es&pg=GBS.PA338>

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

Sundstrom, E. and Keane, M., 1999. Root Architecture, Early Development and Basal Sweep in Containerized and Bare-Rooted Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Plant and Soil*, vol. 217, no. 1-2, pp. 65-78 ISSN 0032-079X. DOI 10.1023/A:1004693031375.

Sutton, R.F. and Weldon, T.P., 1993. Jack Pine Establishment in Ontario: 5-Year Comparison of Stock Types±bracke Scarification, Mounding, and Chemical Site Preparation. *The Forestry Chronicle*, vol. 69, no. 5, pp. 545-553 ISSN 1499-9315.

Thiffault, N., 2004. Stock Type in Intensive Silviculture: A (Short) Discussion about Roots and Size. *Forestry Chronicle*, vol. 80, no. 4, pp. 463-468 ISSN 0015-7546. DOI 10.5558/tfc80463-4.

Thiffault, N., 2010. Stability and Mechanical Characteristics of Root of Large Seedlings of *Picea Mariana* Products in Containers Or Bare Root. *Forestry Chronicle*, vol. 86, no. 4, pp. 469-476 ISSN 0015-7546. DOI 10.5558/tfc86469-4.

Thiffault, N., Hebert, F. and Jobidon, R., 2012. Planted *Picea Mariana* Growth and Nutrition as Influenced by Silviculture X Nursery Interactions on an Ericaceous-Dominated Site. *Silva Fennica*, vol. 46, no. 5, pp. 667-682 ISSN 0037-5330. DOI 10.14214/sf.918.

Thiffault, N., Jobidon, R. and Munson, A.D., 2014. Comparing Large Containerized and Bareroot Conifer Stock on Sites of Contrasting Vegetation Composition in a Non-Herbicide Scenario. *New Forests*, NOV, vol. 45, no. 6, pp. 875-891 ISSN 0169-4286. DOI 10.1007/s11056-014-9443-7.

Thiffault, N., Jobidon, R. and Munson, A.D., 2003. Performance and Physiology of Large Containerized and Bare-Root Spruce Seedlings in Relation to Scarification and Competition in Québec (Canada). *Annals of Forest Science*, vol. 60, no. 7, pp. 645-655 ISSN 1286-4560.

Thiffault, N., Lafleur, B., Roy, V. and Deblois, J., 2012. Large Planting Stock Type and Mechanical Release Effects on the Establishment Success of *Picea glauca* Plantations in Quebec, Canada. *International Journal of Forestry Research*, vol. 2012 ISSN 1687-9368.

Tinus, R.W., 1974. Characteristics of Seedlings with High Survival Potential. *Great Plains Agric Counc Publ.* <https://play.google.com/books/readerid=v0MUAQAAMAAJ&hl=es&pg=GB.S.PA276>

Van Sambeek, J.W., Godsey, L.D., Walter, W.D., Garrett, H.E. and Dwyer, J.P., 2016. Field Performance of *Quercus bicolor* Established as Repeatedly Air-Root-Pruned Container and Bareroot Planting Stock. *Open Journal of Forestry*, **06**(03), pp. 163-176. Available from: <http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2016.63014> ISSN 2163-0429. DOI 10.4236/ojf.2016.63014.

VanDendriessche, R., 1992. Absolute and Relative Growth of Douglas-Fir Seedlings of Different Sizes. *Tree Physiology*, MAR, vol. 10, no. 2, pp. 141-152 ISSN 0829-318X. DOI 10.1093/treephys/10.2.141.

Von Althen, F.W. and Prince, F.A., 1986. Black Walnut *Juglans Nigra* L Establishment: Six-Year Survival and Growth on Containerized and 1+ 0 Seedlings. <https://play.google.com/books/readerid=fZcdzGZcJWAC&hl=es&pg=GB.SA1986-PA11>

Vyse, A., 1981. Growth of Young Spruce Plantations in Interior British Columbia. *The Forestry Chronicle*, vol. 57, no. 4, pp. 174-180 ISSN 1499-9315.

Walker, K.C., 2014. Techniques for Producing Native Seedlings for Container, Bareroot (Plug+ 1), and Seed Increase Production Including the use of Jiffy Forestry Pellets. *Native Plants Journal*, vol. 15, no. 2, pp. 93-97 ISSN 1522-8339. <http://npj.uwpress.org/content/15/2/93.shor>

Wall, M., 2011. Target Seedling Strategies for Intensively Managed Douglas-Fir Plantations in the Oregon Coast Range. *USDA Forest Service Proceedings RMRS*, vol. 65, pp. 150-156. Available from: <https://statistical.proquest.com/statisticalinsight/result/pqpresultpage.previewtitle?docType=P.QSI&titleUri=/content/2011/1204-50.xml>

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

- Walter, W.D., Godsey, L.D., Garrett, H.E., Dwyer, J.P., Van Sambeek, J.,W. and Ellersieck, M.R., 2013. Survival and 14-year growth of black, white, and swamp white oaks established as bareroot and RPM®-containerized planting stock. *Northern Journal of Applied Forestry*, **30**(1), pp. 43-46. Available from: <https://search.proquest.com/docview/1441256136> CrossRef. ISSN 0742-6348. DOI 10.5849/njaf.11-047.
- Wang, G.G., Siemens, J.A., Keenan, V. and Philippot, D., 2000. Survival and Growth of Black and White Spruce Seedlings in Relation to Stock Type, Site Preparation and Plantation Type in Southeastern Manitoba. *The Forestry Chronicle*, vol. 76, no. 5, pp. 775-782 ISSN 1499-9315
- Waters, W.E., Demars Jr, C.,J. and Cobb JR, F.,W., 1991. Analysis of Early Mortality of Douglas-Fir Seedlings in Postharvest Plantings in Northwestern California. *Forest Science*, vol. 37, no. 3, pp. 802-826 ISSN 0015-749X.
- Wendel, G.W., 1979. Growth and Survival of Three Hardwood Species as Affected by Artificial Regeneration Method. *Tree Planters Notes*, vol. 30, no. 1, pp. 16-19. https://play.google.com/books/reader?id=MI_H6COoEAoC&hl=es&pg=GBS.PA113
- Williams, H. and Stroupe, M., 2002. *First-Year Survival and Growth of Bareroot and Container Water Oak and Willow Oak Seedlings Grown at Different Levels of Mineral Nutrition*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station.
- Williams, H.M. and Craft, M.N., 1998. First-Year Survival and Growth of Bareroot, Container, and Direct-Seeded Nuttall Oak Planted on Flood-Prone Agricultural Fields.
- Williams, H.M. and Stroupe, M., 2002. First-Year Survival and Growth of Bareroot and Container Water Oak and Willow Oak Seedlings Grown at Different Levels of Mineral Nutrition. <https://play.google.com/books/readerid=IU0d7DXRlw0C&hl=es&lr=&printsec=frontcover&pg=GBS.PA338>
- Williamson, D.M. and Minore, D., 1978. Survival and Growth of Planted Conifers on the Dead Indian Plateau East of Ashland, Oregon. *USDA Forest Service Research Paper PNW (USA)*. <https://play.google.com/books/reader?id=Czex7mRyBicC&hl=es&pg=GBS.PP3>
- Wilson, E.R., 2000. The Establishment of Red Oak in Plantations: A Comparison of Container and Bare-root Stock Types, *Your forest, your choice*, November.
- Wilson, E.R., Vitols, K.C. and Park, A., 2007. Root Characteristics and Growth Potential of Container and Bare-Root Seedlings of Red Oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada. *New Forests*, SEP, vol. 34, no. 2, pp. 163-176 ISSN 0169-4286. DOI 10.1007/s11056-007-9046-7.
- Wood, J.E., 1984. Black Spruce Outplantings in Ontario's Clay Belt. Bare-Root Versus Paperpot Stock: Five-Year Results. *Information Report OX* ISSN 0704-7797.
- Wood, J.E., 1983. Five-Year Comparison of Jack Pine Bare-Root, Ontario Tube, and Paperpot Seedlings. *OX-355*. ISBN 0662128060.
- Wood, J.E., 1990. Black Spruce and Jack Pine Plantation Performance in Boreal Ontario: 10-Year Results. *Northern Journal of Applied Forestry*, vol. 7, no. 4, pp. 175-179 ISSN 0742-6348.
- Woolery, P.O. and Jacobs, D.F., 2014. Planting Stock Type and Seasonality of Simulated Browsing Affect Regeneration Establishment of *Quercus Rubra*. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, JUL, vol. 44, no. 7, pp. 732-739 ISSN 0045-5067. DOI 10.1139/cjfr-2013-0492.
- Yamashita, N., Okuda, S., Suwa, R., Lei, T.T., Tobita, H., Utsugi, H. and Kajimoto, T., 2016. Impact of leaf removal on initial survival and growth of container-grown and bare-root seedlings of Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*). *Forest Ecology and Management*, **370**, pp. 76-82. 82 ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/j.foreco.2016.03.054.

Diferencias de supervivencia y crecimiento en repoblaciones forestales entre plantas cultivadas en contenedor y a raíz desnuda.

Yeiser, J.L. and Paschke, J.L., 1987. Regenerating Wet Sites with Bare-Root and Containerized Loblolly Pine Seedlings¹. *Southern Journal of Applied Forestry*, vol. 11, no. 1, pp. 52-56 ISSN 0148-4419.

Yongzheng, M.A., Shuhuai, H.E. and Yongjun, F., 2017. Study on Growth Rules and Photosynthetic Physiology of Biennial Container Seedlings and Bare Root Seedlings of *Phoebe*. *Asian Agricultural Research*, vol. 9, pp. 59-63 ISSN 1812-2018.