



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra  
de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill.  
en programas de migración asistida.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

AUTOR/A: Arnal Roig, Laura

Tutor/a: Campo García, Antonio Dámaso del

Director/a Experimental: BLANCO CANO, LAURA

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica  
y del Medio Natural

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

## **Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Curso académico: 2022-2023

Autor/a: Arnal Roig, Laura

Tutor/a: Campo García, Antonio Dámaso del

Director/a Experimental: Blanco Cano, Laura

Localidad: Valencia

Fecha: 10 de septiembre del 2023

## **Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

### **- Resumen:**

La migración asistida consiste en el cambio de la composición específica o genética de un ecosistema o población, buscando sustituir (o complementar) a las especies o poblaciones mal adaptadas por otros genotipos mejor adaptados a las condiciones climáticas previstas en el futuro. El concepto de migración asistida incluye el traslado de poblaciones o genotipos de una especie a zonas dentro de su área potencial de distribución climática. En España, las procedencias de *Pinus halepensis* son 20 y se puede plantear esta aproximación, si bien existe mucha incertidumbre a nivel práctico.

Este TFG tiene como objetivo principal apoyar al técnico forestal en el tópic de la migración asistida de pino carrasco en el contexto de la provincia de Valencia, tanto en la fase de vivero como en la de repoblación en campo. Para ello se hace un seguimiento y evaluación del comportamiento en vivero y en campo de diferentes grupos de Materiales de Base seleccionados de *Pinus halepensis* para su uso en programas de migración asistida en la provincia. Este doble seguimiento vivero-campo permitirá identificar qué procedencias funcionan mejor en campo y al mismo tiempo conocer su comportamiento diferencial en vivero y sus características específicas de calidad de planta, todo ello con una orientación meramente práctica y orientada al viverista y repoblador.

La fase de vivero comenzó en marzo de 2022 y finalizó en noviembre de 2022. En esta fase se procedió a la i) elección de las procedencias y semillas, ii) selección de sustratos y envases, iii) fertilizantes y iv) evaluación del desarrollo de las plantas durante su cultivo en el vivero de La Hunde (Ayora, Valencia), para tomar diferentes medidas ontogénicas, crecimiento en altura y diámetro. Con estas medidas se evaluó el crecimiento en vivero y la calidad de planta para cada Material de Base. Previa a la fase de repoblación también se obtuvieron pesos secos y otras medidas de caracterización foliar y radical.

La fase de repoblación tuvo lugar entre diciembre de 2022 y septiembre de 2023, con una evaluación intermedia en junio de 2023 (evaluación temprana). Se hicieron tres repoblaciones siguiendo un gradiente altitudinal propio de la biogeografía valenciana. En esta fase: i) se seleccionaron los tres lugares de repoblación, ii) se plantó y iii) se hizo un monitoreo de la evolución de las plantas ya plantadas, con medidas de caracteres morfológicos (altura, diámetro), además de la supervivencia.

Los resultados indican que no hay diferencias significativas que permitan cambiar los criterios técnicos actuales de repoblación, calidad de planta y cultivo en vivero de la especie para la provincia de Valencia. No obstante, sí se ha observado que la procedencia no local no siempre presenta las mejores tasas de supervivencia y crecimiento en los tres sitios ensayados. El trabajo aporta datos e información útil que permitirá al técnico forestal una mejor planificación y evaluación del comportamiento de posibles procedencias de pino carrasco utilizables en el contexto provincial, tanto a nivel de producción de planta como de comportamiento en campo.

- **Palabras clave:** Restauración forestal; Viveros forestales; cambio climático; gestión adaptativa.

## **Producció en viver, qualitat de planta i posada en obra de diferents Materials de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programes de migració assistida**

### **- Resum:**

La migració assistida consisteix en el canvi de la composició específica o genètica d'un ecosistema o població, buscant substituir (o complementar) a les espècies o poblacions mal adaptades per altres genotips més ben adaptats a les condicions climàtiques previstes en el futur. El concepte de migració assistida inclou el trasllat de poblacions o genotips d'una espècie a zones dins de la seua àrea potencial de distribució climàtica. A Espanya, les procedències de *Pinus halepensis* són 20 i es pot plantejar

## **Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

aquesta aproximació, si bé existeix molta incertesa a nivell pràctic.

Aquest TFG té com a objectiu principal fer costat al tècnic forestal en el tòpic de la migració assistida de pi blanc en el context de la província de València, tant en la fase de viver com en la de repoblació en camp. Per a això es fa un seguiment i avaluació del comportament en viver i en camp de diferents grups de Materials de Base seleccionats de *Pinus halepensis* per al seu ús en programes de migració assistida a la província. Aquest doble seguiment viver-camp permetrà identificar quines procedències funcionen millor en camp i al mateix temps conèixer el seu comportament diferencial en viver i les seues característiques específiques de qualitat de planta, tot això amb una orientació merament pràctica i orientada al planterista i repoblador.

La fase de viver va començar al març de 2022 i va finalitzar al novembre de 2022. En aquesta fase es va procedir a la i) elecció de les procedències i llavors, ii) selecció de substrats i envasos, iii) fertilitzants i iv) avaluació del desenvolupament de les plantes durant el seu cultiu en el viver de l'Afona (Ayora, València), per a prendre diferents mesures ontogèniques, creixement en altura i diàmetre. Amb aquestes mesures es va avaluar el creixement en viver i la qualitat de planta per a cada Material de Base. Prèvia a la fase de repoblació també es van obtindre pesos secs i altres mesures de caracterització foliar i radical.

La fase de repoblació va tindre lloc entre desembre de 2022 i setembre de 2023, amb una avaluació intermèdia al juny de 2023 (avaluació primerenca). Es van fer tres repoblacions seguint un gradient altitudinal propi de la biogeografia valenciana. En aquesta fase: i) es van seleccionar els tres llocs de repoblació, ii) es va plantar i iii) es va fer un monitoratge de l'evolució de les plantes ja plantades, amb mesures de caràcters morfològics (altura, diàmetre), a més de la supervivència.

Els resultats indiquen que no hi ha diferències significatives que permeten canviar els criteris tècnics actuals de repoblació, qualitat de planta i cultiu en viver de l'espècie per a la província de València. No obstant això, sí s'ha observat que la procedència no local no sempre presenta les millors taxes de supervivència i creixement en els tres llocs assajats. El treball aporta dades i informació útil que permetrà al tècnic forestal una millor planificació i avaluació del comportament de possibles procedències de pi blanc utilitzables en el context provincial, tant a nivell de producció de planta com de comportament en camp.

- **Paraules clau:** Restauració forestal; Vivers forestals; canvi climàtic; gestió adaptativa.

### **Nursery production, plant quality and establishment of different *Pinus halepensis* Mill. base materials in assisted migration programs**

- **Abstract:**

Assisted migration consists of changing the specific or genetic composition of an ecosystem or population, seeking to replace (or complement) poorly adapted species or populations with other genotypes better adapted to expected future climatic conditions. The concept of assisted migration includes the transfer of populations or genotypes of a species to areas within its potential climatic range. In Spain, there are 20 provenances of *Pinus halepensis* and this approach can be considered, although there is much uncertainty at a practical level.

The main objective of this TFG is to support the forestry technician in the topic of assisted migration of Aleppo pine in the context of the province of Valencia, both in the nursery phase and in the repopulation phase in the field. For this purpose, the behavior in the nursery and in the field of different groups of selected *Pinus halepensis* basic materials for their use in assisted migration programs in the province is monitored and evaluated. This double nursery-field monitoring will make it possible to identify which provenances work best in the field and at the same time to know their differential behavior in the nursery and their specific characteristics of plant quality, all of this with a purely practical orientation and oriented to the nurseryman and repopulator.

## **Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

The nursery phase began in March 2022 and ended in November 2022. In this phase we proceeded to i) selection of provenances and seeds, ii) selection of substrates and containers, iii) fertilizers and iv) evaluation of the development of the plants during their cultivation in the nursery of La Hunde (Ayora, Valencia), to take different ontogenetic measurements, growth in height and diameter. These measurements were used to evaluate nursery growth and plant quality for each basic material. Prior to the repopulation phase, dry weights and other measures of leaf and root characterization were also obtained.

The repopulation phase took place between December 2022 and September 2023, with an intermediate evaluation in June 2023 (early evaluation). Three reforestations were carried out following an altitudinal gradient typical of the Valencian biogeography. In this phase: i) the three repopulation sites were selected, ii) they were planted and iii) the evolution of the already planted plants was monitored, with measurements of morphological characters (height, diameter), in addition to survival.

The results indicate that there are no significant differences that would allow changing the current technical criteria for restocking, plant quality and nursery cultivation of the species for the province of Valencia. However, it has been observed that the non-local origin does not always present the best survival and growth rates in the three sites tested. The work provides useful data and information that will allow the forestry technician to better plan and evaluate the behavior of possible Aleppo pine provenances that can be used in the provincial context, both in terms of plant production and field performance.

- **Key words:** Forest restoration; forest nurseries; climate change; adaptive management.
- **Autor/a:** Arnal Roig, Laura
- **Tutor/a:** Campo García, Antonio Dámaso del
- **Director/a Experimental:** Blanco Cano, Laura
- **Valencia, septiembre 2023**

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

## **MEMORIA**

1.	INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
2.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	2
3.	FASE DE VIVERO.....	3
3.1.	Definición y selección de las alternativas.....	3
3.2.	Características del vivero de producción y de los materiales a emplear.....	4
3.3.	Determinaciones realizadas.....	5
4.	FASE DE PUESTA EN OBRA Y REPOBLACIÓN.....	7
4.1.	Caracterización de las parcelas.....	7
4.1.1.	Ubicación.....	7
4.1.2.	Evolución histórica de la cobertura vegetal.....	10
4.1.3.	Climatología.....	12
4.1.4.	Geomorfología.....	13
4.1.5.	Geología.....	18
4.1.6.	Vegetación.....	20
4.2.	Preparación del terreno y plantación.....	22
4.3.	Determinaciones realizadas.....	23
5.	EVALUACIÓN TÉCNICA.....	24
5.1.	Cultivo en vivero.....	24
5.1.1.	Altura.....	24
5.1.2.	Diámetro del cuello de la raíz.....	25
5.1.3.	Pesos secos.....	25
5.1.4.	Índices ontogénicos.....	26
5.1.5.	Coefficientes alométricos.....	27
5.2.	Calidad final de planta.....	30
5.3.	Desarrollo y supervivencia.....	33
6.	DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES SEGÚN LOS RESULTADOS.....	36
7.	CONCLUSIONES.....	37
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	38

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Esquema de los diferentes estados ontogénicos para <i>Pinus halepensis</i> . Fuente: Prieto González, 2011.....	7
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación de las parcelas de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	8
<b>Figura 3.</b> Mapa de ubicación de las parcelas de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	9
<b>Figura 4.</b> Mapa de ubicación de las parcelas de Andilla. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	9
<b>Figura 5.</b> Severidad del incendio de junio del 2012 en la parcela de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: Pérez-Romero et al., 2022.....	11
<b>Figura 6.</b> Severidad del incendio de junio del 2012 en la parcela de Andilla. Elaboración propia. Fuente: Pérez-Romero et al., 2022.....	11
<b>Figura 7.</b> Mapa de elevación de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	14
<b>Figura 8.</b> Mapa de pendientes de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	14
<b>Figura 9.</b> Mapa de orientación de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	15
<b>Figura 10.</b> Mapa de elevación de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	15
<b>Figura 11.</b> Mapa de pendientes de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	16
<b>Figura 12.</b> Mapa de orientación de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	16
<b>Figura 13.</b> Mapa de elevación de Andilla. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	17
<b>Figura 14.</b> Mapa de pendientes de Andilla. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	17
<b>Figura 15.</b> Mapa de orientación de Andilla. Elaboración propia. Fuente: CNIG.....	18
<b>Figura 16.</b> Mapa de recintos geológicos de las parcelas de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: IGME.....	19

## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

<b>Figura 17.</b> Mapa de recintos geológicos de la parcela de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: IGME.....	19
<b>Figura 18.</b> Mapa de recintos geológicos de la parcela de Andilla. Elaboración propia. Fuente: IGME. ....	20
<b>Figura 19.</b> Mapa de ecosistemas forestales de la parcela de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: ICV. ....	21
<b>Figura 20.</b> Mapa de ecosistemas forestales de la parcela de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: ICV. ....	21
<b>Figura 21.</b> Mapa de ecosistemas forestales de la parcela de Andilla. Elaboración propia. Fuente: ICV. ....	22
<b>Figura 22.</b> Etiquetado por colores de cada Material de Base. ....	22
<b>Figura 23.</b> Croquis del diseño de las hileras de plantación. Elaboración propia. ....	23
<b>Figura 24.</b> Planta etiquetada según procedencia o Material de Base cualificado, y número de planta. 23	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Categorización del material forestal de reproducción. ....	3
<b>Tabla 2.</b> Características de calidad del lote de semillas. ....	3
<b>Tabla 3.</b> Descripción de los sitios de origen del Material de Base utilizado. ....	3
<b>Tabla 4.</b> Resultado del análisis del agua de riego del vivero de La Hundede. ....	4
<b>Tabla 5.</b> Datos meteorológicos de La Hundede durante el cultivo de 2022. Fuente: AVAMET, 2022. ....	5
<b>Tabla 6.</b> Atributos funcionales de la planta empleados durante la fase de vivero. ....	5
<b>Tabla 7.</b> Comparación de medias de calidad de planta para <i>Pinus halepensis</i> : Estándar de calidad de planta para Levante Interior en el vivero de La Hundede (Del Campo et al., 2022) - Resultados vivero para los diferentes grupos de Material de Base I. Para una misma variable, medias del Material de Base seguidas de letras diferentes han mostrado diferencias significativas en el análisis. Elaboración propia. ....	31
<b>Tabla 8.</b> Comparación de medias de calidad de planta para <i>Pinus halepensis</i> : Estándar de calidad de planta para Levante Interior en el vivero de La Hundede (Del Campo et al., 2022) - Resultados vivero para los diferentes grupos de Material de Base II. Para una misma variable, medias del Material de Base seguidas de letras diferentes han mostrado diferencias significativas en el análisis. Elaboración propia. ....	31
<b>Tabla 9.</b> Resultados de las medias y desviaciones estándar en vivero para los diferentes grupos de Material de Base I. Para una misma variable, medias del Material de Base seguidas de letras diferentes han mostrado diferencias significativas en el análisis. ....	31
<b>Tabla 10.</b> Resultados de las medias y desviaciones estándar en vivero para los diferentes grupos de Material de Base II. Para una misma variable, medias del Material de Base seguidas de letras diferentes han mostrado diferencias significativas en el análisis. ....	32
<b>Tabla 11.</b> Comparación de los grupos de Material de Base con la procedencia Levante Interior. ....	36

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Diagrama climático de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: ERA5-Land.....	12
<b>Gráfico 2.</b> Diagrama climático de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: ERA5-Land. ....	13
<b>Gráfico 3.</b> Diagrama climático de Andilla. Elaboración propia. Fuente: ERA5-Land.....	13
<b>Gráfico 4.</b> Evolución de la altura durante el periodo de medición en vivero. Elaboración propia. ....	24
<b>Gráfico 5.</b> Evolución del diámetro durante el periodo de medición en vivero. Elaboración propia. ...	25
<b>Gráfico 6.</b> Evolución del peso seco total durante el periodo de medición en vivero. Elaboración propia. ....	26
<b>Gráfico 7.</b> Evolución de la presencia de los estados ontogénicos durante la campaña de medición en vivero. Elaboración propia. ....	27
<b>Gráfico 8.</b> Coeficientes alométricos entre la altura vs el diámetro del cuello de la raíz. Elaboración propia.....	29
<b>Gráfico 9.</b> Coeficientes alométricos entre el volumen del tallo vs el diámetro del cuello de la raíz. Elaboración propia. ....	30
<b>Gráfico 10.</b> Mortalidad pre-estival de los siete Materiales de Base en las parcelas experimentales.	

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Elaboración propia. ....	34
<b>Gráfico 11.</b> Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros para cada grupo de material de base en Pedralba. ....	35
<b>Gráfico 12.</b> Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros con significancias en Cortes de Pallás. ....	35
<b>Gráfico 13.</b> Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros con significancias en Andilla. ....	36



## **1. INTRODUCCIÓN Y ANTEDECENTES**

El presente trabajo tiene su origen en el Proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO (LIFE20 CCA/ES/001809) – “Adaptive management of Mediterranean *Pinus halepensis* forests in the face of climate change”, cuyo principal objetivo es el desarrollo de nuevas herramientas para la adaptación de los bosques ibéricos de pino carrasco al cambio climático, así como su aplicación demostrativa. Entre sus acciones de ejecución se encuentra la implementación demostrativa de la migración asistida en la restauración del hábitat potencial del pino carrasco.

La distribución geográfica de las especies vegetales está fuertemente influenciada por variables climáticas que son afectadas por el cambio climático como, por ejemplo, la temperatura, la precipitación, la nubosidad, el albedo, la evapotranspiración, la humedad del suelo y la escorrentía, entre otros (Amblar Francés et al., 2017). Ante las nuevas condiciones ocasionadas por el cambio climático, las especies pueden adaptarse y sobrevivir mediante tres vías: (1) a través de su plasticidad fenotípica, (2) mediante adaptación por selección natural, de manera que se consiga mayor resistencia o tolerancia al estrés hídrico, plagas, enfermedades o elevadas temperaturas, o (3) migrando a zonas con mejores condiciones para su supervivencia (Soto et al. 2010). Como resultado de esta última vía, se están observando desplazamientos de la vegetación mediterránea hacia zonas de mayor elevación y latitud, dando lugar a una desvinculación de las poblaciones adaptadas a los climas locales (Aitken et al., 2008).

Esta migración no siempre ocurre con suficiente rapidez, por lo que la población puede tener dificultades para recuperarse y mantener su viabilidad a largo plazo (Gonzalez et al., 2013). En tales casos, puede ser necesario tomar medidas de conservación para ayudar a la población a sobrevivir y recuperarse. Por esta razón, se ha afirmado que, las poblaciones de latitudes más bajas, que en la región mediterránea se corresponde con las poblaciones de las zonas más secas, son más resistentes o tolerantes a la sequía (Alvarez-Maldini et al., 2020; Sáenz-Romero et al. 2006), y pueden translocarse hacia latitudes más altas dentro de su área de distribución.

En el caso de los programas de reforestación y restauración ecológica de las zonas semiáridas mediterráneas, la alta mortalidad está estrechamente asociada con los fenómenos meteorológicos extremos tras la plantación (Del Campo et al., 2020). Estos programas siguen una estrategia basada en el uso de genotipos locales, no considerando la posible migración de genotipos más adaptados a los cambios en los factores ambientales (Williams and Dumroese, 2013). Por esta misma razón esta estrategia de uso de genotipos locales podría volverse irrelevante en un futuro ya que, este material forestal de reproducción (MFR) no estará adaptado a las nuevas condiciones ambientales, pudiendo ser necesaria la migración asistida de poblaciones que seleccione el genotipo y ecotipo más tolerante a los nuevos estreses abióticos esperados (Williams and Dumroese, 2013).

La migración asistida es una estrategia de adaptación al cambio climático, que consiste en el movimiento de especies y/o poblaciones para facilitar su expansión natural hacia nuevas zonas donde se mantengan las condiciones climáticas de su hábitat central (Williams and Dumroese 2013). Existen numerosos riesgos y beneficios que han generado debate sobre su aplicación. Entre sus riesgos encontramos los riesgos de invasión y dificultad de implementación, y entre sus beneficios tenemos el potencial para prevenir la extinción de especies o de restaurar eficientemente la estructura y función de ecosistemas degradados (Hewitt et al. 2011).

Experiencias previas con especies madereras, como *Pinus pinaster*, han resultado en fracaso (Benito-Garzón et al. 2013<sup>a</sup>). Sin embargo, experiencias anteriores con *Pinus halepensis*, la conífera más empleada en programas de repoblación en España, han tenido resultados más satisfactorios (Taïbi et al., 2014). Estudios previos que evalúan la variabilidad intraespecífica de esta especie revelaron una variación adaptativa al clima (Voltas et al. 2008, Atzmon et al. 2004), lo que demuestra el papel selectivo de las variables climáticas en determinar la idoneidad de la población en esta especie (Climent et al. 2008) y su potencial para llevar a cabo programas de migración asistida con éxito.

## **Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Los programas de migración asistida actuales centran su papel en la evaluación en la fase de repoblación, no poniendo atención en determinar si es necesario modificar el régimen de cultivo en vivero y los estándares de calidad de planta según el posible comportamiento diferencial de la población o procedencia concreta. Esta evaluación considera una combinación de factores genéticos, fisiológicos y morfológicos que influyen en el desarrollo y desempeño de la planta en su entorno natural (Ruano, 2008). El conocimiento de la calidad de planta permite al viverista determinar cómo influye cada práctica de cultivo sobre ella, posibilitándole seleccionar y adecuar estas prácticas a los objetivos de calidad.

Por tanto, el interés del presente trabajo reside en identificar qué procedencias, o Material de Base cualificado, funcionan mejor en campo y si su calidad de planta y comportamiento en vivero son también diferentes y relevantes como para adaptar los regímenes de cultivo y las especificaciones de calidad de planta, todo ello con una orientación práctica y orientada al técnico forestal.

Cabe mencionar la relación entre el Trabajo de Fin de Grado (TFG) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como se muestra con más detalle en el Anexo IV, se debe a varios factores clave, que incluyen la migración asistida y adaptación al cambio climático (ODS 13 y ODS 15), la resiliencia ante el cambio climático (ODS 13), el uso sostenible de los recursos naturales (ODS 12), y la transferencia de conocimiento y mejora de prácticas (ODS 4 y ODS 17).

## **2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

Este trabajo parte de la idea de que los programas de migración asistida de procedencias, o Materiales de Base, de pino carrasco en repoblación y restauración forestal pueden afectar, más allá de los resultados en campo, a los regímenes de cultivo en vivero y estándares de calidad de planta de la especie, que están adaptados localmente a las procedencias nativas tal y como requiere la normativa. Tal es el caso de los viveros públicos de la GVA en la provincia de Valencia, donde se producen las tres procedencias de pino carrasco que caen en el dominio geográfico de la Comunitat Valenciana (Maestrazgo – Los Serranos, Levante Interior y Litoral Levantino). Además, estos viveros han desarrollado regímenes de cultivo adaptados y estándares de calidad de la especie que podrían variar como consecuencia del uso de genotipos diferentes (Del Campo et al., 2022). En base a ello el objetivo principal de este trabajo es determinar si, en el contexto de programas de migración asistida, hay un comportamiento diferente de distintos genotipos (Material de Base de pino carrasco) durante la fase de producción en vivero, es decir, hasta qué punto los sistemas de cultivo y estándares de calidad de planta, adaptados localmente a una determinada procedencia, son válidos para otros Materiales de Base que pudieran ser demandados en el ámbito de plantación del vivero. Este trabajo establecerá las modificaciones oportunas tanto en el régimen de cultivo en vivero como en los estándares de calidad de planta útiles al viverista y repoblador.

Ello nos lleva a los siguientes objetivos específicos:

1. Tipificar el desarrollo en el vivero de La Hunde (Valencia) de diferentes Materiales de Base de *Pinus halepensis* seleccionados para un programa de migración asistida y compararlos con la procedencia de referencia Levante Interior. Es decir, ¿puede un mismo régimen de cultivo ya establecido generar diferentes calidades de planta en otras procedencias o semillas cualificadas?
2. Caracterizar la calidad final de planta de los Materiales de Base cultivados y comprobar si hay diferencias entre ellos y con la procedencia de referencia Levante Interior.
3. Plantar los Materiales de Base cultivados en distintas zonas biogeográficas de la Provincia de Valencia y comparar su resultado con la procedencia de referencia Levante Interior.
4. Sobre los resultados previos, redefinir en su caso, el régimen de cultivo y el estándar de calidad de planta de los genotipos de *Pinus halepensis* con mejor respuesta para los ámbitos biogeográficos ensayados.

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

### 3. FASE DE VIVERO

#### 3.1. Definición y selección de las alternativas.

Las diferentes alternativas en este trabajo representan los posibles grupos de Material de Base a utilizar en el programa de migración asistida. Dado el carácter práctico de este TFG, estos grupos han sido seleccionadas en el Marco del proyecto Life ya referido. Para ello se identificaron los gradientes de cambio en la precipitación y temperatura en la provincia de Valencia y se seleccionaron procedencias y semillas cualificadas que actualmente se encuentran más próximas a esos valores futuros previstos para Valencia a mediados de siglo. Es decir, se ha seguido una estrategia de migración asistida de poblaciones. Se ha seleccionado MFR de 6 fuentes semilleras y un huerto semillero de mejora genética como se puede ver en las tablas 1, 2 y 3. Sus semillas han sido proporcionadas por el Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”.

La procedencia de control, Levante Interior, representa el escenario climático actual en la provincia de Valencia, mientras que las seis alternativas restantes representan posibles escenarios climáticos futuros. En repoblaciones de la región de procedencia Maestrazgo-Los Serranos, dada su similitud con Levante Interior, se suele usar en muchas ocasiones ésta última indistintamente sin necesidad de autorización administrativa. Por ello, aquí se ha considerado a Levante Interior como referencia en las repoblaciones realizadas en Andilla y Pedralba.

**Tabla 1.** Categorización del material forestal de reproducción.

Material de Base	Tipo de Material de Base	Nº Certificado Patrón	Nº Lote	Categoría
Levante Interior	Fuente semillera	E-07/033/08	2974	Identificada
Litoral Levantino	Fuente semillera	E-CV/0673/09	3425	Identificada
Sudeste	Fuente semillera	E-CV/0257/06	2968	Identificada
Bética Septentrional	Fuente semillera	E-07/042/10	3431	Identificada
Bética Meridional	Fuente semillera	E-AN/021/11	3600	Identificada
Sur	Fuente semillera	E-AN/001/12	3731	Identificada
HS Alaquàs	Huerto semillero	E-CV/0695/09	A-298	Cualificada

**Tabla 2.** Características de calidad del lote de semillas.

Material de Base	Fecha del análisis	Pureza (%)	Germinación (%)	Peso de 1000 semillas (g)	Nº de semillas viables por kg	Año de maduración
Levante Interior	27/05/2008	98,8	82	18,66	43.400	06/07
Litoral Levantino	30/03/2021	99,75	81	19,63	41.200	09/10
Sudeste	19/06/2020	99,43	91	20,73	43.600	06/07
Bética Septentrional	30/12/2020	99,32	86	22,47	38.000	09/10
Bética Meridional	01/06/2020	99,88	88	23,58	37.300	10/11
Sur	29/06/2021	99,73	93	18,00	51.500	11/12
HS Alaquàs	18/02/2022	99,12	85	21,55	39.100	09/10

**Tabla 3.** Descripción de los sitios de origen del Material de Base utilizado.

Material de Base	Naturaleza	Alt. (m)			Temp. (°C)			Prec. (mm)		Tipo de suelo (FAO) (%)
		Med	Máx	Mín	Med	MáxMC	MínMC	Anual	V	
H.S. Alaquàs	HS	43	-	-	17.2	31.1	5	444	58	-
Bética Meridional	FS	1016	1975	411	13.9	32.1	1.2	516	42	CMc(83)
Bética Septentrional	FS	789	1946	72	14.5	31.9	1.9	410	55	CMc(85), Xec(10)

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Levante Interior	FS	673	1428	56	14.4	30.5	2.6	524	67	CMc(96)
Litoral Levantino	FS	200	837	1	16.5	30.3	4.8	599	64	CMc(81), Fle(17)
Sudeste	FS	277	1006	1	17.1	31.6	5.2	327	30	CMc(45), Xec(37)
Sur	FS	746	1769	6	15.0	31.0	3.3	666	29	CMc(75), CMe(17)

**Notas:** HS/H.S: Huerto semillero; Alt.: Altitud; Temp.: Temperatura; Prec.: Precipitación; Med: Media; Máx: máxima; Mín: Mínima; MáxMC: Máxima del mes más cálido; MínMF: Mínima del mes más frío; V: Verano; FS: Fuente semillera; CMC: Cambisol calcárico; CMe: Cambisol éútrico; Fle: Fluvisol éútrico; Xec: Xerosol calcárico.

### 3.2. Características del vivero de producción y de los materiales a emplear

El cultivo se ha llevado a cabo durante la campaña 2022 en el vivero forestal La Hunde, de propiedad pública perteneciente a la Generalitat Valenciana y ubicado en el término municipal de Ayora a 900 m s. n. m., en el piso bioclimático Mesomediterráneo. Dependiendo de la campaña, tiene una producción anual estimada entre 1 y 1,5 millones de plantas cultivadas en envase, cuyas semillas son provistas por el Banco de Semillas Forestales del CIEF, cada lote con su respectivo certificado patrón y documento del proveedor de acuerdo con la normativa. La mayoría de las especies cultivadas se producen a una savia.

Como se ha expuesto en el apartado anterior (ver Tabla 1), el material de reproducción a emplear proviene de seis fuentes semilleras (Bética Meridional, Bética Septentrional, Levante Interior, Litoral Levantino, Sudeste y Sur) y de un huerto semillero de clones (Alaquàs). Las semillas fueron sumergidas en agua las 24 horas previas a su siembra. Los lotes fueron cultivados al aire libre durante el periodo de marzo a noviembre de 2022, en contenedor. Para el envase, se utilizaron bandejas forestales de la marca comercial FOREST-POT, de 50 alveolos (200 cc por alveolo) de 15 cm de profundidad, y una densidad de cultivo de 390 alveolos/m<sup>2</sup>. El sustrato empleado se ha compuesto por fibra de coco (45%), turba rubia (45%) y perlita (10%). Respecto al fertilizante se ha empleado uno de liberación controlada (Nutricote total 15-9-10+2MgO+TE) a razón de 4 kg/m<sup>3</sup> con una duración de nueve meses.

Los riegos se efectuaron mediante aspersión, tres días por semana (lunes, miércoles y viernes) con una dosis de 18 L/m<sup>2</sup>, bajo condiciones sin precipitaciones. Durante el verano, con condiciones de poniente, debido a la mayor demanda atmosférica, se realizó un riego auxiliar extra por semana, con la misma dosis. Durante octubre y noviembre, si las condiciones climáticas acompañaban y según la humedad del sustrato, se realizaban únicamente dos riegos semanales. El endurecimiento viene dado por la temperatura (temperaturas mínimas), la bajada del fotoperiodo y la disminución de la disponibilidad de nutrientes de la planta.

El agua de riego proviene de manantiales del monte de la propia finca. Se trata de aguas de buena calidad aptas para el riego C2-S1 (C2: agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad; S1: agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio), según la clasificación Peterson, como se puede ver en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Resultado del análisis del agua de riego del vivero de La Hunde.

<b>Resultados Análisis del Agua de Riego de La Hunde</b>	
CE 25°C (Mmhos/cm): <b>0,44</b>	Dureza: <b>23,3</b>
pH: <b>7,9</b>	C.S.R (meq/l): <b>0</b>
Cl (mg/l): <b>4,2</b>	P.S.S: <b>3</b>
SO (mg/l): <b>9</b>	S.A.R: <b>0,1</b>
CO <sub>3</sub> (mg/l): <b>0</b>	Clasificación según Peterson: <b>C2-S1</b>
CO <sub>3</sub> H (mg/l): <b>273,4</b>	NO <sub>2</sub> (mg/l): <b>&lt;0,005</b>
NO <sub>3</sub> (mg/l): <b>5,6</b>	B (mg/l): <b>&lt;0,05</b>

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Ca (mg/l): **66,3**

Mn (microg/l): **3,3**

Mg (mg/l): **17**

Fe (microg/l): **37,1**

Na (mg/l): **3**

Cu (microg/l): **35**

K (mg/l): **1**

Zn (microg/l): **121,5**

**Notas:** CE: Conductividad eléctrica, C.S.R: Carbonato Sódico Residual; P.S.S: Porcentaje de Sodio Soluble.

Se realizó un tratamiento inicial preventivo contra el *damping off* con Metalaxil 25%, un fungicida sistémico, residual y de acción preventiva. El deshermanado tuvo lugar durante la primera quincena de junio.

El clima de La Hunde se corresponde con un clima mediterráneo con rasgos de continentalidad, con una precipitación elevada respecto a las zonas de alrededor. A continuación, en la Tabla 5, se puede observar las condiciones climáticas mensuales durante el periodo de cultivo en la estación meteorológica de La Hunde.

**Tabla 5.** Datos meteorológicos de La Hunde durante el cultivo de 2022. Fuente: AVAMET, 2022.

Datos	Temperatura (°C)							Humedad rel. (%)			Presión rel. (hPa)			Viento (km/h)		Prec (mm)
	Mín			Med	Máx			Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Med	Ráf máx	
	Mín	Med	Máx		Mín	Med	Máx									
Mar	1,2	4,8	8,1	7,4	4,6	10,5	16,8	60	79	99	995	1017	1026	6,0	59,5	167,2
Abr	1,8	5,4	9,7	9,6	2,6	14,4	22,7	51	73	94	1003	1015	1025	11,0	88,5	154,6
May	5,4	10,6	21,0	17,7	10,8	24,4	32,2	18	57	94	1006	1017	1023	8,0	59,5	53,4
Jun	11,1	16,1	23,8	23,7	25,6	31,1	37,2	20	43	69	1009	1014	1020	8,5	48,3	3,4
Jul	13,7	17,5	25,8	25,6	26,6	33,4	37,6	19	50	86	1011	1016	1022	6,7	46,7	13,2
Ago	12,3	16,6	25,2	24,6	27,2	32,3	36,9	26	50	79	1008	1014	1018	8,3	78,9	38,0
Sep	7,5	14,6	20,3	20,0	17,8	25,7	33,6	32	59	88	1007	1014	1017	8,4	70,8	49,0
Oct	6,5	12,0	19,3	17,4	16,4	23,1	28,1	31	66	92	1016	1021	1026	5,5	46,7	23,8
Nov	1,2	7,5	12,2	11,3	8,1	15,4	21,8	30	72	96	1011	1019	1030	14,3	96,6	24,6

### 3.3. Determinaciones realizadas

Siguiendo las metodologías empleadas en trabajos previos (Del Campo et al., 2007a, b, 2010, 2011; Navarro-Cerrillo et al., 2014; Segura Orenge, 2023), se midieron para los siete lotes de plantas, diversos atributos de desarrollo de la planta (Tabla 6). Estos atributos fueron medidos en muestras representativas de cada lote desde el 22 de junio del 2022 hasta el 16 de noviembre del 2022.

**Tabla 6.** Atributos funcionales de la planta empleados durante la fase de vivero.

Tipología del atributo		Atributo, unidades	Fechas de medición
Atributos morfológicos	Parte aérea	Altura (H), cm	07/11/2022
		Esbeltez (H/DCR), cm/mm	07/11/2022
		Volumen del tallo, cm <sup>3</sup>	07/11/2022
		Peso seco foliar (PSF), g	14/11/2022 - 16/11/2022
		Peso seco parte aérea (PSA), g	14/11/2022 - 16/11/2022
		Peso seco total (PST), g	14/11/2022 - 16/11/2022
		Parte aérea/radical (PSA/PSR), g/g	14/11/2022 - 16/11/2022
		SLA, cm <sup>2</sup> /g	10/11/2022
		Área foliar proyectada, cm <sup>2</sup>	10/11/2022
		Estado ontogénico	22/06/2022 18/07/2022

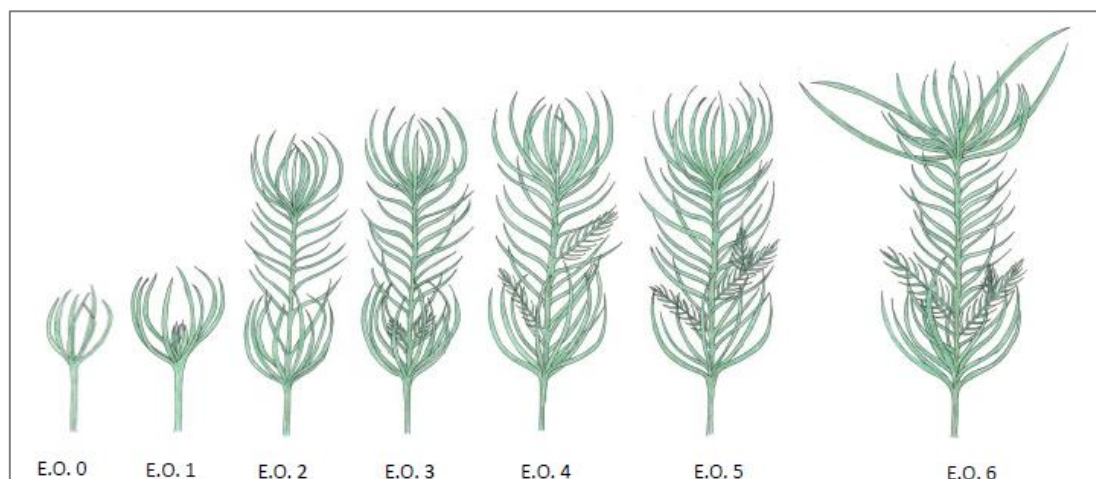
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

<b>Tipología del atributo</b>	<b>Atributo, unidades</b>	<b>Fechas de medición</b>
		04/08/2022
		06/09/2022
		29/09/2022
		07/11/2022
<b>Raíz</b>	Diámetro del cuello de la raíz (DCR), mm	07/11/2022
	Peso seco radical (PSR), g	14/11/2022 - 16/11/2022
	Superficie radical, cm <sup>2</sup>	10/11/2022
	Longitud radical, cm	10/11/2022
	Diámetro medio, cm	10/11/2022
	N ° de puntas	10/11/2022
	Índice de Fibrosidad	10/11/2022
<b>Parte aérea y radical</b>	Índice de Dickson	14/11/2022 - 16/11/2022
<b>Atributos de crecimiento</b>	Crecimiento altura, cm/mes	22/06/2022
		18/07/2022
		04/08/2022
		06/09/2022
		29/09/2022
		07/11/2022
	Crecimiento diámetro del cuello de la raíz, mm/mes	22/06/2022
		18/07/2022
		04/08/2022
		06/09/2022
		29/09/2022
		07/11/2022

La altura se mide desde la base del tallo hasta la yema apical, en una muestra de 150 plantas por grupo de Material de Base (MB), es decir 1050 plantas. El diámetro del cuello de la raíz se mide al nivel del sustrato, en 150 plantas muestreadas por MB, mediante un pie de rey digital de precisión de 10 µm. El peso seco se ha determinado en un total de 26 plantas por MB, en las distintas partes de la planta: parte aérea (tallo y hojas), parte radical y hojas. Las muestras han sido lavadas para eliminar el sustrato, secadas en estufa durante 48 horas a 65 °C, y pesadas en una balanza hasta el miligramo (precisión de error = 10mg; sensibilidad = 1 mg). El área foliar y radical, la longitud radical, el diámetro medio de las raíces y el número de puntas se han obtenido mediante el Sistema de análisis de imagen WinRHIZO ©, el cual emplea escáneres ópticos para adquirir imágenes (ver Anexo III, Imagen 7). Con un tamaño de muestra de un total de 5 plantas por Material de Base. Para la caracterización de los estados ontogénicos, sobre una muestra de 150 plantas por MB, se ha empleado el siguiente esquema de Prieto (2011):

## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

**Figura 1.** Esquema de los diferentes estados ontogénicos para *Pinus halepensis*. Fuente: Prieto González, 2011.



Correspondiendo con:

- 0: Germinación y estado cotiledonario.
- 1: Emergencia de acículas primarias del epicótilo dispuestas en roseta.
- 2: Elongación del epicótilo.
- 3: Formación de yemas axilares.
- 4: Formación de ramas o elongación de las yemas axilares.
- 5: Formación y elongación de yemas axilares secundarias.
- 6: Aparición de acículas verdaderas.

Mediante los anteriores atributos morfológicos se han obtenido:

- El Índice de Esbeltez ( $H/DCR$ ),
- el cociente entre peso seco aéreo y radical ( $PSA/PSR$ ),
- el área foliar específica ( $SLA = \text{Área foliar}/PSF$ ),
- el volumen del tallo ( $(\pi \cdot DCR^2/4) \cdot H/3$ ),
- el Índice de Dickson ( $QI = PST / (H/DCR + (PSA/PSR))$ )
- y el Índice de Fibrosidad, mediante el cociente entre el número de raíces inferiores a 1 mm y el número de raíces totales.

Los atributos de crecimiento, el crecimiento mensual en altura y diámetro del cuello de la raíz, se han determinado mediante mediciones mensuales de altura y DCR de 1050 plantas.

## 4. FASE DE PUESTA EN OBRA Y REPOBLACIÓN

Las alternativas en la fase de campo se centran en establecer qué condiciones de estación son representativas para probar la respuesta en campo de las diferentes procedencias y semillas cualificadas seleccionadas. Dado que el contexto geográfico es la provincia de Valencia, se ha elegido un gradiente altitudinal, que a su vez también representa un gradiente de continentalidad, que es el predominante en la citada geografía. Se seleccionaron así tres repoblaciones que la Generalitat Valenciana estaba ejecutando de forma tradicional en la campaña 2022/2023 en tres municipios de la provincia de Valencia: Andilla, Cortes de Pallás y Pedralba.

### 4.1. Caracterización de las parcelas

#### 4.1.1. Ubicación

En la comarca de Los Serranos se encuentra la parcela de Pedralba con una superficie de 1,96 ha (Figura 2), ubicada en el noroeste del término municipal ( $39^{\circ}34'17.0''N - 0^{\circ}45'21.5''W$ ), a una altitud media de 294 m s. n. m., en el piso Termomediterráneo. Pertenece al Monte de Utilidad Pública La Serratilla

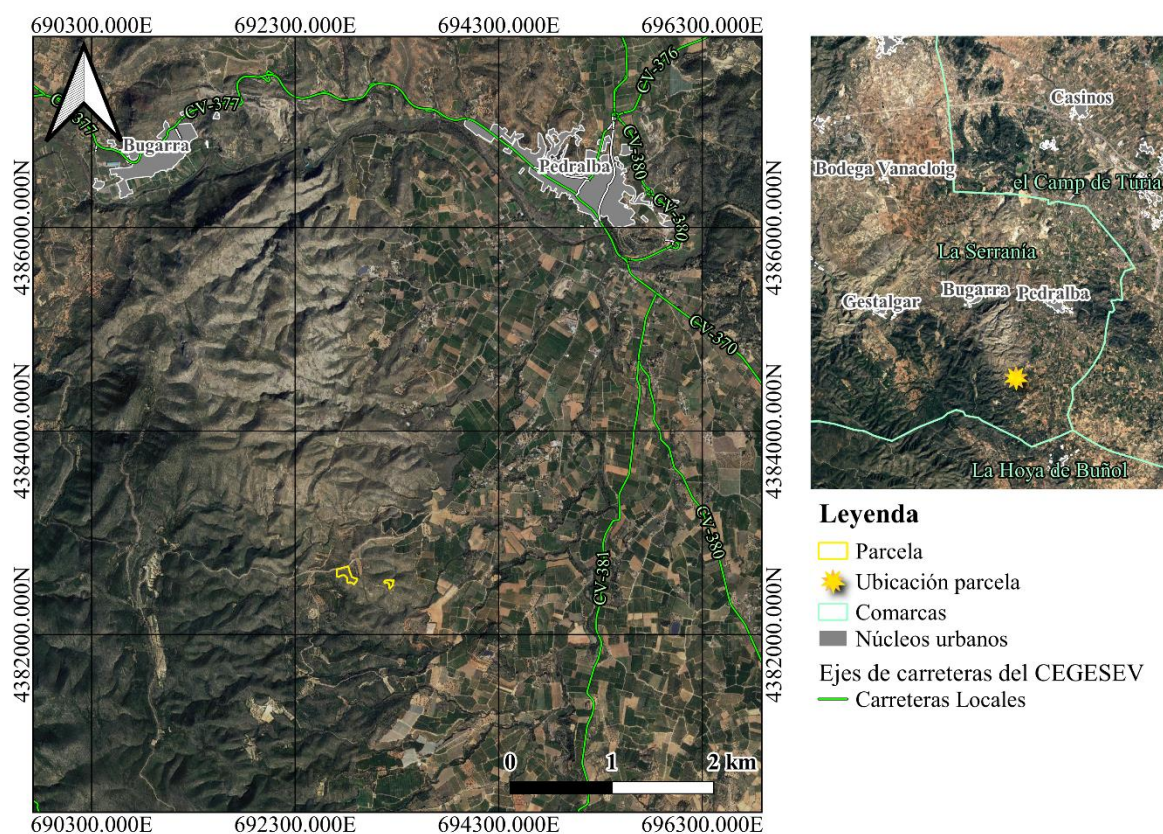
## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

(V089) dentro de la demarcación forestal de Lliria. En la misma comarca se ubica la parcela de Andilla con un total de 2,03 ha (Figura 4), ubicada al este del municipio (39°50'13.7"N – 0°46'39.4"W) en el M.U.P Peñaparda (V109), dentro de la demarcación forestal de Chelva y a una altitud de 1261 m s. n. m. (piso Supramediterráneo).

La parcela de Cortes de Pallás con 2,47 ha (Figura 3) se encuentra en la comarca del Valle de Ayora-Cofrentes, ubicado en el sureste del municipio con coordenadas 39°15'46.9"N – 0°52'26.3"W, dentro de la demarcación forestal de Enguera, en el M.U.P. Baronía de Otonel, a una altitud de 677 m s. n. m. (piso Mesomediterráneo).

En el Anexo II, se muestran los mapas de ubicación con mayor detalle (Mapa 1, 2, 3 y 4).

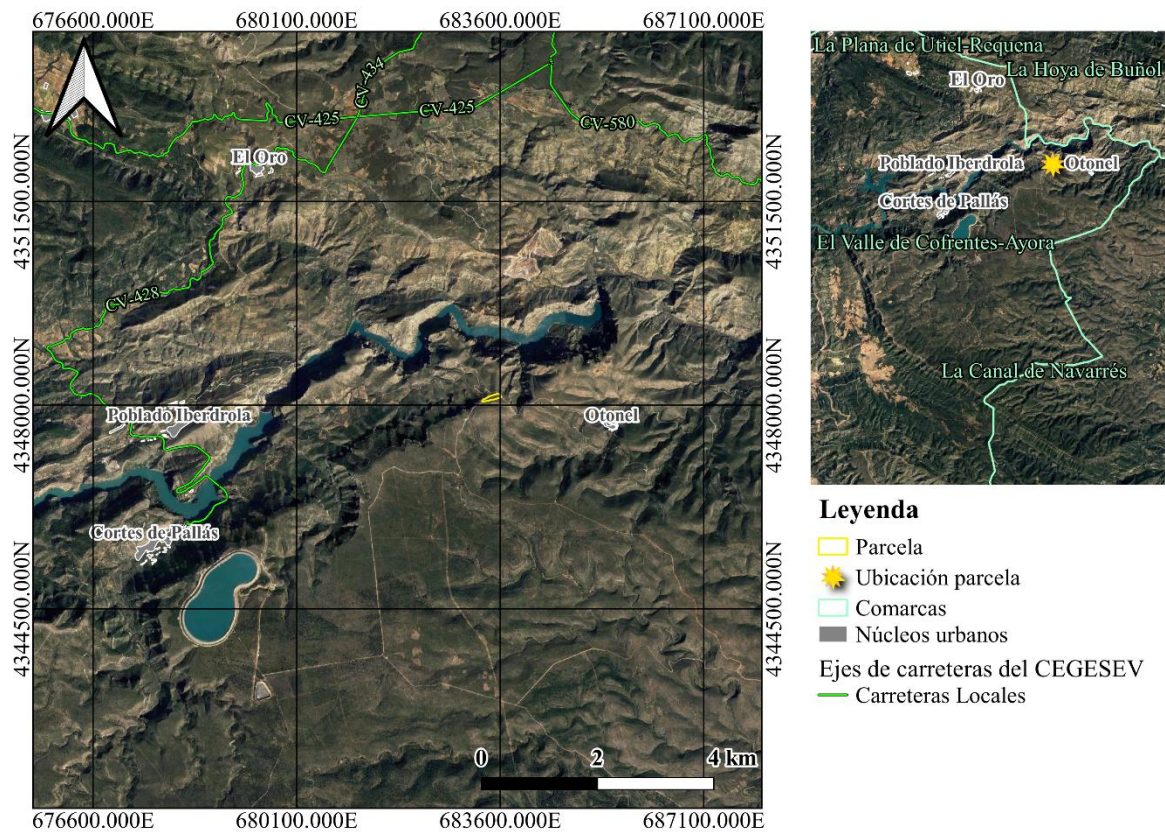
**Figura 2.** Mapa de ubicación de las parcelas de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: CNIG.



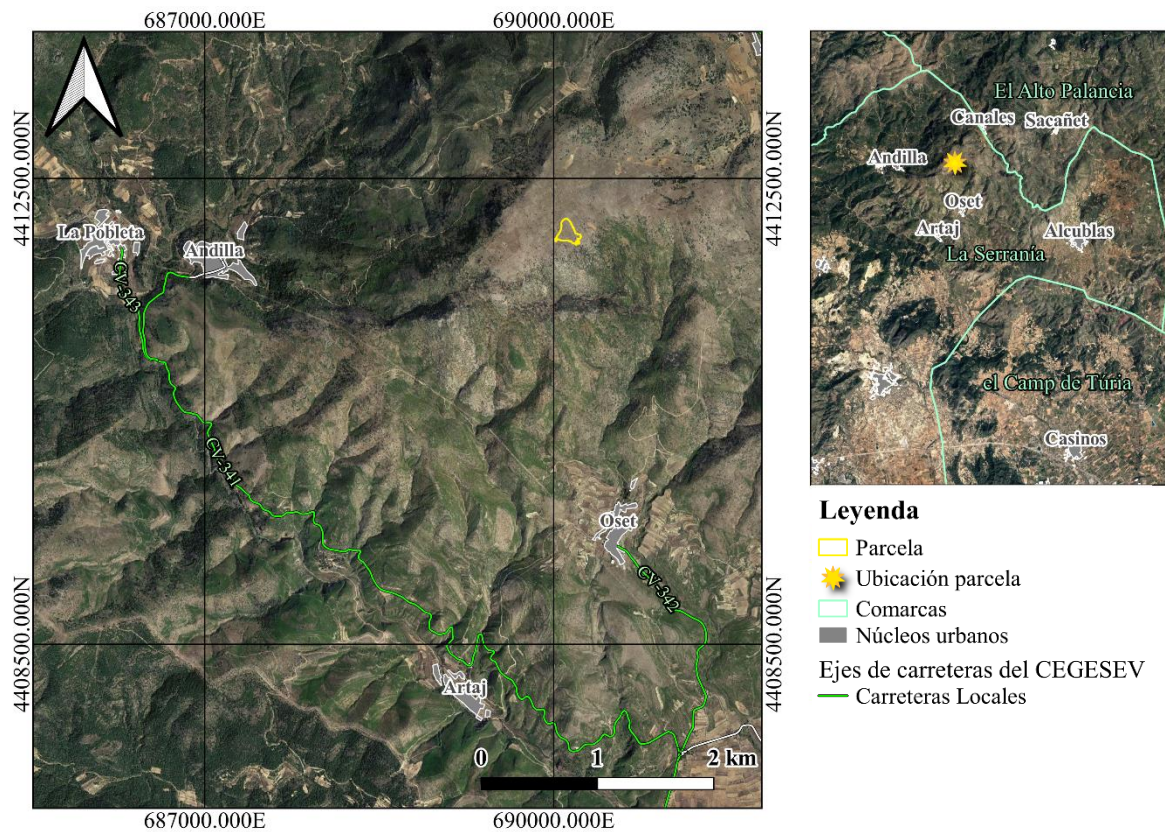


**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Figura 3.** Mapa de ubicación de las parcelas de Cortes de Pallás. *Elaboración propia. Fuente: CNIG.*



**Figura 4.** Mapa de ubicación de las parcelas de Andilla. *Elaboración propia. Fuente: CNIG.*



## **Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

### **4.1.2. Evolución histórica de la cobertura vegetal**

Los términos municipales de las parcelas seleccionadas se caracterizan, debido a su alto historial de incendios forestales, por una vegetación actual es el resultado de la regeneración del matorral típico mediterráneo, donde dominan especies como el romero (*Rosmarinus officinalis* L.) la aliaga (*Ulex parviflorus* Pourret) y la coscoja (*Quercus coccifera* L.).

Desde 1990 hasta la actualidad se han producido:

- En Pedralba, 56 incendios forestales, con un área total quemada de 130,76 ha. La causa del 55% de la superficie quemada se debe a la categoría de otras negligencias.
- En Cortes de Pallás, 67 incendios forestales, con una superficie total quemada de 29.229,57 ha, representando el incendio del 2012 un 95,6% del total, causado por operaciones con maquinaria.
- En Andilla, 50 incendios forestales, con una superficie total quemada de 389.949,40 ha. La mayoría causados por rayos (74%), pero representando solo un 18% de la superficie quemada, estando clasificada la causa del 81,5% de la superficie total quemada en otras negligencias, siendo la mayoría debido al incendio del 2012.

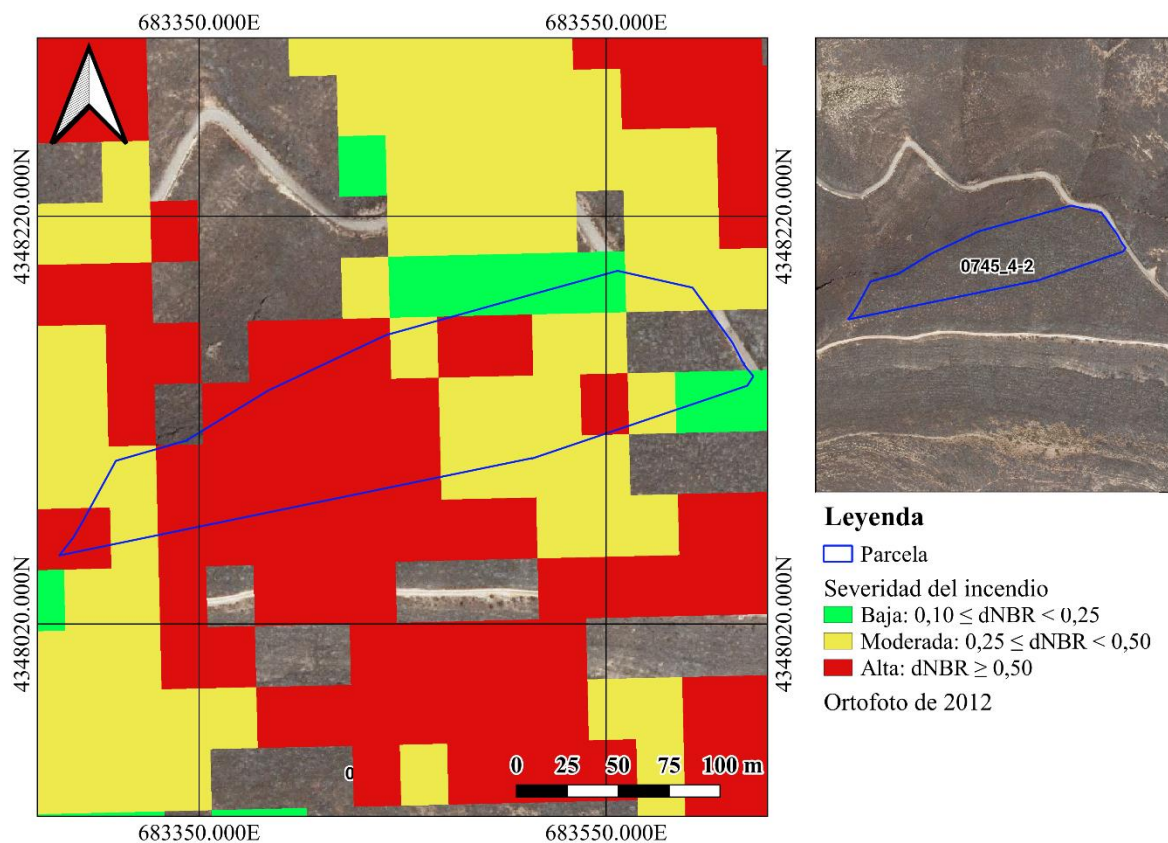
Como resultado, se tratan de zonas de matorral denso con una combinación de especies muy inflamables en verano y durante todo el año.

La parcela oeste de Pedralba estaba compuesta en 1956 por vegetación arbolada, mientras que la zona este correspondía con parcelas de cultivo, que fueron invadidas por especies forestales en el periodo comprendido entre 1956 y 2000 (ver Anexo III, Imagen 19). Desde 1956 hasta la actualidad, la superficie arbolada ha sido remplazada por matorral, como se puede ver en la ortofoto del 2022 (ver Anexo III, Imagen 20), posiblemente como resultado de la recurrencia de incendios o a las condiciones de aridez. Similar a la situación de Pedralba se encuentra la parcela de Cortes de Pallás, cuya superficie arborea disminuyó significativamente a partir de 1956 (ver Anexo III, Imagen 21 y 22). Además, en 2012, la parcela se vio afectada en el incendio que tuvo lugar en junio, con una severidad entre media y alta, eliminando toda vegetación arbórea (ver Figura 5).

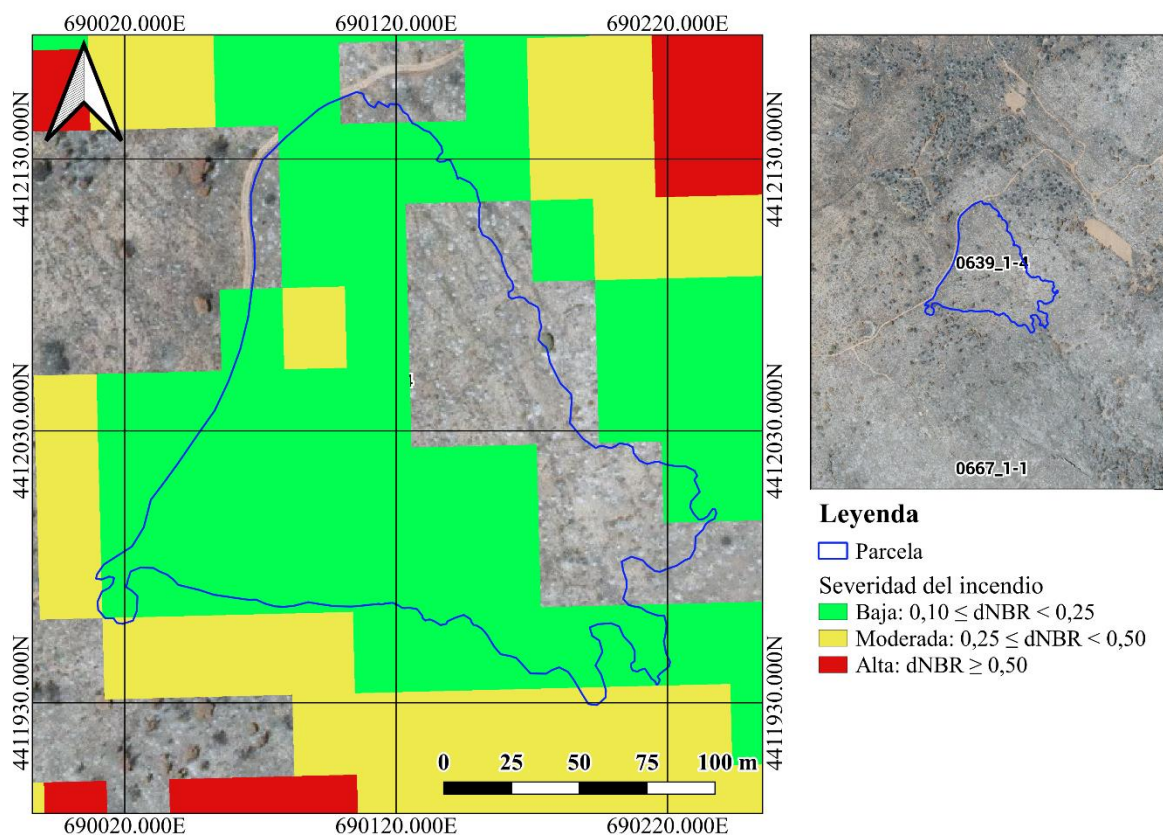
A diferencia de las parcelas previas, la parcela de Andilla ha presentado desde 1956 una estructura propia de monte desarbolado, con una presencia escasa de árboles (ver Anexo III, Imagen 23). A pesar de ello, esta parcela también fue afectada por el Gran Incendio Forestal de junio del 2012 (ver Figura 6), aunque con una severidad baja debido a la naturaleza previa de la vegetación.

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Figura 5.** Severidad del incendio de junio del 2012 en la parcela de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: Pérez-Romero et al., 2022.



**Figura 6.** Severidad del incendio de junio del 2012 en la parcela de Andilla. Elaboración propia. Fuente: Pérez-Romero et al., 2022.



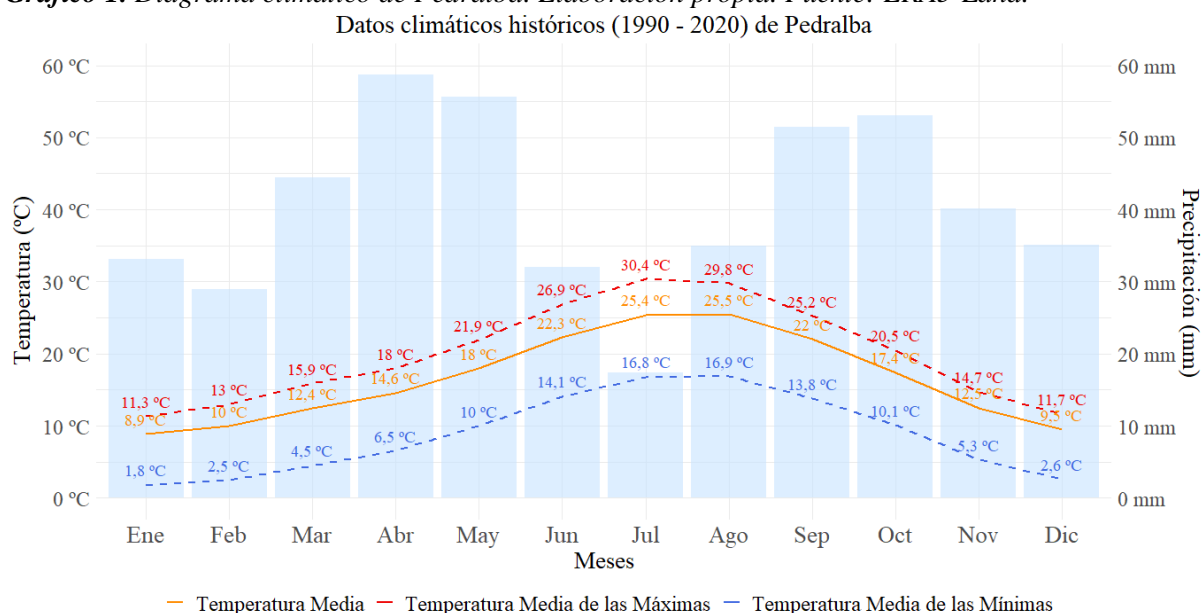
## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

### 4.1.3. Climatología

Para esta sección, se ha utilizado el conjunto de datos de ERA5-Land, el cual se deriva del componente terrestre del reanálisis climático ERA5 desarrollado por el Centro Europeo para Predicciones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF). ERA5-Land combina información de modelos climáticos con registros de estaciones meteorológicas de alcance global. Estos datos se presentan en forma de agregados diarios y están disponibles desde el año 1950 hasta tres meses antes de la fecha actual, con una resolución espacial de 11 kilómetros. La serie climática utilizada abarca desde 1990 hasta 2020.

En cuanto a la precipitación, Pedralba presenta una media anual de 485 mm, estas se distribuyen de forma irregular a lo largo de todo el año, siendo más intensas en los meses de abril, mayo, septiembre y octubre. El mes donde se observan los valores más bajos es julio, con una media de 17,4 mm. La temperatura media anual es de 16,5 °C. Los veranos son calurosos, alcanzando, como se puede observar en el Gráfico 1, temperaturas máximas medias más altas de 30,4°C, y los inviernos son moderados, llegando a temperaturas mínimas medias más bajas de 8,9°C.

**Gráfico 1.** Diagrama climático de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: ERA5-Land.

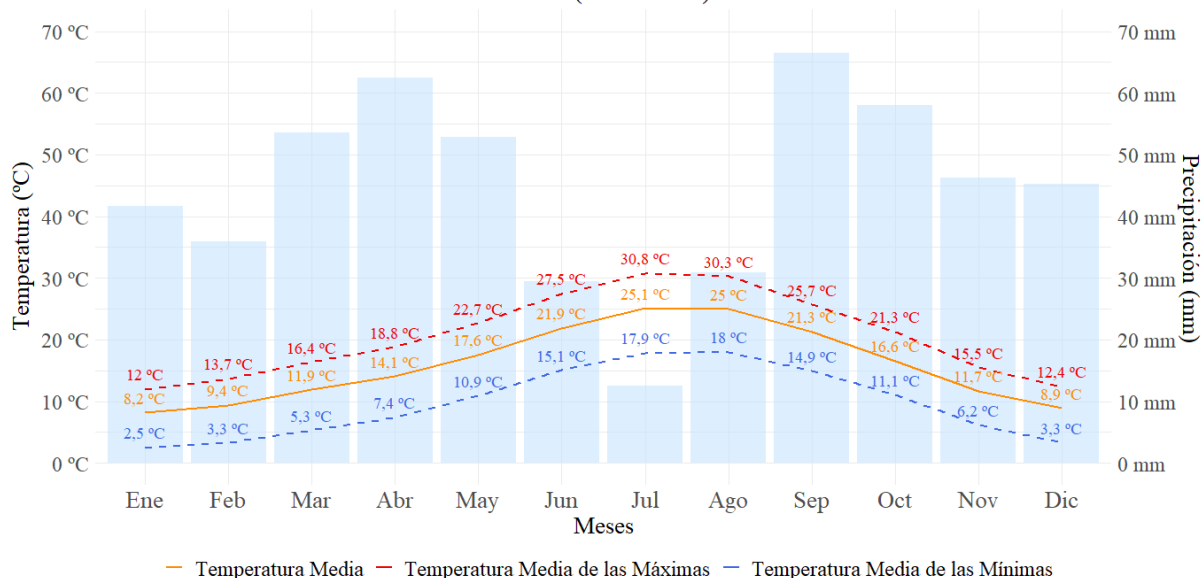


El clima de Cortes de Pallás es típicamente mediterráneo subárido con veranos secos y cálidos, mayormente despejados; los inviernos son largos, fríos, ventosos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura media generalmente varía de 8,2 °C a 25,1 °C, siendo la media anual de 16 °C. Presenta una precipitación media anual de 534,9 mm, siendo julio el mes más seco con 12,5 mm, coincidiendo con las temperaturas máximas medias más elevadas (30,8 °C). Las temperaturas medias de las mínimas más bajas tienen lugar en enero (3,3 °C).

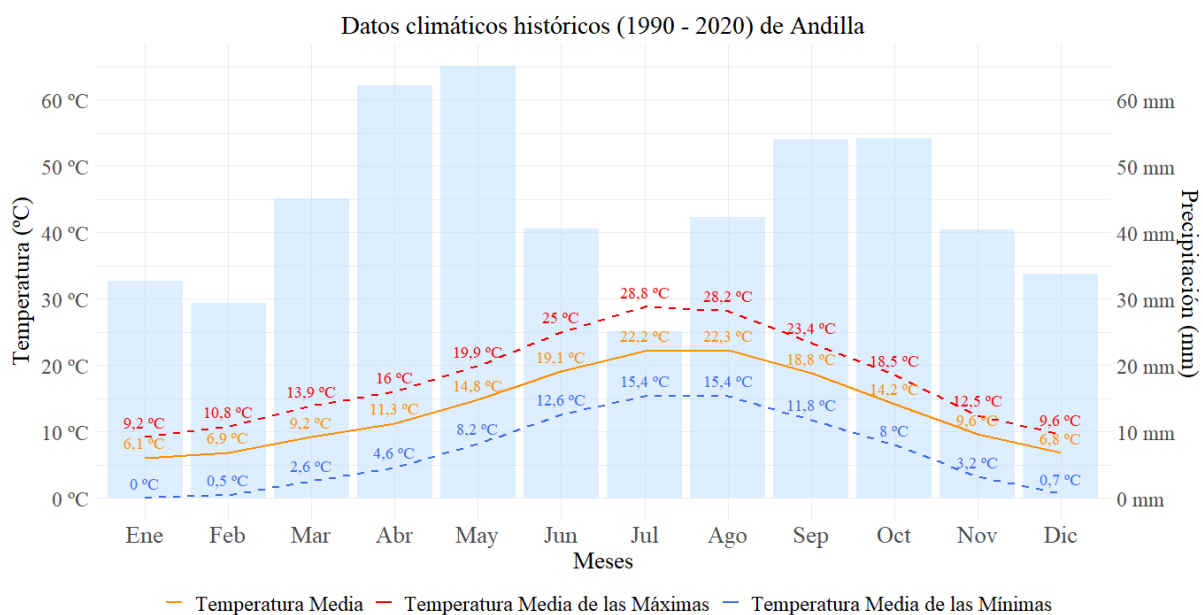
Andilla presenta una precipitación media anual de 524,6 mm, y al igual que en los anteriores casos, julio es el mes más seco con una media de 25,1 mm, mientras que las épocas de mayores lluvias son, en general, primavera y otoño, en concreto los meses de abril, mayo, septiembre y octubre. La temperatura media anual es de 13,4 °C. Como se puede ver en el Gráfico 3, la temperatura media más elevada es de 22,3 °C en el mes agosto. Las temperaturas medias de las mínimas más bajas tienen lugar en enero, con 0°C.

## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

**Gráfico 2.** Diagrama climático de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: ERA5-Land.  
 Datos climáticos históricos (1990 - 2020) de Cortes de Pallás



**Gráfico 3.** Diagrama climático de Andilla. Elaboración propia. Fuente: ERA5-Land.

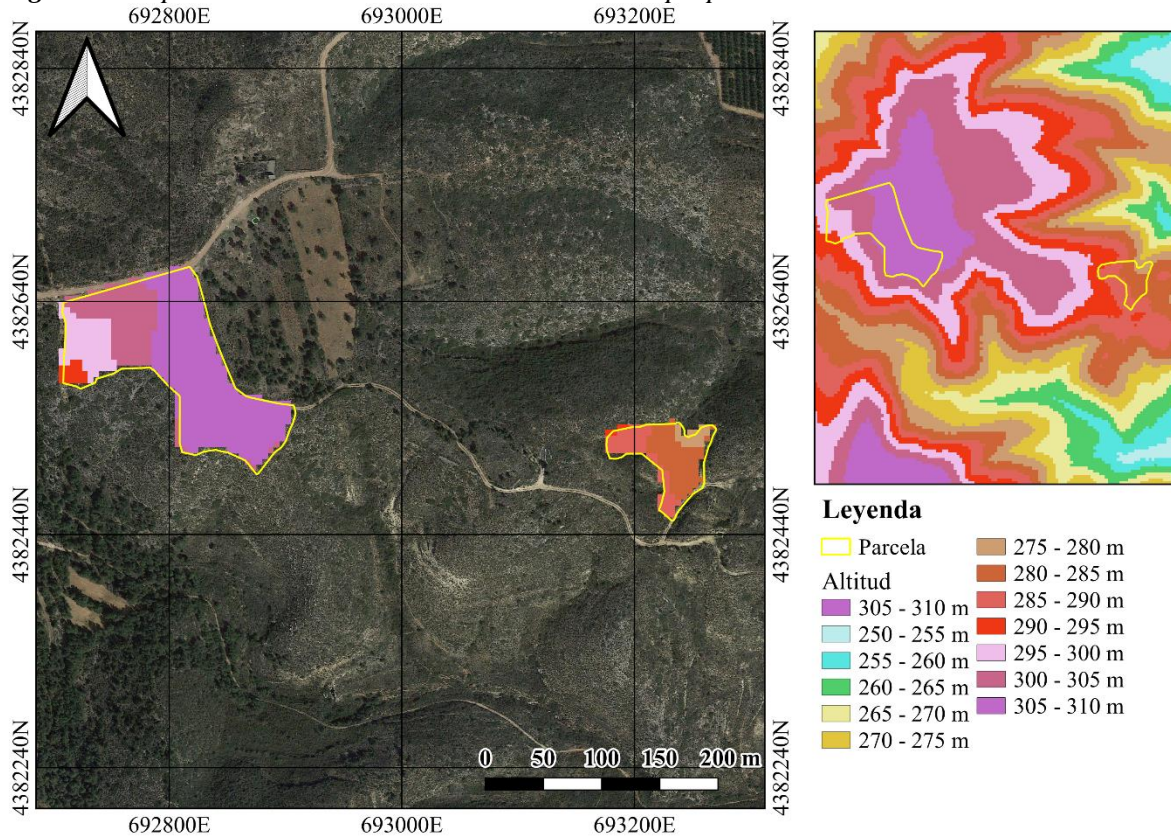


### 4.1.4. Geomorfología

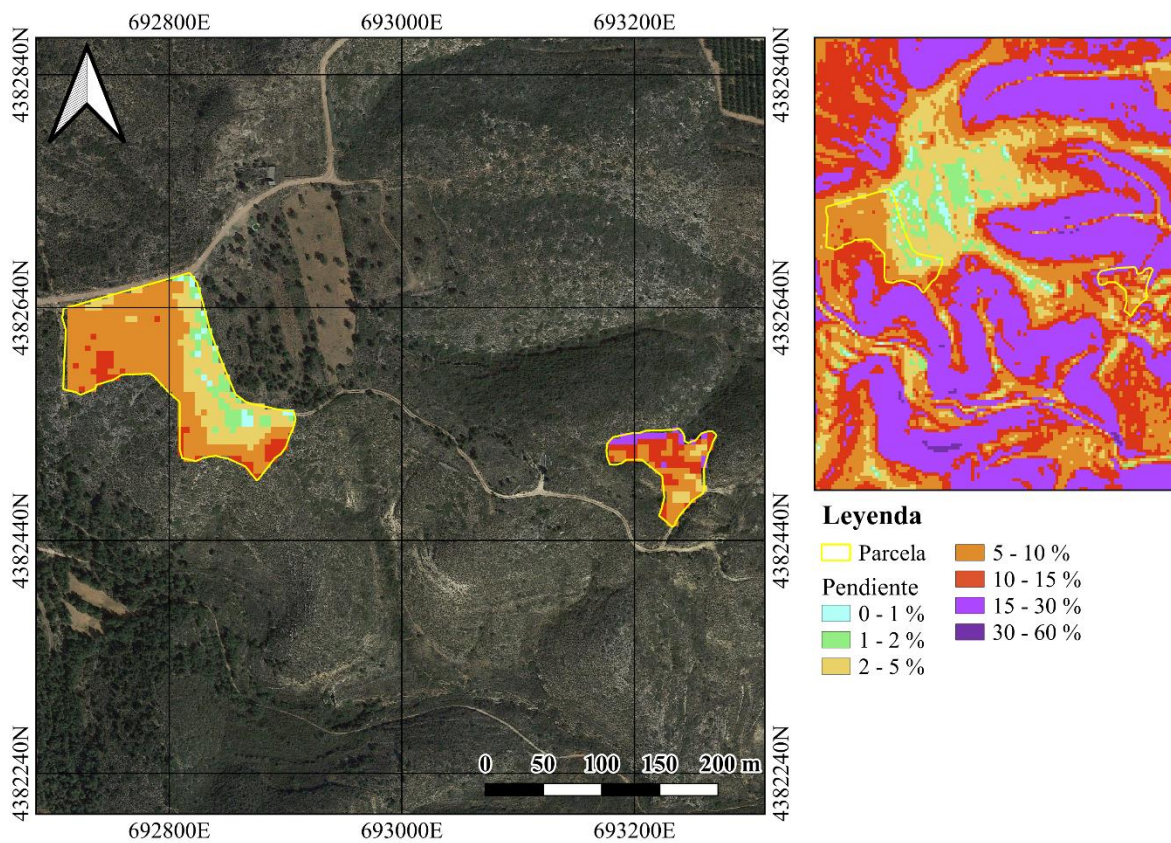
Las parcelas de Pedralba se encuentran a una altitud comprendida entre 278,60 – 309,31 m s. n. m. (Figura 7), con una pendiente que varía entre los 0,51% y los 37,69% (Figura 8). Se trata de un terreno colinado con orientación predominantemente sur en la parcela oeste, y orientación noroeste en la parcela este (Figura 9). La parcela ubicada en Cortes de Pallás presenta una elevación comprendida entre 659,10 – 694,88 m s. n. m. (Figura 10), con una pendiente comprendida entre los 10,53% y los 43,86% (Figura 11). Se trata de un terreno fuertemente ondulado con orientación norte (Figura 12). La parcela de Andilla se ubica entre los 1246,16 y los 1275,33 m s. n. m. (Figura 13). Se trata de un terreno colinado con pendientes comprendidas entre los 0,82% y los 22,12% (Figura 14), con orientación predominante norte y noroeste (Figura 15).

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Figura 7.** Mapa de elevación de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: CNIG.

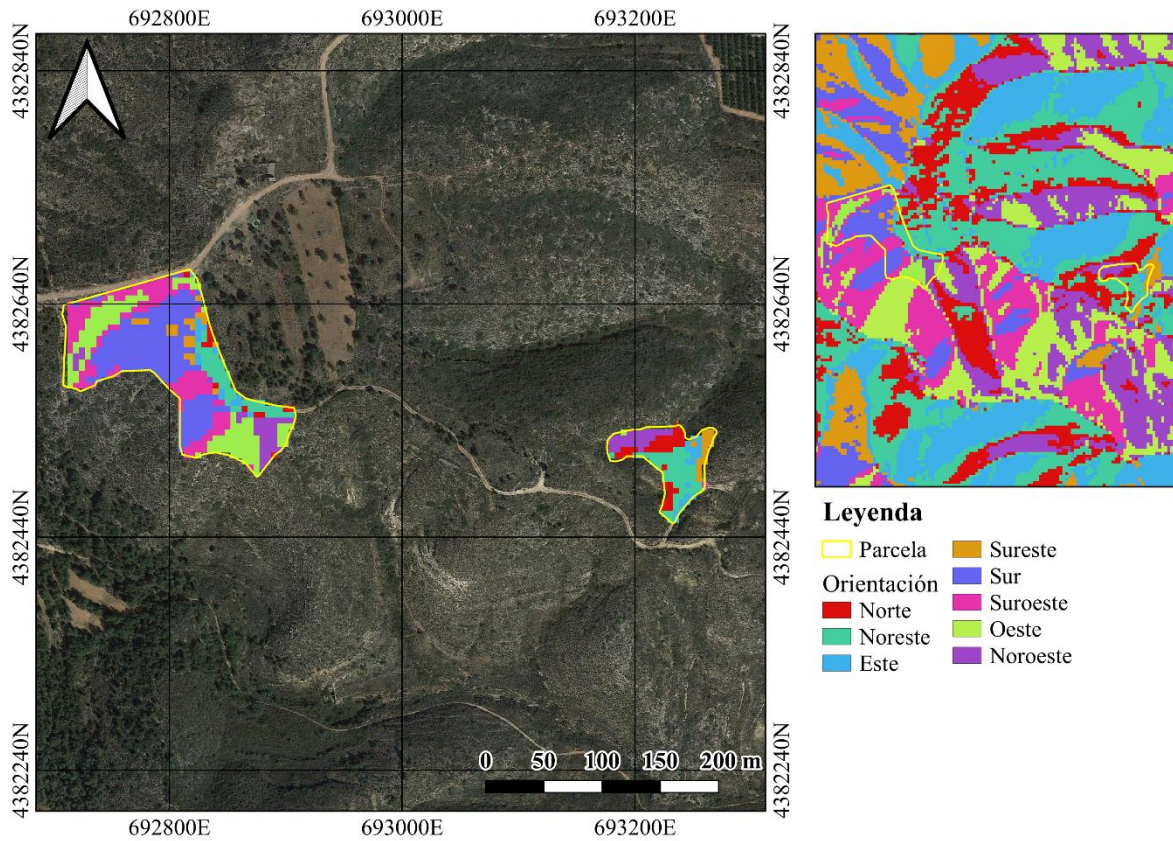


**Figura 8.** Mapa de pendientes de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: CNIG.

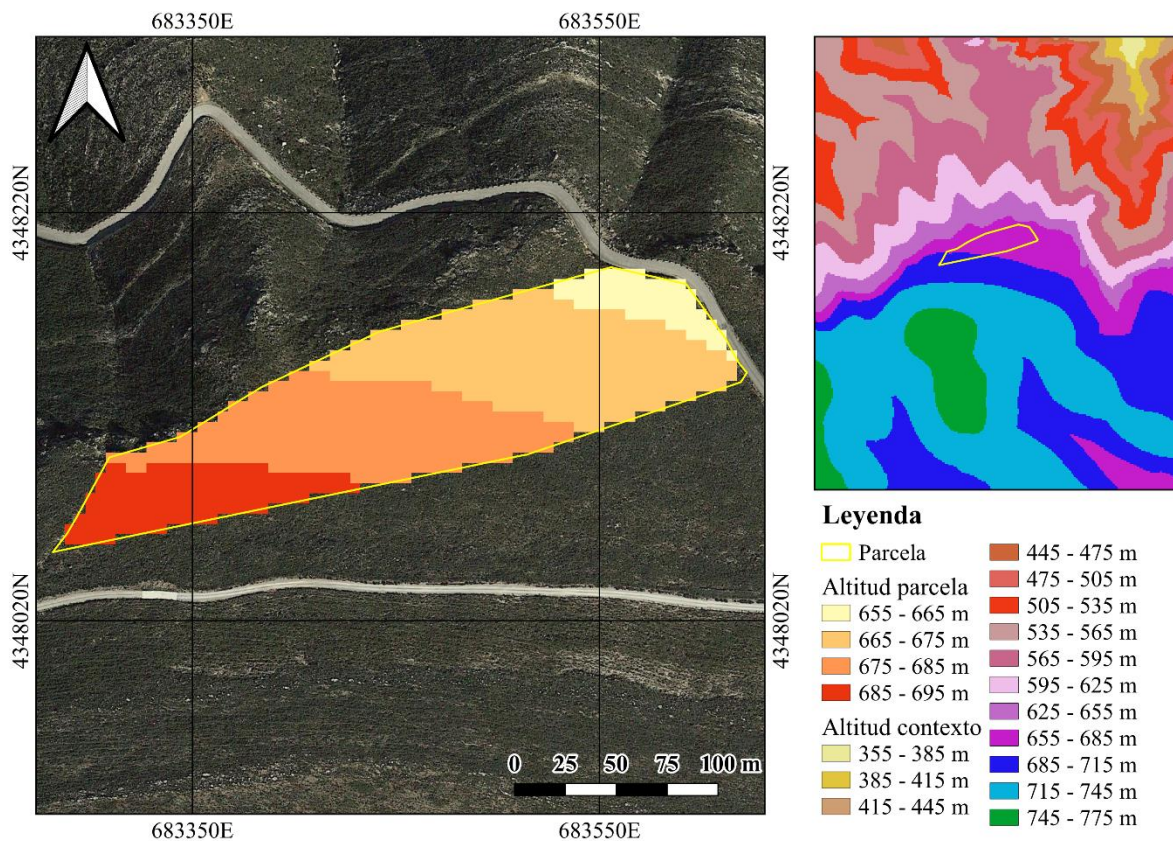


**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Figura 9.** Mapa de orientación de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: CNIG.

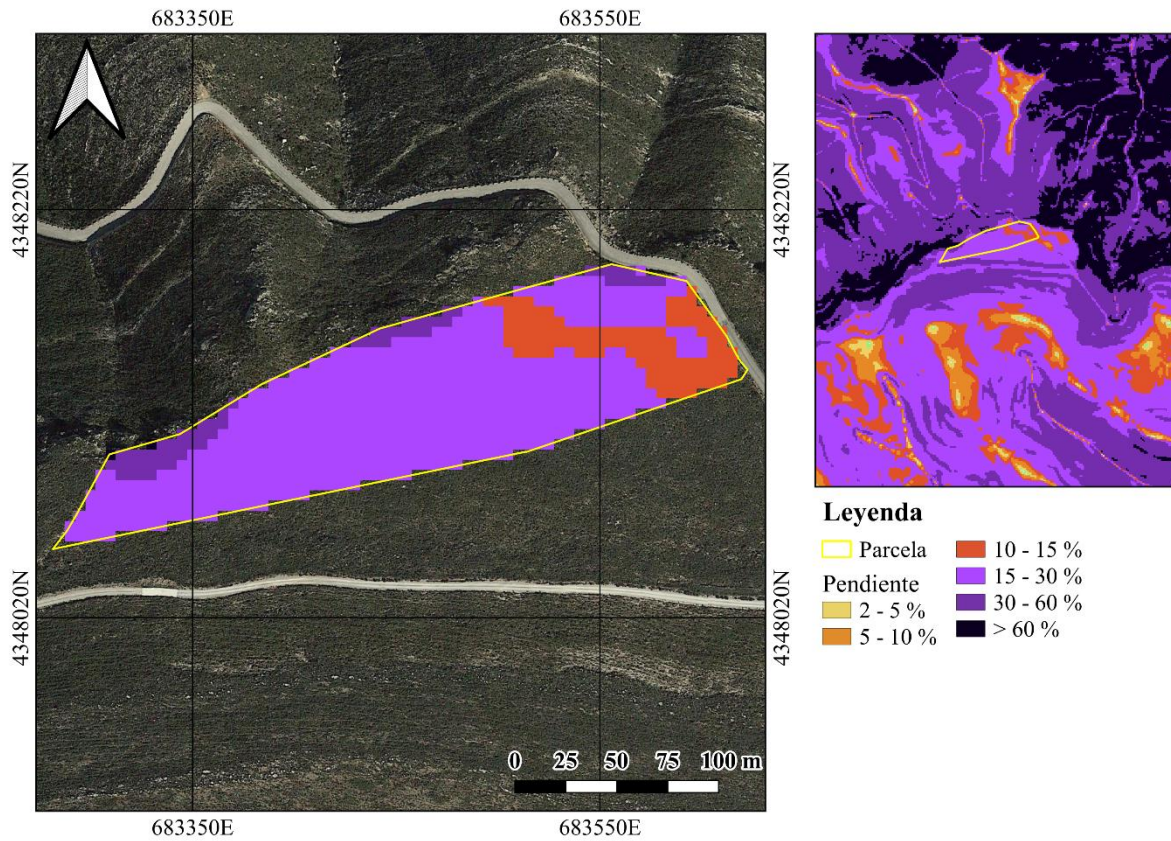


**Figura 10.** Mapa de elevación de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: CNIG.

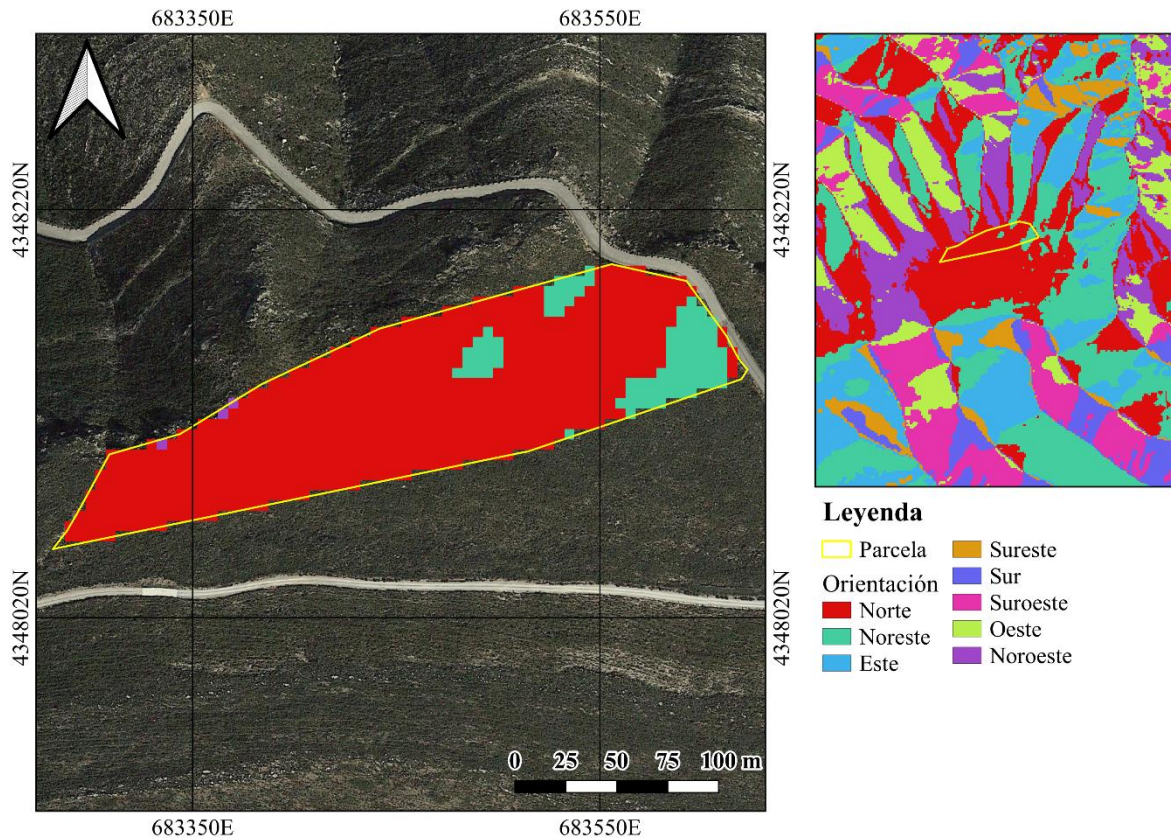


**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Figura 11.** Mapa de pendientes de Cortes de Pallás. *Elaboración propia. Fuente: CNIG.*



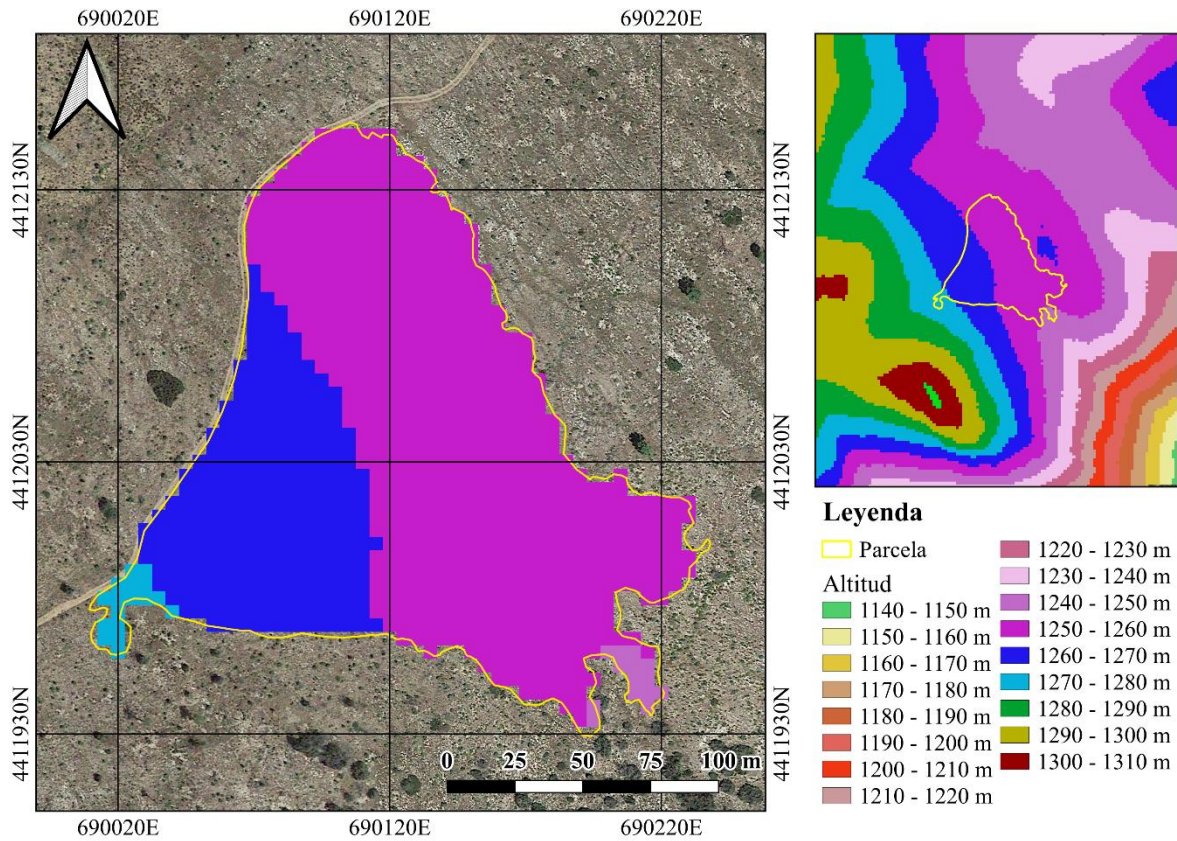
**Figura 12.** Mapa de orientación de Cortes de Pallás. *Elaboración propia. Fuente: CNIG.*



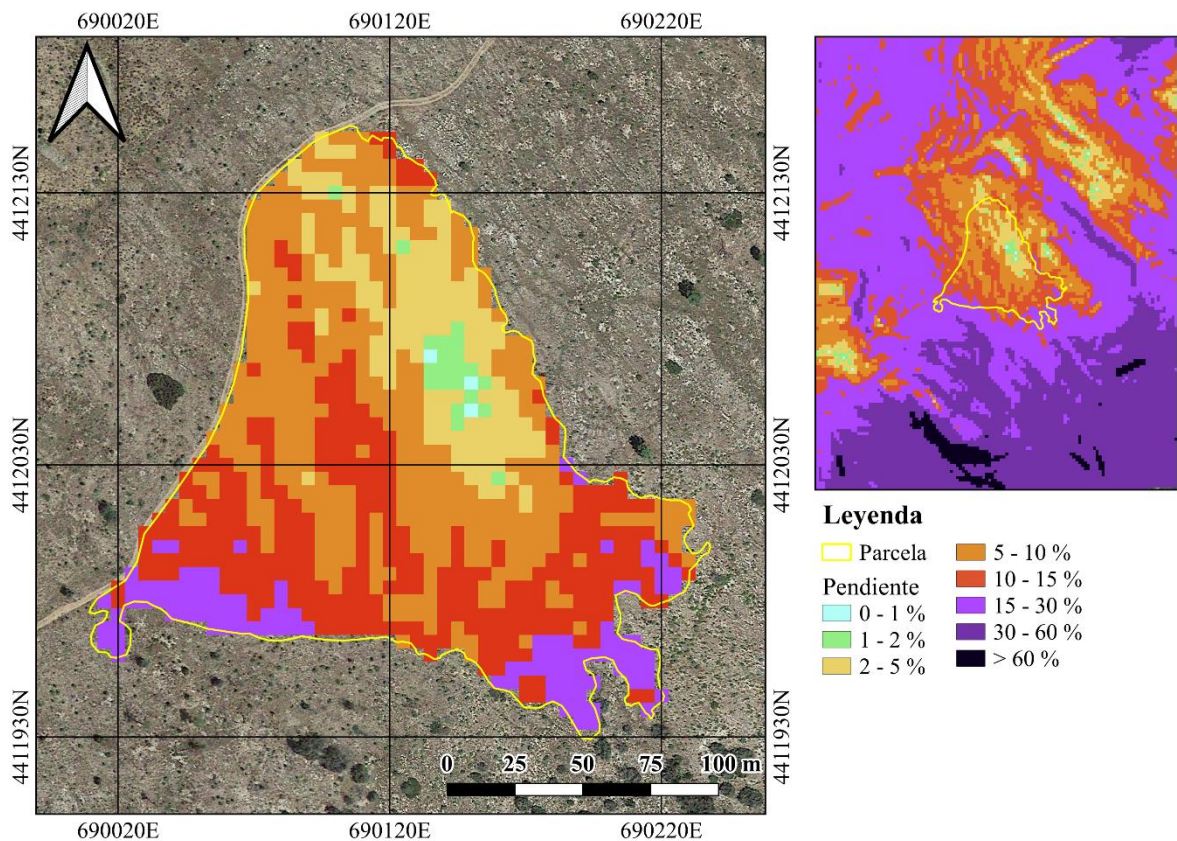


**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Figura 13.** Mapa de elevación de Andilla. Elaboración propia. Fuente: CNIG.

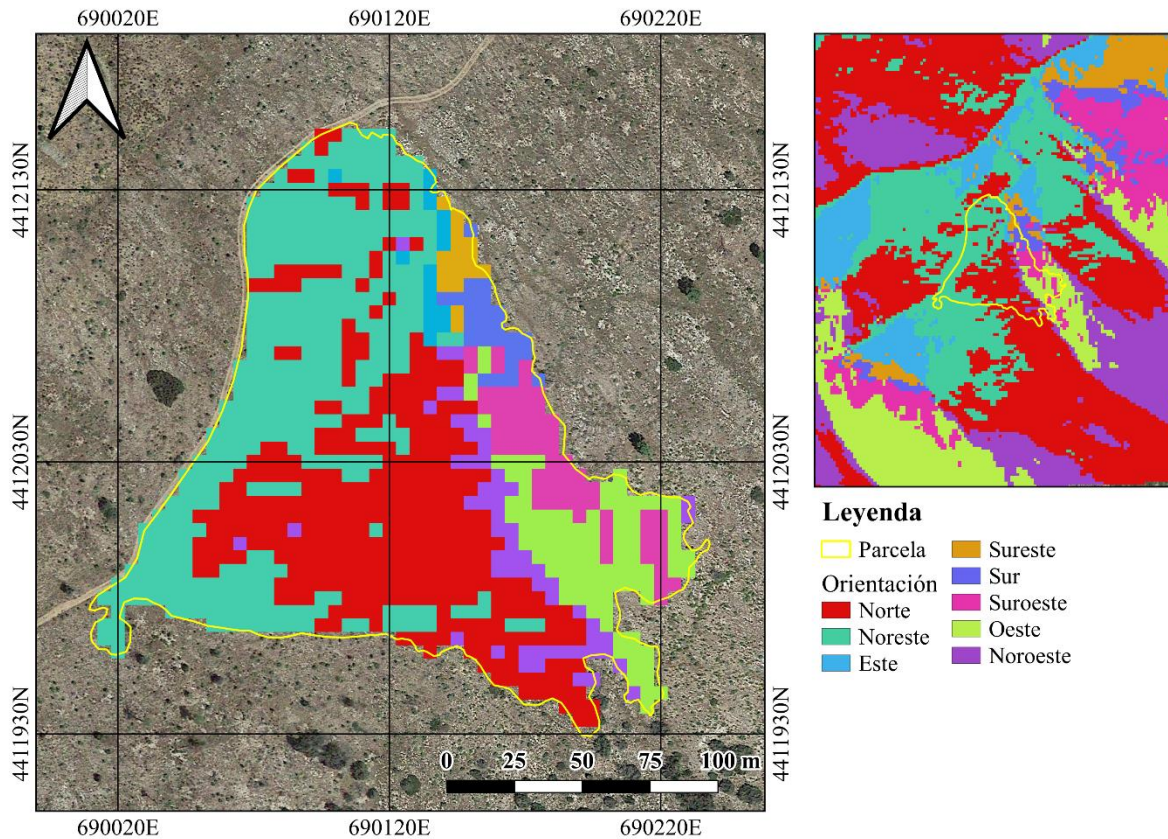


**Figura 14.** Mapa de pendientes de Andilla. Elaboración propia. Fuente: CNIG.



## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

Figura 15. Mapa de orientación de Andilla. Elaboración propia. Fuente: CNIG.

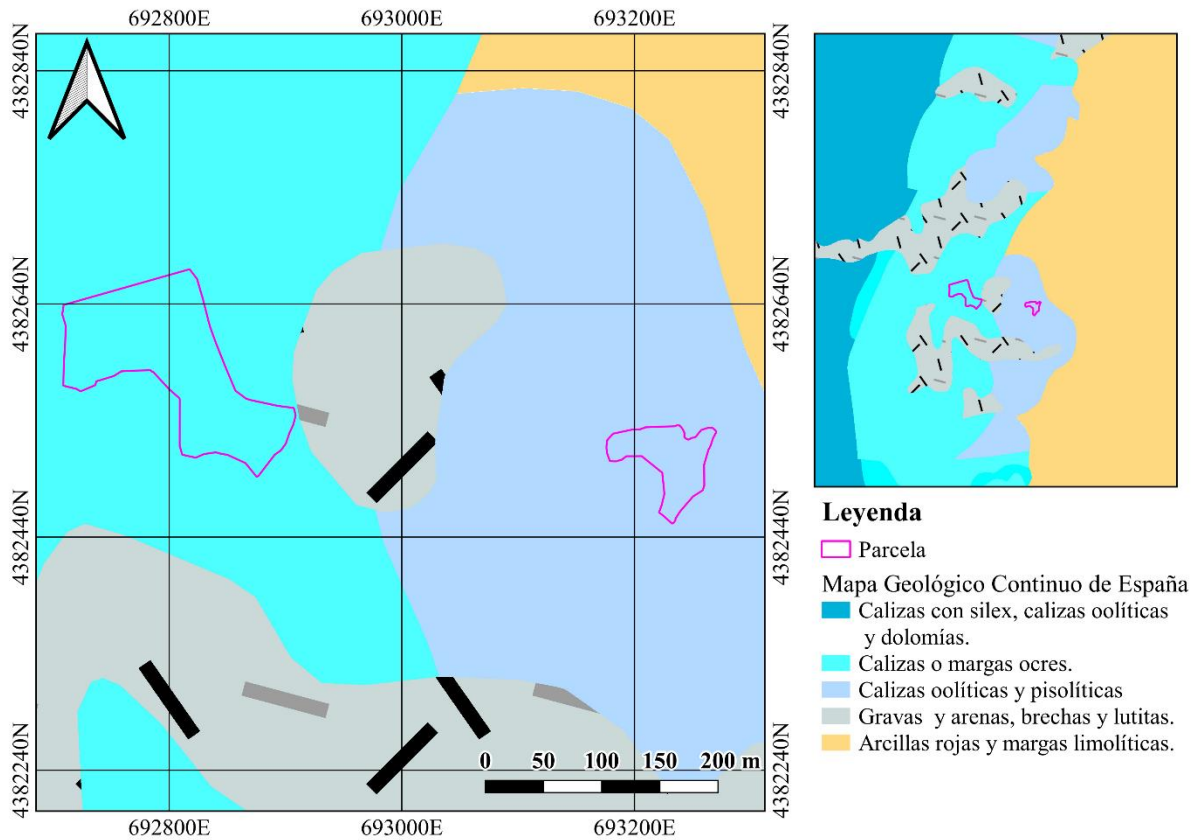


### 4.1.5. Geología

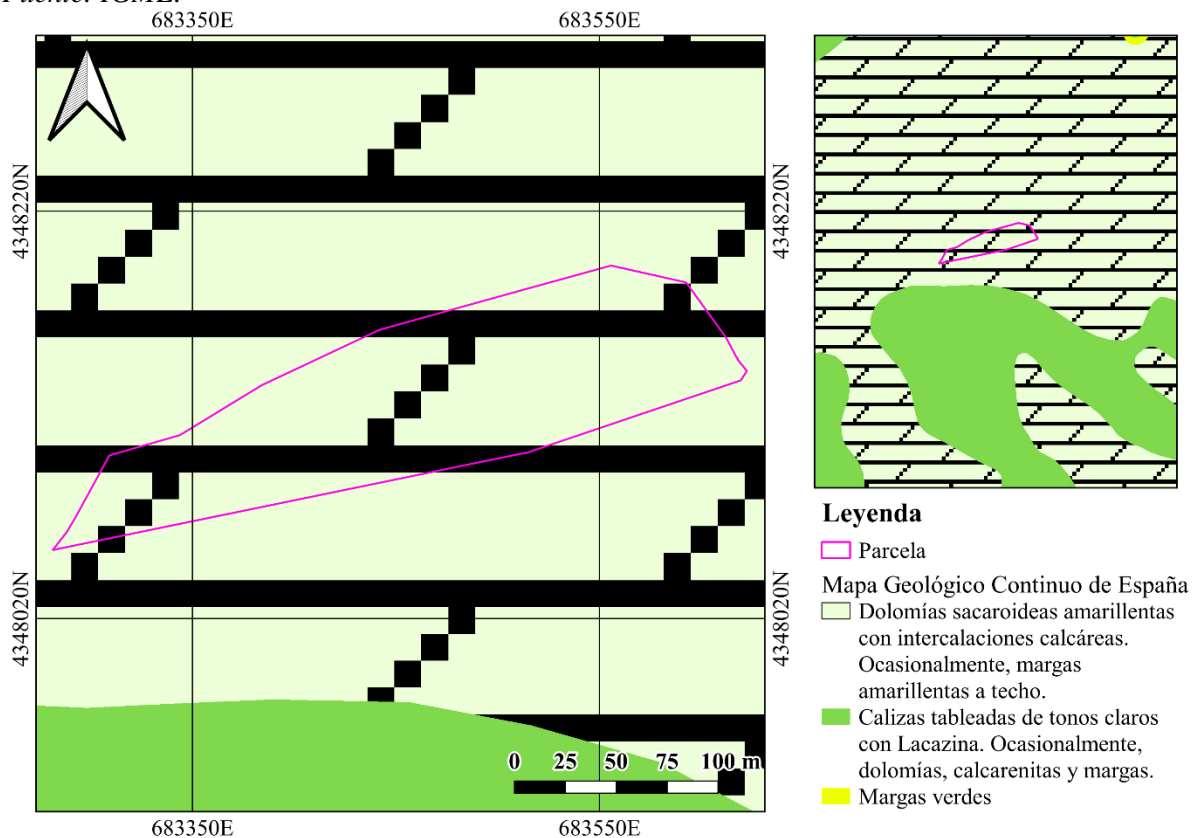
El suelo de Pedralba, en la parcela oeste se trata de materiales del Jurásico que consiste en calizas y margas ocreas (ver Figura 16). En la parcela este aparecen calizas oolíticas y pisolíticas del jurásico. En el caso de Cortes de Pallás, está compuesta por materiales del Cretácico, en concreto dolomías sacaroideas amarillentas con intercalaciones calcáreas y, ocasionalmente, margas amarillentas a techo (ver Figura 17). Por último, el suelo de la parcela de Andilla está formado por carnioles, dolomías, calizas, margas y calizas bioclásticas (ver Figura 18) que datan del Jurásico. Todas las parcelas presentan suelos con PH alcalino con profundidades superiores a los 50 cm.

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Figura 16.** Mapa de recintos geológicos de las parcelas de Pedralba. *Elaboración propia. Fuente: IGME.*

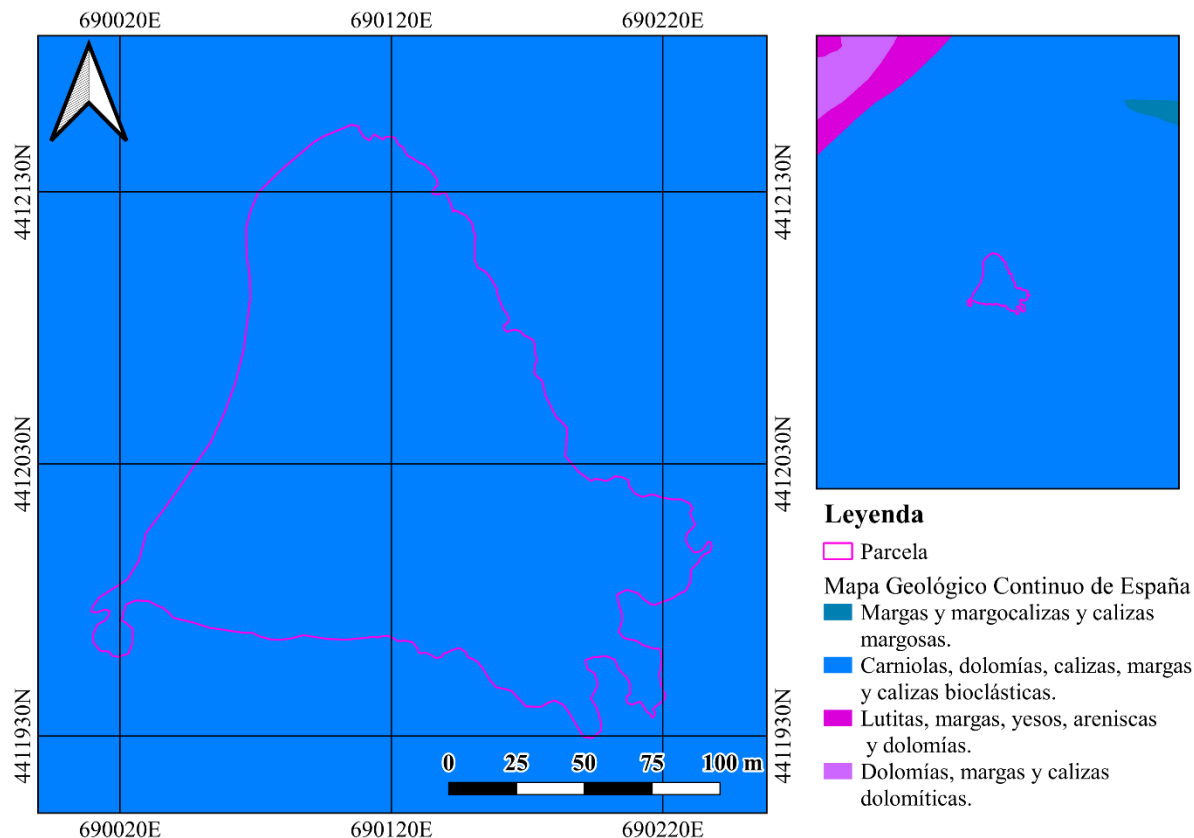


**Figura 17.** Mapa de recintos geológicos de la parcela de Cortes de Pallás. *Elaboración propia. Fuente: IGME.*



## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

Figura 18. Mapa de recintos geológicos de la parcela de Andilla. Elaboración propia. Fuente: IGME.



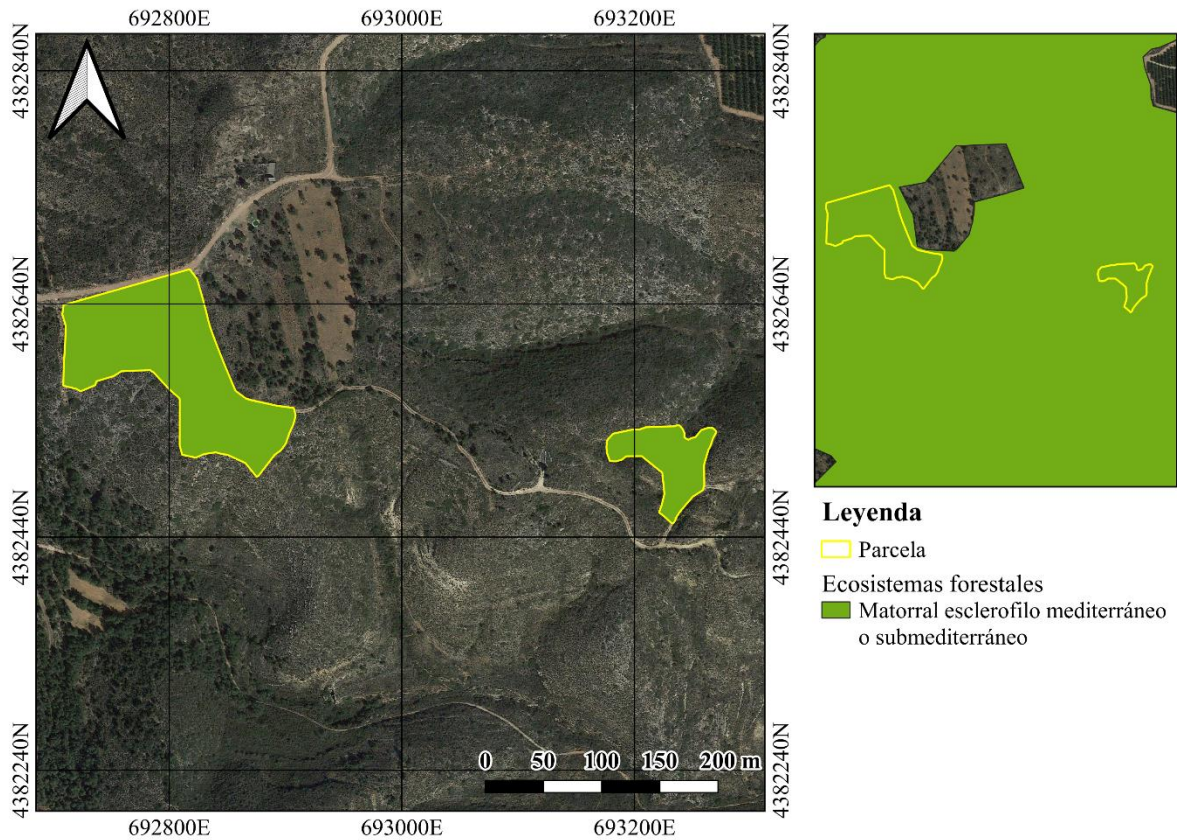
### 4.1.6. Vegetación

La descripción de la vegetación se llevó a cabo principalmente mediante la identificación de las especies presentes en las parcelas mismas. Los datos cartográficos fueron validados de acuerdo con lo que se observó en el terreno.

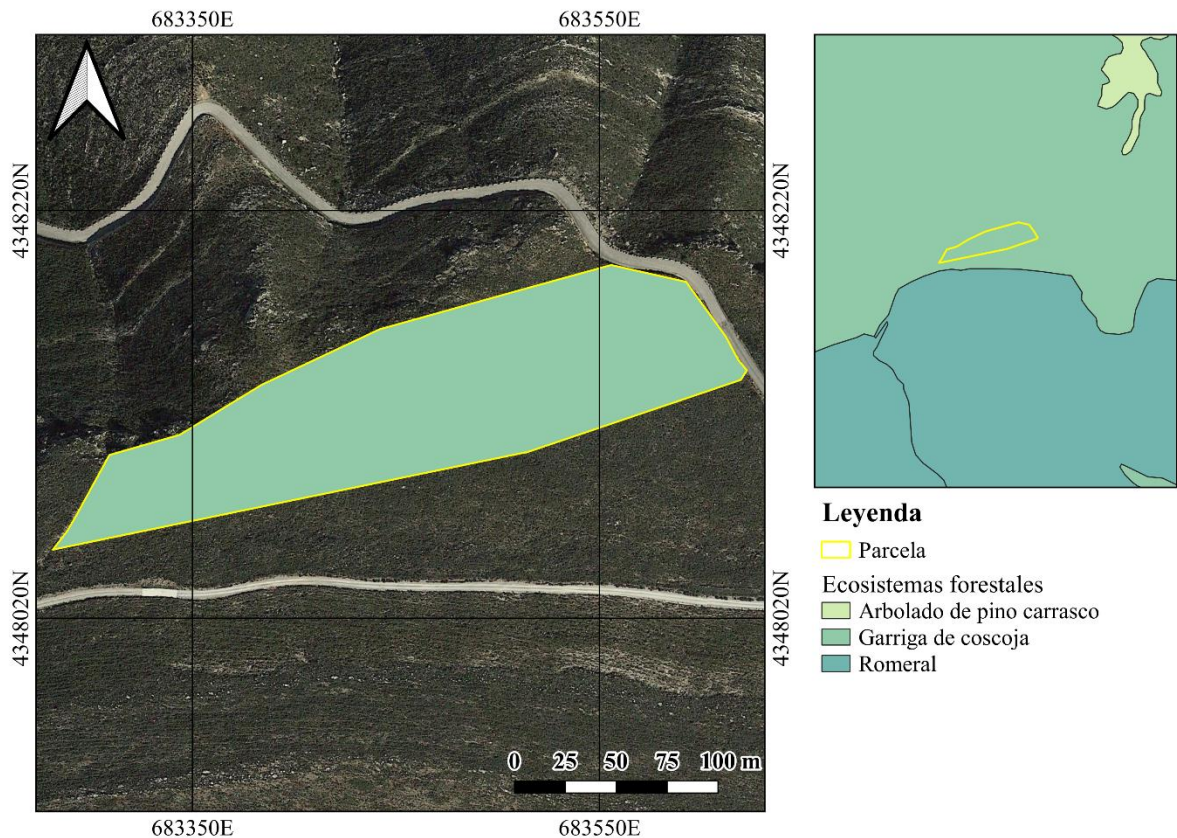
La parcela de Pedralba está compuesta por un matorral esclerófico mediterráneo o submediterráneo desarbolado (ver Figura 19), donde podemos encontrar principalmente romeros (*Rosmarinus officinalis*), enebros (*Juniperus communis*) y aliaga morisca (*Ulex parviflorus*). Además, cerca de la parcela se encuentran rodales de pino carrasco. La parcela de Cortes de Pallás presenta un coscojar desarbolado (ver Figura 20), compuesto principalmente por: romeros, coscojas (*Quercus coccifera*), enebros (*J. communis*), jaras (*Cistus albidus*), brezos (*Erica arborea*), lentisco (*Pistacea lentiscus*) y aliaga morisca. En Andilla, se trata de un matorral con enebros arborescentes (ver Figura 21). Se compone principalmente por cardos (familia *Asteraceae*), aliaga (*Genista scorpius*), coscoja, romero, tomillo (*Thymus vulgaris*), varilla de San José (*Asphodelus albus*), ajedrea (*Satureja montana*) y enebros (*Juniperus oxycedrus*). Además, como resultado de una repoblación anterior, también se pueden encontrar sabinas. Cerca de la parcela, en el estrato arbóreo destacan pies de encina (*Quercus ilex*), pino resinero (*Pinus pinaster*) y relictos de pino negral (*Pinus nigra*).

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Figura 19.** Mapa de ecosistemas forestales de la parcela de Pedralba. Elaboración propia. Fuente: ICV.

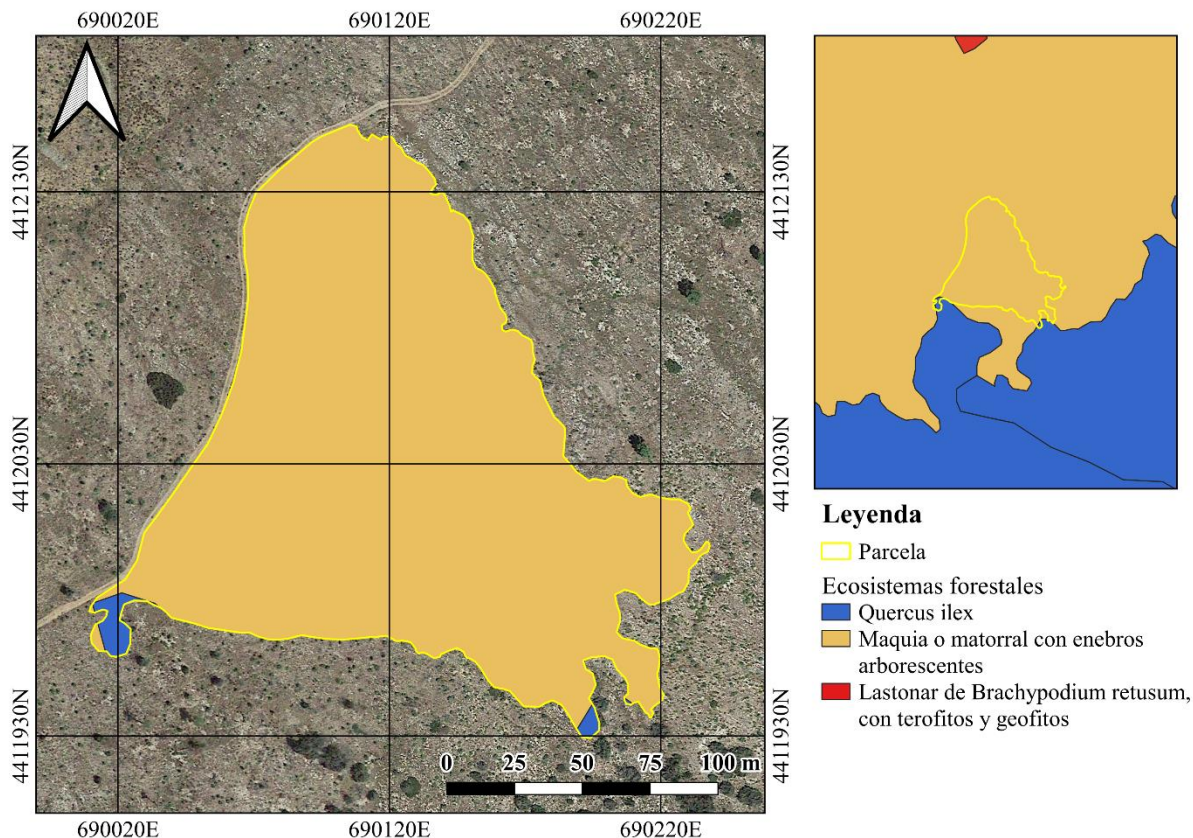


**Figura 20.** Mapa de ecosistemas forestales de la parcela de Cortes de Pallás. Elaboración propia. Fuente: ICV.



## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

**Figura 21.** Mapa de ecosistemas forestales de la parcela de Andilla. Elaboración propia. Fuente: ICV.



### 4.2. Preparación del terreno y plantación

Las plantaciones de las parcelas seleccionadas fueron llevadas a cabo en diciembre del 2022, los días 7 en Andilla, 15 y 16 en Pedralba y 22 en Cortes de Pallás. Las tres zonas fueron consideradas aptas para el establecimiento del pino carrasco.

Previo a la plantación se realizó un etiquetado por colores a cada lote de Material de Base, para garantizar su posterior identificación durante la campaña de mediciones (ver Figura 22).

**Figura 22.** Etiquetado por colores de cada Material de Base.

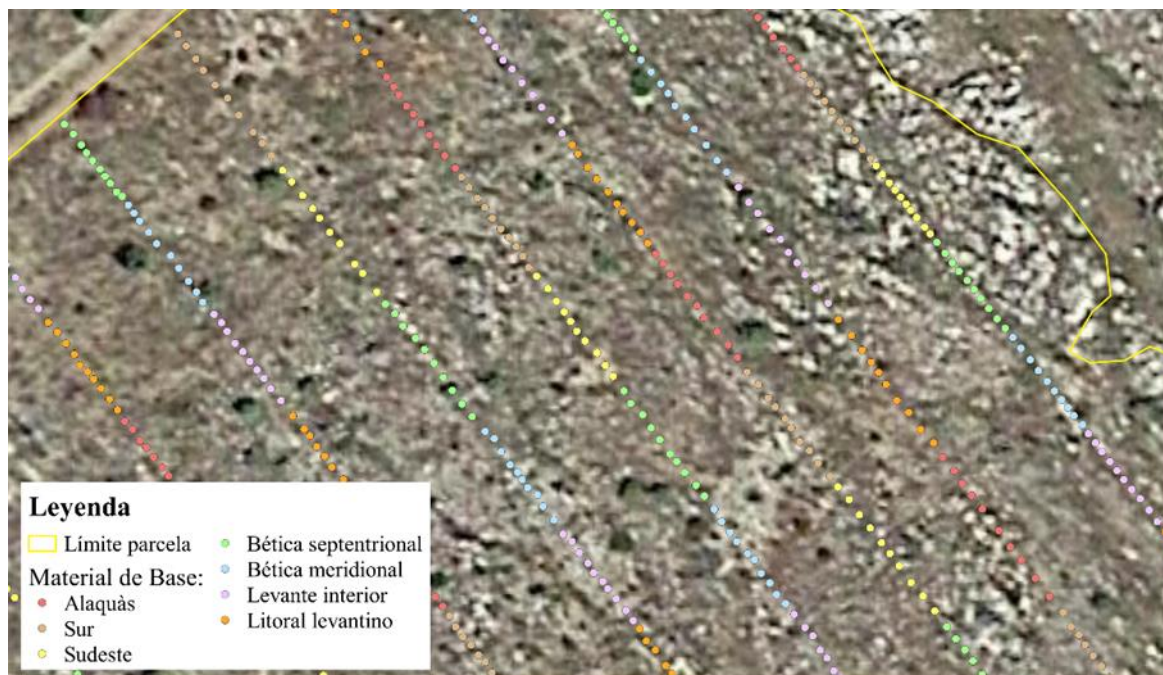


La plantación se realizó manualmente por medio de cuadrillas de plantadores contratadas por las contratas que tienen asignada la ejecución de las repoblaciones. En general se contó con una cuadrilla de entre cinco y siete trabajadores para el día de la plantación, y se asignó a cada plantador un responsable del grupo de la UPV con el objetivo de minimizar cualquier posible sesgo en los resultados debido a trasplantes incorrectos. Cada plantador plantó todas los Materiales de Base, en todos los sitios experimentales en los que se dividió el área y en distintos momentos del día. No hubo desbroce previo y, en el caso de la parcela de Andilla, se colocaron tubos protectores al final la plantación.

La apertura de hoyos ( $40 \times 40 \times 40$  cm) se realizó con una retroexcavadora o retroaraña en el caso de pendientes elevadas. La plantación se diseñó de manera estratégica para evitar sesgos relacionados con las diferencias en el suelo. Se optó por un diseño de filas en el que se alternaba el Material de Base cada 10 plantas (ver Figura 23). Esta aproximación garantizó que cualquier influencia edáfica afectara por igual a todas las muestras, minimizando así la posibilidad de distorsiones en los resultados. La distancia de planta en estas filas es de aproximadamente 2-4 m y entre filas de 3 m. En Pedralba y Andilla las hileras se realizaron paralelas a las líneas de pendiente, y en Cortes de Pallás siguiendo curvas de nivel. La fase de preparación del terreno fue responsabilidad de la Generalitat Valenciana.

## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

Figura 23. Croquis del diseño de las hileras de plantación. Elaboración propia.



### 4.3. Determinaciones realizadas

Completada la plantación, se llevó a cabo un monitoreo de los Materiales de Base en el campo. Este monitoreo consistió en un análisis de supervivencia mediante un conteo directo, donde se consideró como planta viva a aquella que mostraba mayoritariamente hojas verdes, y como planta muerta a aquella que tenía todas sus hojas secas. El análisis de supervivencia se realizó en fechas que representan el establecimiento de la planta, es decir, tras la plantación, y el momento previo al inicio de la estación más seca, en la época pre-estival, que recoge el periodo de establecimiento y crecimiento de primavera. Las determinaciones se realizaron para la totalidad de la población: en Pedralba 1460, en Cortes 1397 y en Andilla 1177 plantas.

Con el fin de evitar cualquier error sistemático que pueda influenciar los resultados de supervivencia obtenidos, también se midieron la altura y el diámetro del cuello de la raíz (siguiendo el mismo procedimiento explicado en el apartado 3.3) también para la totalidad de la población tanto en las mediciones de establecimiento como en las de pre-verano.

Las mediciones de establecimiento empezaron en 2023: (1) en Pedralba los días 26 y 30 de enero, 1, 2 10 y 13 de febrero; (2) en Cortes los días 16, 17, 23 y 24 de febrero, y el 2 de marzo; (3) y en Andilla los días 9, 10, 23, 24 y 31 de marzo, y el 6 de abril. Durante estas mediciones se realizó un re-etiquetado con etiqueta metálica indicando el Material de Base y el número de planta para garantizar su correcta identificación durante las siguientes campañas de mediciones (Figura 24).

Las mediciones pre-verano se realizaron: (1) en Pedralba el 15 de junio; (2) en Cortes los días 23 de junio, 3 y 14 de julio; (3) en Andilla los días 6, 7 y 13 de julio.

Figura 24. Planta etiquetada según procedencia o Material de Base cualificado, y número de planta.



## 5. EVALUACIÓN TÉCNICA

### 5.1. Cultivo en vivero

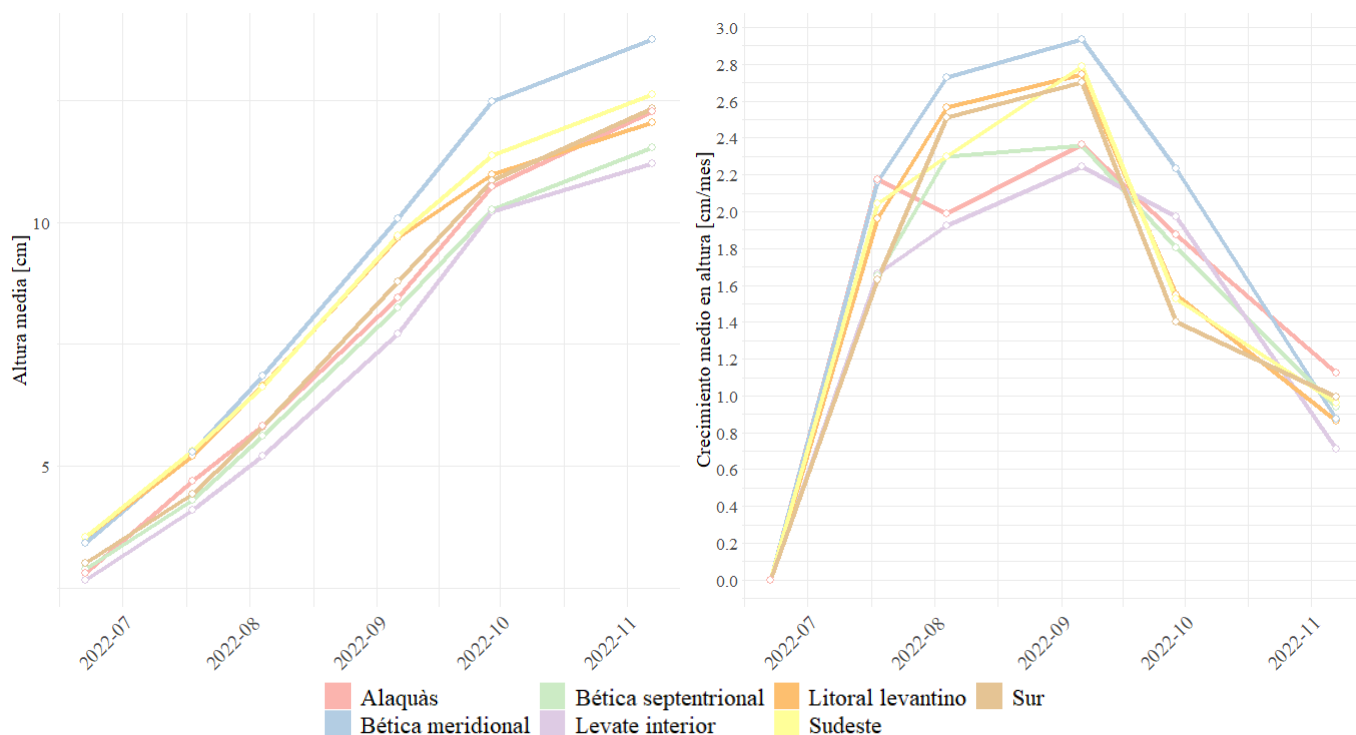
Este apartado se enfoca en los resultados derivados de las observaciones en el vivero, realizadas aproximadamente cada mes, desde finales de junio a principios de noviembre. Los resultados se analizan mediante representaciones gráficas de líneas individuales que representan las medias de las alturas y diámetros (DCR), así como su tasa de crecimiento asociada, y pesos secos, capturando su evolución a lo largo del tiempo. En otras palabras, se exploran las tasas de crecimiento asociadas con cada uno de estos atributos. Los puntos que aparecen en los gráficos representan la fecha de medición de los atributos. También se examinará la manera en que la presencia de cada estado ontogénico varía a lo largo de los meses y como se relaciona la altura y el volumen del tallo con el diámetro del cuello de la raíz, es decir, se obtendrán de coeficientes alométricos.

#### 5.1.1. Altura

Durante el periodo de mediciones, en el caso del crecimiento en altura se observa un patrón de crecimiento constante en los grupos de Material de Base (ver Gráfico 4). Durante las cuatro primeras mediciones, hubo un aumento generalizado de la tasa de crecimiento mensual, a excepción de Alaquàs durante el mes de julio que experimentó una ralentización. Aun así, su crecimiento en altura fue mayor que en el caso de la procedencia de control Levante Interior. A partir de la cuarta medición, en el mes de octubre, el crecimiento mensual disminuye.

Además, al inicio del periodo de mediciones se pueden ver dos grupos diferenciados, uno formado por Bética Meridional, Sudeste y Litoral Levantino, los cuales prácticamente se superponen en la gráfica, y el segundo compuesto por los restantes grupos de Material de Base. Esta diferenciación perdura hasta la quinta medición, donde solo aparece diferenciada Bética Meridional. La razón podría deberse al tamaño y, por tanto, peso de la semilla (definido en el apartado 3.1), ya que el lote de semillas de Bética Meridional presenta el peso más elevado, aunque este no es el caso de Sudeste y Litoral Levantino.

**Gráfico 4.** Evolución de la altura durante el periodo de medición en vivero. Elaboración propia.





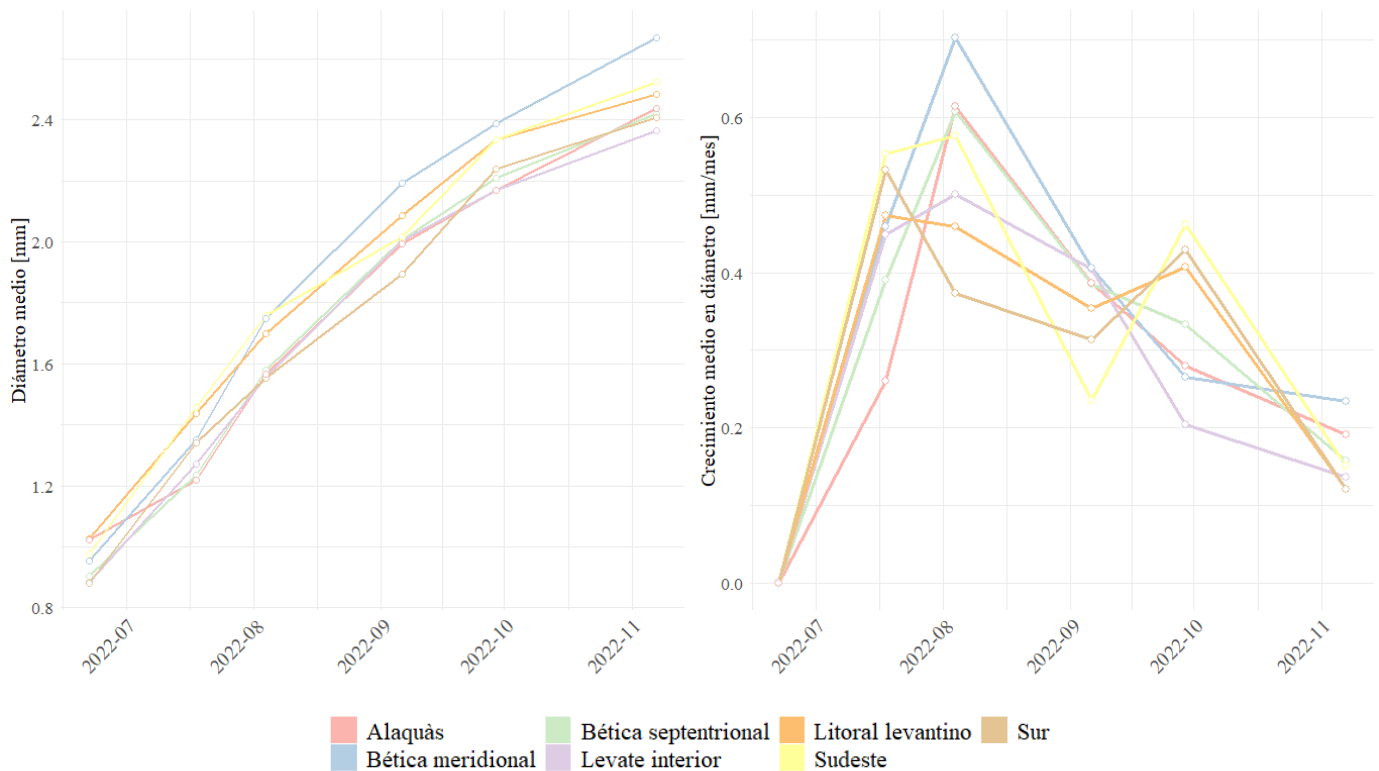
## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

### 5.1.2. Diámetro del cuello de la raíz

En cuanto al diámetro (Gráfico 5), a diferencia de la altura en la primera medición, no se aprecia una diferenciación clara, sino tres patrones de crecimiento distintos. En Alaquàs, Bética Meridional, Bética Septentrional y Levante Interior, la tasa de crecimiento aumenta hasta agosto y luego disminuye. Por otro lado, Sur y Litoral Levantino reducen su crecimiento a mediados de julio, aumentan en septiembre y luego vuelve a decrecer en octubre. Sudeste sigue un patrón intermedio, con una disminución en agosto, aumento en septiembre y otra disminución en octubre.

En octubre, se observa el menor aumento tanto en la altura como en el diámetro de las plantas, lo cual coincide con la disminución de las temperaturas y la reducida disponibilidad de nutrientes para las plantas. Es importante recordar que la fertilización se realizó mediante un abono de liberación controlada. Este período podría considerarse como un periodo de endurecimiento de las plantas. Y, al igual que ocurre con la altura, Bética Meridional presenta el diámetro medio más elevado y Levante Interior el más bajo.

Gráfico 5. Evolución del diámetro durante el periodo de medición en vivero. Elaboración propia.



### 5.1.3. Pesos secos

Viendo los resultados obtenidos respecto a la altura y diámetro, es de esperar que Bética Meridional presente, al finalizar el cultivo, los pesos secos más elevados. Dado que los pesos secos foliares, aéreos y radicales siguen un patrón muy similar al peso seco total, en esta sección nos centraremos únicamente en analizar este último (ver Anexo I, apartado 3.1, para ver los gráficos de líneas individuales de todos los pesos secos).

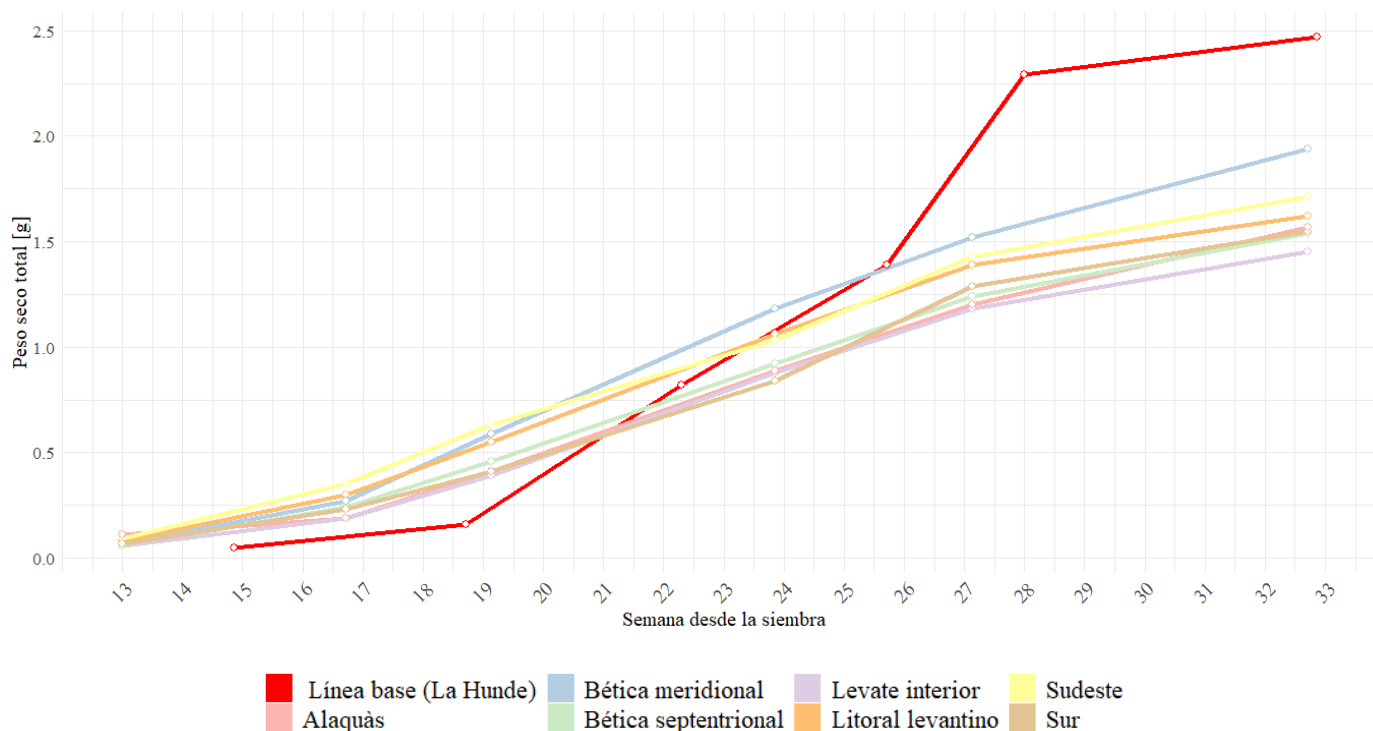
La línea roja del Gráfico 6 representa el estándar de calidad de planta de los pesos secos totales obtenidos para *Pinus halepensis* en el vivero de La Hunda desde 2002 para la región de procedencia de Levante Interior. Estos datos, no publicados, han sido proporcionados por el tutor de este TFG.

La evolución de los pesos secos es muy similar para todos los grupos de Material de Base, que durante la semana 13 se superponen. Comparando con la línea base, el incremento en el peso seco total de esta

## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

es mayor a partir de la semana 18,5 aproximadamente y, como resultado el peso seco total estándar en la última semana es cercano a los 2,5 gramos, valor no alcanzado por ningún Material de Base. Esto se debe a que corresponde con el periodo de lignificación, que ha hecho que el peso seco total aumente y, debido a que este proceso no ha tenido lugar durante la campaña del 2022, no se ha experimentado ese incremento en el peso seco total.

**Gráfico 6.** Evolución del peso seco total durante el periodo de medición en vivero. Elaboración propia.



### 5.1.4. Índices ontogénicos

Los índices ontogénicos son indicativos del desarrollo de la planta (en relación con el régimen de cultivo) y su valor es independiente de la edad de la planta, por lo que pueden ayudar al viverista a entender las relaciones entre cultivo y desarrollo de la planta, ya que pueden relacionar características morfológicas, como, por ejemplo, el número de hojas, longitud de hojas, espaciado de los entrenudos y disposición de las ramas, con la calidad de las plantas. Por ello, se ha evaluado la presencia de cada estado ontogénico (EO) a lo largo del período de muestreo, lo que implica analizar cómo se distribuye su frecuencia en función de las fechas de cultivo (Gráfico 7).

El estado ontogénico 2 alcanza su máxima presencia en la primera medición, siendo el estado dominante a excepción del caso de Sudeste, donde el EO3 predomina. En la segunda medición se pueden identificar dos grupos: Bética Septentrional, Levante Interior y Sur que aún muestran claramente la presencia del EO2, aunque en menor medida que en la primera medición y, por otro lado, en los demás casos, este estado prácticamente ha desaparecido, con presencias que oscilan entre el 1 y el 3% (ver Anexo I, apartado 3.2.). En la tercera medición, el EO2 todavía está presente en Bética Septentrional, pero apenas alcanza un 10%; en Levante Interior y Sudeste, la presencia es inferior al 3%. En los demás grupos, ya ha desaparecido. No es hasta la última medición realizada en noviembre, que la frecuencia del EO2 se reduce al 0% en todos los grupos.

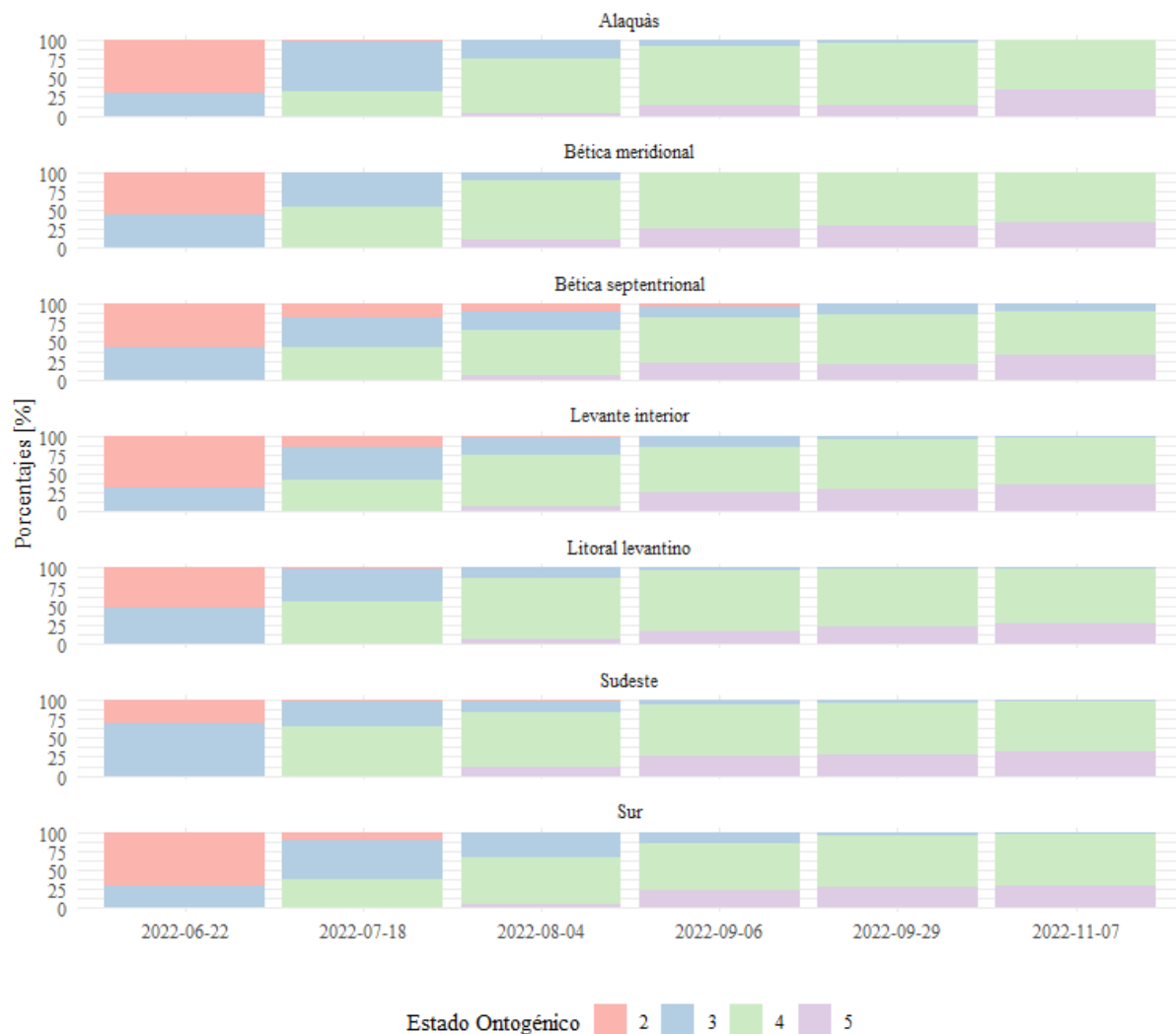
El estado ontogénico 3 alcanza su máximo durante la primera medición para el caso de Bética Septentrional, Litoral Levantino y Sudeste, para el resto de los grupos, este máximo es alcanzado en julio (segunda medición). Este estado se encuentra presente en todas las mediciones, aunque disminuye progresivamente, prácticamente desapareciendo, a partir de la tercera medición, siendo sustituido por el EO4.

## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

El estado 4 aparece en julio con la menor presencia registrada en todo el cultivo e incrementa su frecuencia hasta alcanzar su máximo, para luego disminuir a medida que aumenta la presencia del estado 5. Este máximo es alcanzado (1) el 4 de agosto para Bética Meridional y Levante Interior, (2) el 6 de septiembre para Litoral Levantino y Sudeste, y (3) el 29 de septiembre en el caso de Alaquàs, Bética Septentrional y Sur.

Por último, el estado 5 aparece en agosto, representando su frecuencia mínima. Su presencia máxima aparece el noviembre, la última medición, en todos los casos.

**Gráfico 7.** Evolución de la presencia de los estados ontogénicos durante la campaña de medición en vivero. *Elaboración propia.*



### 5.1.5. Coeficientes alométricos

Debido a la correlación existente entre la altura y el peso seco aéreo, y el diámetro del cuello de la raíz y el peso seco radical, se han utilizado estas dos variables para la obtención de las relaciones alométricas descritas a continuación.

La relación alométrica a analizar ha sido definida como  $H = a \times DCR^b$ , siendo “H” la altura en centímetros, “DCR” el diámetro del cuello de la raíz en milímetros, “a” y “b” los coeficientes alométricos.

Según el concepto de “equilibrio funcional” en la asignación de biomasa, las plantas ajustan su distribución de la biomasa en respuesta a las limitaciones específicas del crecimiento (Brouwer, 1963;

## **Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

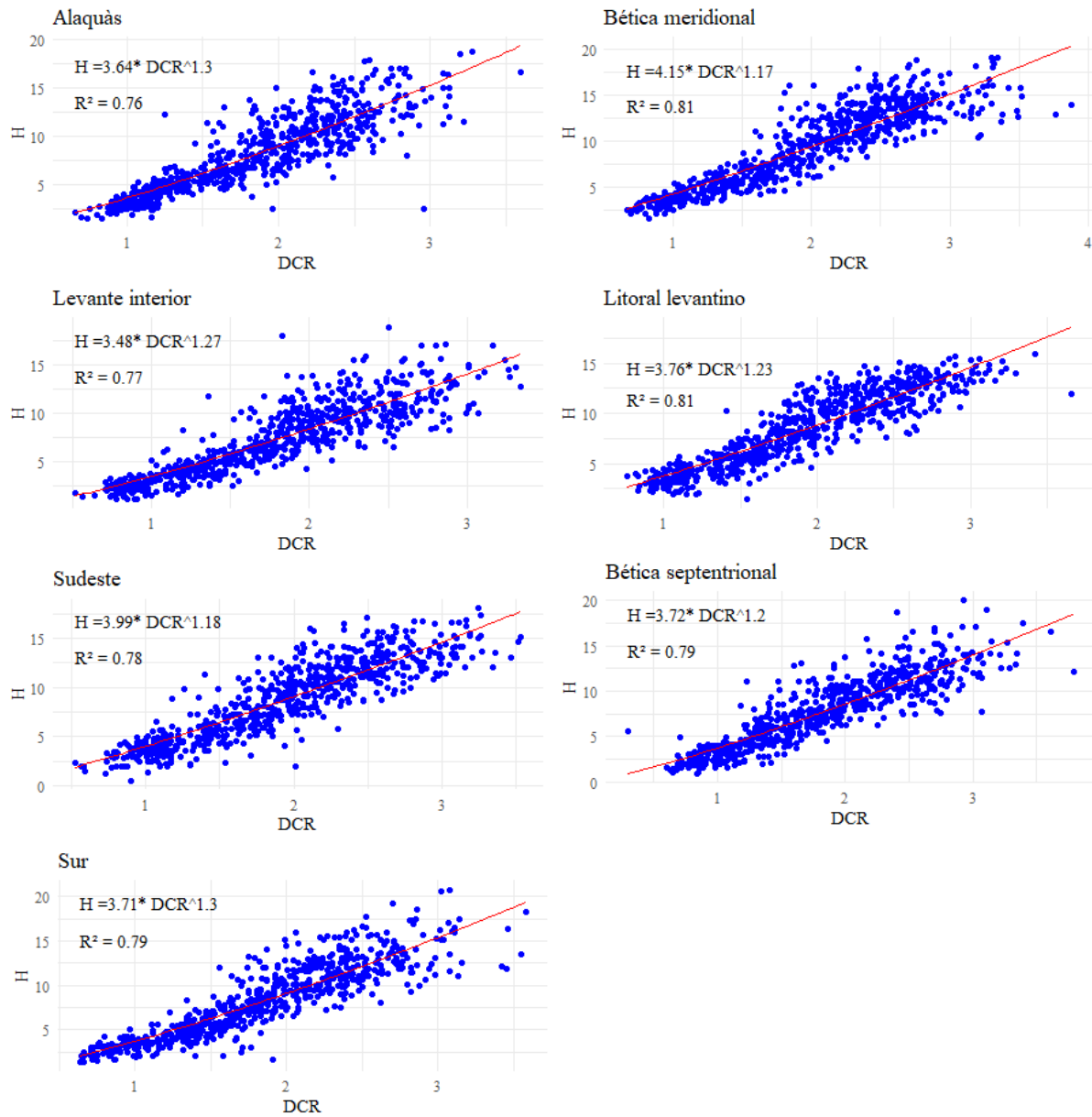
Iwasa & Roughgarden, 1984). Es decir, en situaciones donde el factor limitante se encuentra principalmente en el suelo, como, por ejemplo, nutrientes o agua, las plantas asignarán más biomasa a las raíces. Por el contrario, si el factor limitante se encuentra en la parte aérea (luz o CO<sub>2</sub>), la asignación se inclinará hacia el crecimiento de la biomasa del tallo u hojas. Esta adaptación funcional tiene como objetivo optimizar la absorción del recurso limitante, lo que a su vez promueve un crecimiento más eficiente de la planta (Poorter et al., 2012).

Por consiguiente, los resultados de las pendientes indican que, para una unidad de incremento en el diámetro del cuello de la raíz, se produce un aumento más pronunciado en la altura. Este patrón es habitual en densidades de plantación elevadas, dado que se tratan de condiciones de fertilización y riego controladas, el factor más limitante no se encuentra en el sustrato, sino más bien en la disponibilidad de recursos aéreos como la luz y el CO<sub>2</sub>. Para contrarrestar estas limitaciones, las plantas asignan más recursos al crecimiento de la parte aérea, como tallos y hojas, para captar la luz disponible y maximizar su capacidad fotosintética. Esto lleva a un patrón de asignación de biomasa en el que se priorice el crecimiento aéreo sobre el crecimiento de las raíces, lo que se refleja en el incremento más pronunciado en la altura en relación con el diámetro del cuello de la raíz, como se observa en los resultados (ver Gráfico 8).

Además, si se analiza cómo el volumen del tallo ( $V$ ) se relaciona con el DCR mediante la relación alométrica  $V = a \times DCR^b$  (Gráfico 9), se pueden observar patrones interesantes. Litoral Levantino destaca al destinar más recursos al desarrollo del volumen del tallo, seguido por Sur. Detrás de ellos se encuentra, Alaquàs, Bética Septentrional y Levante Interior. Mientras que, Sudeste y Bética Meridional, en ese orden, son quienes menos recursos asignan al volumen del tallo en comparación con los grupos anteriores, o, lo que es lo mismo, son quienes más recursos asignan al desarrollo radical, siendo las procedencias menos esbeltas a lo largo del cultivo. Estas observaciones podrían ofrecer indicios relevantes para posibles modificaciones en el régimen de cultivo de cada Material de Base.

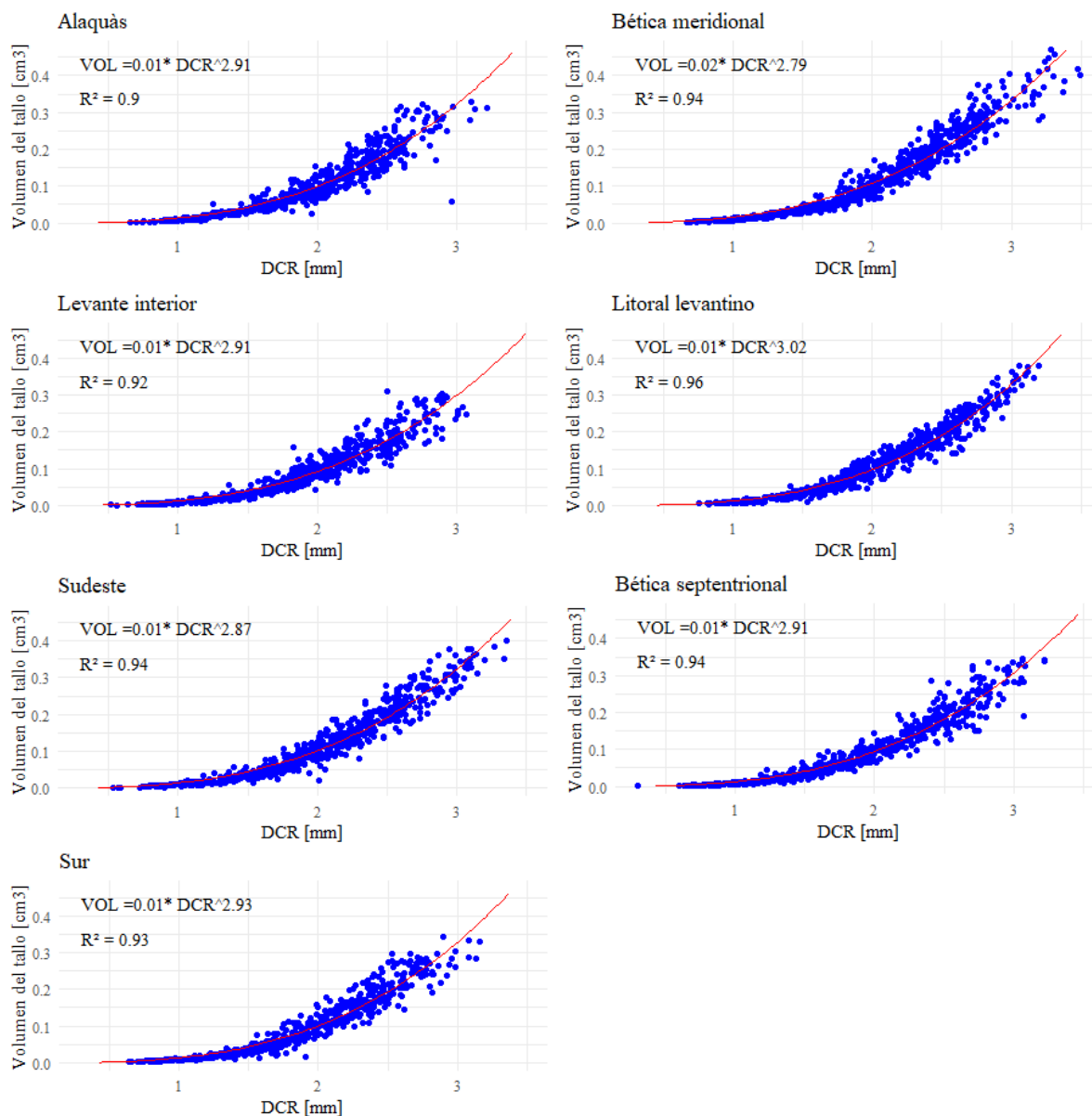
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 8.** Coeficientes alométricos entre la altura vs el diámetro del cuello de la raíz. Elaboración propia.



## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

**Gráfico 9.** Coeficientes alométricos entre el volumen del tallo vs el diámetro del cuello de la raíz. Elaboración propia.



### 5.2. Calidad final de planta

Los atributos morfológicos son el foco central del análisis de calidad de planta. Su intención es proporcionar una percepción profunda de la estructura y configuración de la planta a través de la evaluación de estos parámetros. Para este análisis se emplearon los datos de la última medición en vivero.

El tratamiento estadístico de los datos requirió de diversos análisis. Se empleó el análisis general de la varianza (ANOVA) para el contraste de las diferencias morfológicas entre los distintos Materiales de Base de la misma especie, comprobándose el cumplimiento de las exigencias que requiere la prueba, es decir, el cumplimiento de la normalidad de los datos mediante. Para comparar las medias se utilizó la prueba de Tukey como análisis post hoc. En situaciones donde no se cumplieron las condiciones de normalidad y homocedasticidad, se recurrió al análisis no paramétrico a través de la prueba de Kruskal-Wallis (ver Anexo I, apartado 4).

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Adicionalmente, al comparar la media del estándar de calidad de planta establecido en el vivero de La Hunde (según se muestra en las tablas 7 y 8), con las medias obtenidas para cada grupo de Material de Base, se puede notar una inferioridad en la mayoría de los atributos, con excepción en el Índice de Dickson que en algunos casos llega a ser mayor. Esto hay que tenerlo en cuenta ya que podría resultar en una respuesta pobre de plantas una vez que se establezcan en el terreno.

**Tabla 7.** Comparación de medias de calidad de planta para *Pinus halepensis*: Estándar de calidad de planta para Levante Interior en el vivero de La Hunde (Del Campo et al., 2022) - Resultados vivero para los diferentes grupos de Material de Base I. Para una misma variable, medias del Material de Base seguidas de letras diferentes han mostrado diferencias significativas en el análisis. Elaboración propia.

Muestras	H (cm)		DCR (mm)		Esbeltez (cm/mm)		PST (g)	
<b>Del Campo et al., 2022</b>	<b>16,00 ± 3,3</b>	-	<b>2,81 ± 0,47</b>	-	<b>5,8</b>	-	<b>2,47</b>	-
<b>Levante interior</b>	11,19 ± 2,63	D	2,37 ± 0,44	B	4,76	C	1,72 ± 0,55	AB
<b>Alaquàs</b>	12,27 ± 2,75	BC	2,44 ± 0,39	B	5,05	AB	1,73 ± 0,59	AB
<b>Bética meridional</b>	13,75 ± 2,34	A	2,67 ± 0,42	A	5,18	A	2,07 ± 0,55	A
<b>Bética septentrional</b>	11,53 ± 2,62	CD	2,42 ± 0,49	B	4,74	C	1,66 ± 0,70	AB
<b>Litoral levantino</b>	12,04 ± 2,31	BC	2,49 ± 0,41	AB	4,87	BC	1,42 ± 0,69	B
<b>Sudeste</b>	12,62 ± 2,37	B	2,52 ± 0,44	AB	5,06	AB	1,77 ± 0,69	AB
<b>Sur</b>	12,34 ± 2,99	BC	2,41 ± 0,43	B	5,14	AB	1,81 ± 0,65	AB

**Nota:** H: Altura; DCR: Diámetro del cuello de la raíz; PST: Peso seco total.

**Tabla 8.** Comparación de medias de calidad de planta para *Pinus halepensis*: Estándar de calidad de planta para Levante Interior en el vivero de La Hunde (Del Campo et al., 2022) - Resultados vivero para los diferentes grupos de Material de Base II. Para una misma variable, medias del Material de Base seguidas de letras diferentes han mostrado diferencias significativas en el análisis. Elaboración propia.

Muestras	PSA (g)		PSR (g)		PSA/PSR (g/g)		QI (Dickson)	
<b>Del Campo et al., 2022</b>	<b>1,47 ± 0,55</b>	-	<b>1,00 ± 0,39</b>	-	<b>1,51</b>	-	<b>0,29</b>	-
<b>Levante Interior</b>	0,94 ± 0,27	AB	0,81 ± 0,27	AB	1,14	AB	0,29	A
<b>Alaquàs</b>	0,92 ± 0,33	AB	0,81 ± 0,28	AB	1,15	A	0,30	A
<b>Bética Meridional</b>	1,09 ± 0,32	A	0,98 ± 0,26	A	1,11	AB	0,34	A
<b>Bética Septentrional</b>	0,90 ± 0,37	AB	0,77 ± 0,34	AB	1,2	A	0,29	A
<b>Litoral Levantino</b>	0,73 ± 0,35	B	0,69 ± 0,36	B	1,16	AB	0,26	A
<b>Sudeste</b>	0,91 ± 0,37	AB	0,86 ± 0,33	AB	1,07	AB	0,29	A
<b>Sur</b>	0,91 ± 0,32	AB	0,90 ± 0,33	AB	1,02	B	0,30	A

**Nota:** PSA: Peso seco aéreo; PSR: Peso seco radical; QI: Índice de Dickson

En las siguientes tablas (9 y 10) se muestran los resultados obtenidos para el resto de las variables analizadas y que no cuentan con un estándar definido en el vivero. Las letras que se muestran en las tablas 7, 8, 9 y 10 representan la existencia de diferencias significativas entre las muestras. Letras iguales en varios grupos muestran que tienen un comportamiento similar en términos de la variable analizada. Por otro lado, letras diferentes entre los grupos señalan diferencias estadísticamente significativas en sus respuestas.

**Tabla 9.** Resultados de las medias y desviaciones estándar en vivero para los diferentes grupos de Material de Base I. Para una misma variable, medias del Material de Base seguidas de letras diferentes

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*han mostrado diferencias significativas en el análisis.*

Muestras	PSF (g)		Superficie foliar proyectada (cm <sup>2</sup> )		SLA (cm <sup>2</sup> /g)		Longitud radical total (cm)	
Alaquàs	0,72 ± 0,24	AB	80,90 ± 8,18	AB	336,69 ± 17,73	A	1058,53 ± 200,11	AB
Bética Meridional	0,78 ± 0,19	A	93,78 ± 28,98	A	330,89 ± 32,30	A	1201,35 ± 182,66	AB
Bética Septentrional	0,69 ± 0,28	AB	99,09 ± 26,45	A	310,91 ± 17,02	A	1223,97 ± 144,52	AB
Levante Interior	0,74 ± 0,17	AB	80,19 ± 8,36	AB	348,43 ± 41,29	A	1025,13 ± 247,79	AB
Litoral Levantino	0,56 ± 0,25	B	54,40 ± 13,58	B	332,13 ± 49,63	A	934,27 ± 208,64	B
Sudeste	0,69 ± 0,25	AB	98,26 ± 15,52	A	326,19 ± 8,41	A	1478,83 ± 342,28	A
Sur	0,72 ± 0,28	AB	89,79 ± 13,12	AB	337,17 ± 23,11	A	1276,61 ± 301,93	AB

**Nota:** PSF: Peso seco foliar; SLA: Área foliar específica.

*Tabla 10. Resultados de las medias y desviaciones estándar en vivero para los diferentes grupos de Material de Base II. Para una misma variable, medias del Material de Base seguidas de letras diferentes han mostrado diferencias significativas en el análisis.*

Muestras	Diámetro medio radical (cm)		Superficie radical (cm <sup>2</sup> )		Nº de puntas		Fibrosidad	
Alaquàs	0,052 ± 0,007	A	172,49 ± 45,68	A	2416,20 ± 544,46	A	0,96 ± 0,019	A
Bética Meridional	0,056 ± 0,007	A	211,63 ± 42,55	A	2585,60 ± 280,29	A	0,95 ± 0,024	A
Bética Septentrional	0,057 ± 0,002	A	219,24 ± 31,26	A	2625,00 ± 120,42	A	0,95 ± 0,006	A
Levante Interior	0,051 ± 0,003	A	164,45 ± 46,69	A	2232,40 ± 614,63	A	0,97 ± 0,008	A
Litoral Levantino	0,048 ± 0,010	A	145,06 ± 57,36	A	2251,40 ± 590,91	A	0,97 ± 0,025	A
Sudeste	0,052 ± 0,006	A	242,73 ± 68,21	A	3029,60 ± 608,16	A	0,97 ± 0,013	A
Sur	0,056 ± 0,002	A	224,97 ± 61,06	A	2713,60 ± 573,79	A	0,96 ± 0,008	A

A continuación, se describe lo expuesto en las tablas anteriores:

- **Altura:** En la Tabla 7 se muestra que Bética Meridional presenta los valores medios más elevados. En contraste, la procedencia de control, Levante Interior, junto con Bética Septentrional muestran la media más baja.
- **Diámetro del cuello de la raíz:** Al igual que con la altura, Bética Meridional registra el valor medio más alto en términos de diámetro, pero seguido por Litoral Levantino y Sudeste sin diferencias estadísticamente significativas (ver Tabla 7). Por otro lado, Alaquàs, Bética Septentrional, Levante Interior y Sur exhiben valores más bajos.
- **Esbeltez:** Los resultados obtenidos tras el análisis descrito el Anexo I, apartado 4.4, muestran que Bética Meridional y Sur presentan las plantas más esbeltas, seguidas, sin apenas diferencias en términos estadísticos, por Alaquàs, Sudeste y Litoral Levantino. Mientras que la procedencia de control, Levante Interior, presenta una inferioridad significativa, junto con Bética Septentrional (ver Tabla 7).
- **Pesos secos:** En el peso seco foliar, peso seco aéreo (hojas y tallo), el peso seco radical y el peso seco total se observa el mismo patrón (ver tablas 7, 8 y 9). Bética Meridional presenta el peso seco significativamente más elevado, una observación que encuentra respaldo en su mayor altura y diámetro respecto a los demás Materiales de Base. Litoral Levantino presenta los pesos secos más bajos a pesar de tener una de las alturas y diámetros medios más elevados.
- **Cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical:** Esta proporción representa una la relación entre las masas secas aérea y radicular. Valores mayores a 2,5 indican desproporción entre masas y



## **Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

describen un sistema radicular insuficiente para suministrar nutrientes a la parte aérea de la plántula. Al analizar nuestros resultados (ver Anexo I, apartado 4.5.5), solo se observan diferencias significativas entre las medias de Sur (cociente más bajo) y de Bética Septentrional y Alaquàs (mayores cocientes), como se puede ver en la Tabla 8.

- **Índice de Dickson (QI):** Cuanto más elevado sea su valor, mejor es la calidad. El valor medio establecido para el estándar de calidad de planta del vivero de La Hundo es de 0,29. Este valor es superado por todos excepto por Litoral Levantino, el cual ha obtenido los valores más bajos en cuanto a los pesos secos. Sin embargo, estadísticamente no existen diferencias entre ninguna procedencia (ver Tabla 8 y Anexo I, apartado 4.6), por lo que se podría decir que se ajusta al estándar propuesto para el índice de Dickson en el vivero de La Hundo.
- **Superficie foliar proyectada:** Se trata del área que la hoja ocupa en un plano horizontal. La importancia de esta variable se debe a que está directamente relacionada con la capacidad de una planta para realizar la fotosíntesis, es decir que, cuanto mayor sea esta superficie más luz solar podrá capturar la planta y más oportunidades tendrá para crecer y establecerse en campo. En la Tabla 9 se muestra que Bética Meridional, Bética Septentrional y Sudeste tienen las medias más elevadas, aunque éstas solo se diferencian estadísticamente de Litoral Levantino (ver Anexo I, apartado 4.8), con la superficie media más baja.
- **Área Foliar Específica (SLA):** Este valor puede relacionarse con la respuesta de las plantas a la sequía. Plantas con hojas más gruesas y, por tanto, con una menor área foliar específica pueden mejorar la conversión del agua disponible en condiciones de sequía. Los resultados obtenidos en el análisis (ver Anexo I, apartado 4.9) mostrados en la Tabla 9, evidencian que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ningún grupo de Material de Base.
- **Caracterización de las raíces:** Las plantas con un sistema radicular bien desarrollado pueden aprovechar al máximo los nutrientes y el agua disponibles en el suelo, lo que puede traducirse en un mayor crecimiento y rendimiento. Por ello se ha medido la longitud total, el diámetro medio, la superficie radical, el número de puntas y la fibrosidad. La fibrosidad de las raíces se refiere a la densidad y abundancia de raíces finas y delgadas en el sistema radicular de una planta. En el análisis llevado a cabo (ver Anexo I, apartado 4.7), solo se han encontrado diferencias significativas respecto a la longitud total entre Sudeste y Litoral Levantino (ver tablas 9 y 10), correspondiéndose como la media más alta y la más baja respectivamente. Por lo tanto, considerando todas las variables previamente examinadas, se observa una notable similitud en el sistema radical de cada grupo de Material de Base.

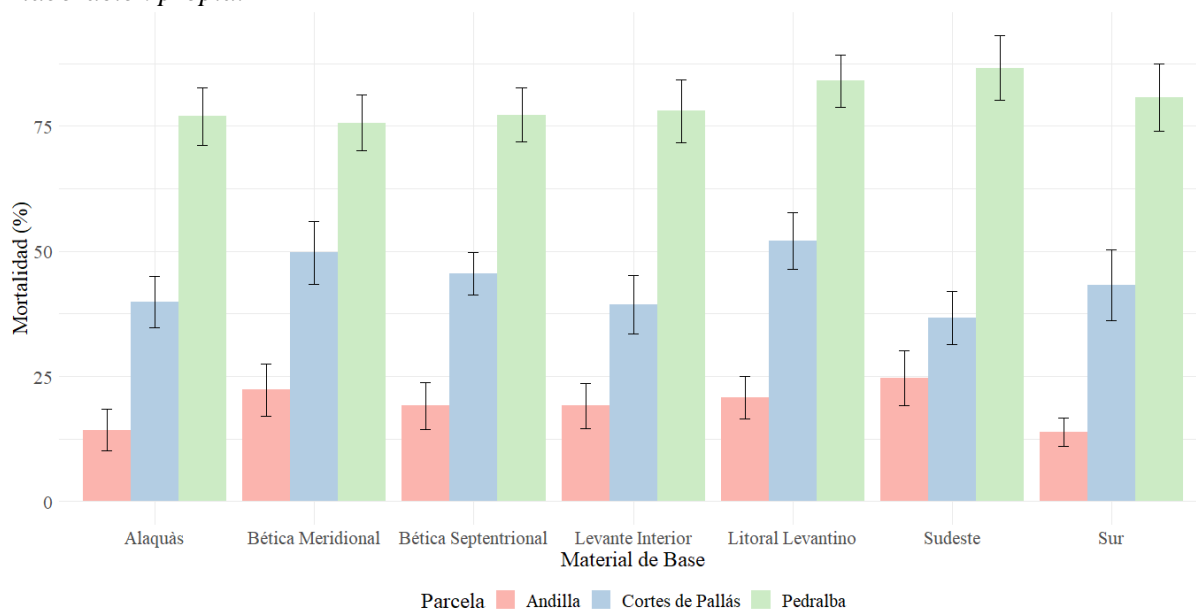
### **5.3. Desarrollo y supervivencia**

En este punto, se analiza la diferencia de las proporciones de mortalidad de cada grupo de Material de Base en cada una de las 3 áreas de estudio. Con el propósito de eliminar posibles sesgos debido a salidas de vivero de grupos de Material de Base con menor altura y diámetro, se ha llevado a cabo una evaluación de la influencia ejercida por la altura y el diámetro del cuello de la raíz sobre la mortalidad (ver Anexo I, apartado 5.2). Los resultados de este análisis indican que dichos factores no ejercen influencia significativa sobre los resultados de la mortalidad.

La supervivencia es el parámetro más destacado y representativo de la respuesta en campo. Al señalar la capacidad de una planta para sobrevivir y prosperar en un entorno determinado, encapsula una gama integral de factores subyacentes, como la adaptación, resistencia a estrés y la viabilidad general. En consecuencia, es considerado el criterio principal y distintivo para evaluar la calidad global de una planta en el contexto de este estudio. El Gráfico 10 muestra los valores obtenidos en esta variable.

## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

**Gráfico 10.** Mortalidad pre-estival de los siete Materiales de Base en las parcelas experimentales. Elaboración propia.



En el caso específico de Pedralba, se observó que los porcentajes de mortalidad fueron considerablemente elevados en todos los grupos de Material de Base. Este fenómeno puede atribuirse a las condiciones particulares de la estación de crecimiento en ese entorno (mayor termicidad, escasez de suelo, etc.). Es interesante destacar que en las áreas donde el suelo estaba compuesto principalmente por margas, se evidenció una tasa mayor de supervivencia entre las plantas. Este hallazgo resalta la influencia positiva de las características edáficas en la capacidad de arraigo de las plantas, lo que podría estar contribuyendo a una mayor supervivencia en dichas áreas. La parcela de Cortes de Pallás también experimentó una elevada mortalidad, pero de una forma más uniformemente distribuida sobre el terreno.

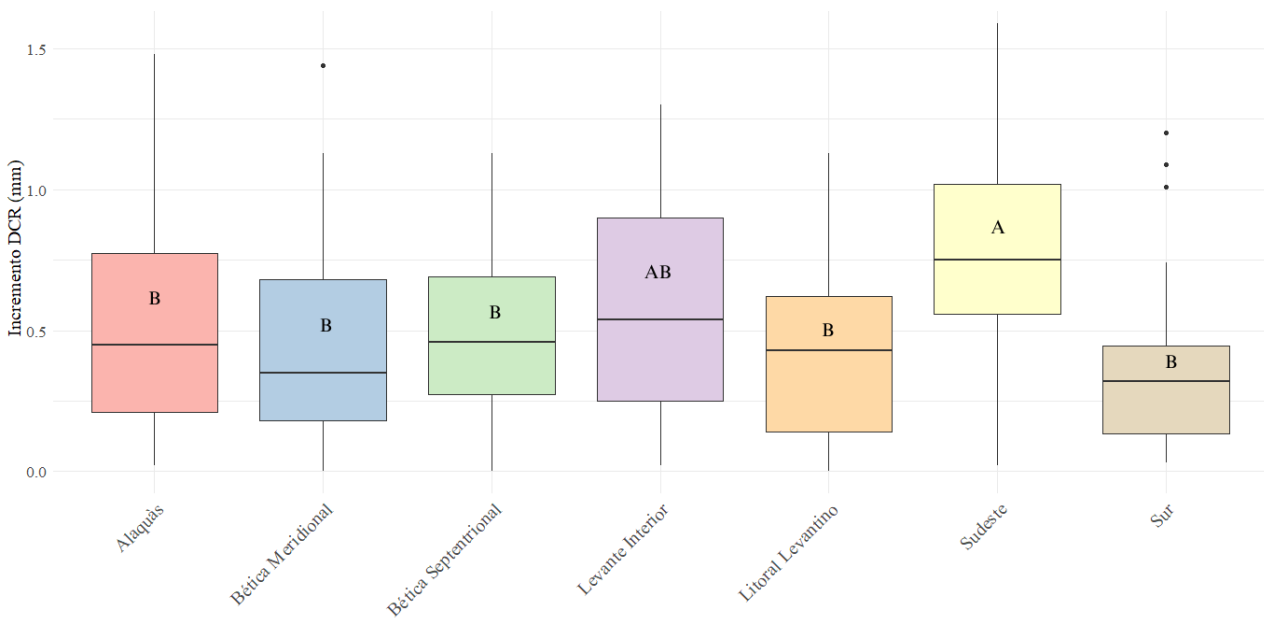
Al analizar la existencia de diferencias significativas en los porcentajes de mortalidad, cuyo análisis se hizo con los porcentajes de cada golpe, es decir, los grupos de 10 plantas del mismo Material de Base (ver Figura 23), para así comparar sus medias y desviaciones estándar (ver Anexo I, apartado 5.2), los resultados no muestran diferencias significativas entre ningún grupo de Material de Base en ninguna de las tres parcelas.

Con el propósito de consolidar estos resultados, se llevó a cabo un análisis similar, pero con la variable de incremento del diámetro del cuello de la raíz entre la medición de establecimiento y la pre-estival de cada grupo de Material de Base para cada parcela (ver Anexo I, apartado 5.3). Este enfoque se adoptó debido a que el DCR se considera un indicador del desarrollo de las raíces y, en consecuencia, proporciona información sobre qué procedencias tuvieron un mejor establecimiento y desarrollo en el entorno del campo.

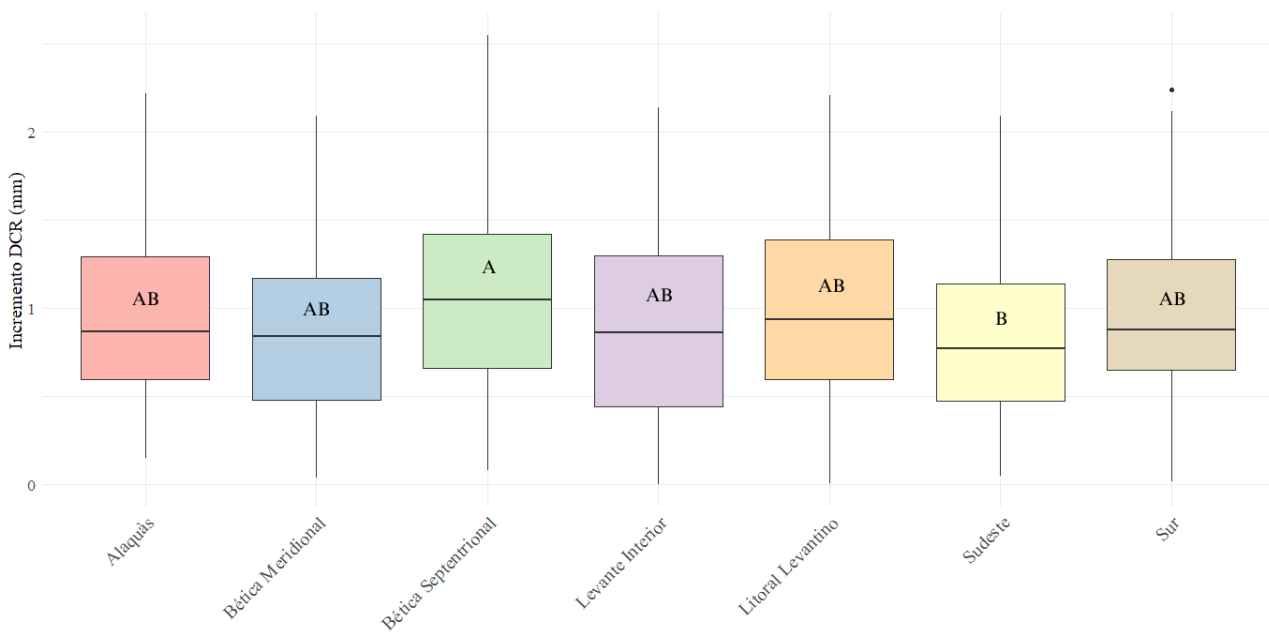
En ninguno de los casos (Gráfico 11, 12 y 13) se muestran diferencias significativas en el incremento del DCR con Levante Interior, la procedencia de control, lo que significa que, independientemente de su DCR de establecimiento, se han desarrollado de manera bastante similar en el campo durante ese tiempo.

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 11.** Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros para cada grupo de material de base en Pedralba.

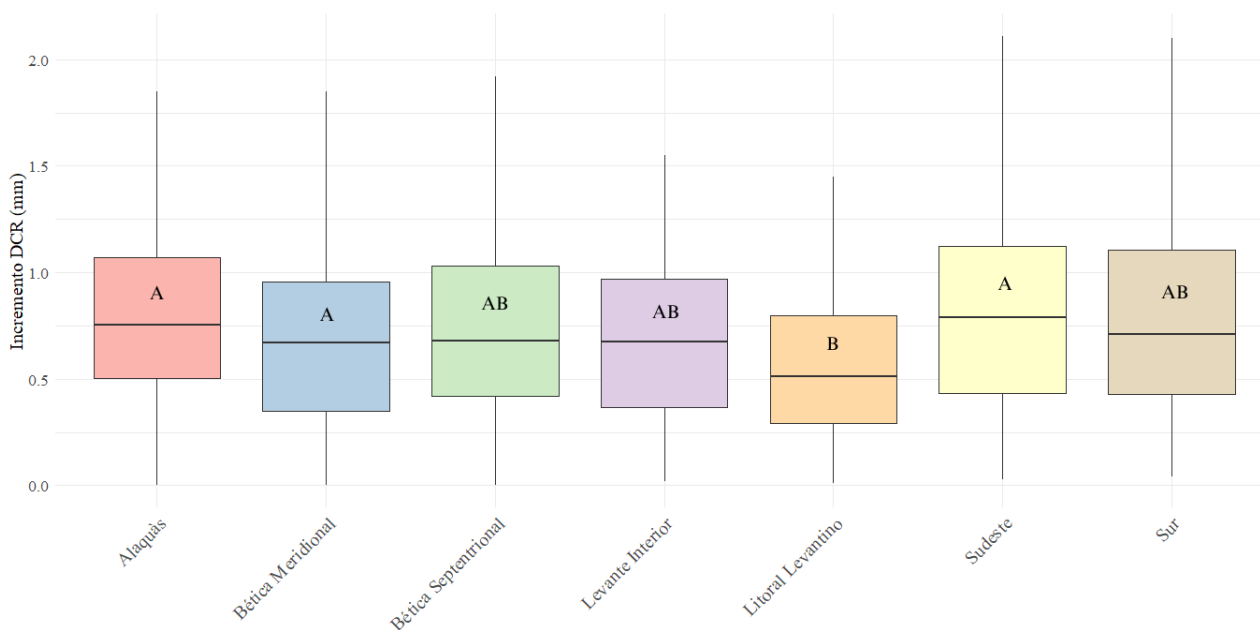


**Gráfico 12.** Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros con significancias en Cortes de Pallás.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 13.** Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros con significancias en Andilla.



## 6. DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES SEGÚN LOS RESULTADOS

En este apartado se pretende exponer las diferencias de cada grupo de Material de Base (MB) con la procedencia de control, Levante Interior, tanto en la fase de vivero como en la fase de campo según los resultados obtenidos en los apartados anteriores.

En cuanto a la producción en vivero, en la Tabla 11, cada símbolo “>” o “=” se refiere a si muestra mayor o igual desarrollo para cada uno de los atributos que engloba:

- Desarrollo aéreo: altura, peso seco foliar, peso seco aéreo, superficie foliar proyectada y área foliar específica.
- Desarrollo radical: diámetro del cuello de la raíz, longitud total de las raíces, fibrosidad, superficie radical, diámetro medio de las raíces.
- Desarrollo parte aérea / parte radical: esbeltez, PSA/PSR y Índice de Dickson.
- Ontogenia: estados ontogénicos.

**Tabla 11.** Comparación de los grupos de Material de Base con la procedencia Levante Interior.

Material de Base	Levante Interior			
	Desarrollo aéreo	Desarrollo radical	Desarrollo parte aérea / radical	Ontogenia
Alaquàs	>=====	>=====	>===	=
Bética Meridional	>=====	=====	>===	=
Bética Septentrional	=====	=====	====	=
Litoral levantino	>=====	=====	====	=
Sudeste	>=====	=====	>===	=
Sur	>=====	=====	>===	=

La tabla anterior indica que hay cierta tendencia a un mayor desarrollo aéreo en la mayoría de los Materiales de Base ensayados con respecto a Levante Interior. Ello repercute, también ligeramente, en desequilibrios entre la parte aérea y radical. Si bien, a la vista de los resultados obtenidos en este trabajo, no es preciso sustituir el cultivo de la procedencia actual, sí es conveniente tenerlo en cuenta ante posibles eventualidades y coyunturas. Por tanto podrían revisarse ciertas prácticas culturales que

## **Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

mejoren el equilibrio entre ambos órganos, tales como el volumen del envase, que podría subirse hasta 300 cm<sup>3</sup>, la fertilización fosfórica (dado su mayor efecto sobre el crecimiento radical), los riegos de endurecimiento a partir de mediados-finales de verano, y el adelanto de las siembras en general para favorecer una mayor madurez de los brinzales al final del cultivo (asociado al estado ontogénico), lo que suele ir acompañado de un re-equilibrio entre raíz y tallo. Esta extensión del tiempo de cultivo es recomendable, ya que podría contribuir significativamente que las plantas estén mejor preparadas y más robustas antes de ser plantadas en el campo, lo que podría tener un impacto positivo en su supervivencia y crecimiento posterior.

Esta última medida, y el aumento de la fertilización en general, también parecen prácticas culturales recomendables independientemente del Material o Materiales de Base a cultivar en el vivero, dado que los tamaños globales obtenidos en este trabajo denotan inferioridad con respecto al estándar de calidad de planta deseable e incluso con respecto al promedio histórico de este vivero.

A pesar de que, en la fase de vivero, los grupos de Material de Base han presentado las diferencias indicadas con respecto a Levante Interior, especialmente en lo que respecta a la altura y el diámetro del cuello de la raíz (excepto Bética Septentrional), estas diferencias no se han trasladado a una respuesta diferencial en la fase de campo. Las variables analizadas (la tasa de mortalidad y el incremento del diámetro al cuello de la raíz como aproximación al desarrollo radical) han sido similares estadísticamente hablando entre Levante interior y el resto de Materiales de Base. Este hallazgo sugiere que, a pesar de las variaciones iniciales en el vivero, una vez trasplantadas al campo, los Materiales de Base evaluados han demostrado una respuesta similar a las condiciones ambientales y de suelo.

A pesar de la rigurosidad de los análisis, es esencial reconocer la provisionalidad de los resultados hasta que se complete la medición post-estival, ya que en la evaluación actual únicamente se dispone de una valoración temprana. Investigaciones anteriores llevadas a cabo en la península (Taïbi et al., 2014), donde se han efectuado las tres mediciones, han señalado que las fuentes de semillas provenientes de regiones con limitaciones ecológicas (climáticas) similares a las áreas de estudio han demostrado un mejor desempeño, sin importar la proximidad geográfica entre el lugar de evaluación y la región de origen de las semillas.

Hay otro matiz importante a reseñar aquí. Tiene que ver con que, aunque los análisis efectuados a la mortalidad no han llegado a recoger diferencias significativas en ningún caso, la procedencia de referencia ha sido superada en un 6% de supervivencia por la procedencia Sur en la plantación de Andilla, en un 5% en la de Cortes por la procedencia Sudeste y en un 2,5% en Pedralba por Bética Meridional. Estas diferencias se han producido bajo un año excepcionalmente escaso en precipitaciones, pues si ven las plantaciones se hicieron todas con tempero adecuado en el suelo, el primer semestre de 2023 ha quedado muy por debajo de la media histórica. Esto puede interpretarse en varios sentidos, por lo que es conveniente subrayar el principio de cautela en los resultados obtenidos y no descartar la migración asistida al 100%.

## **7. CONCLUSIONES**

En el cultivo en vivero, ninguno de los grupos de Material de Base ha mostrado un desempeño inferior en comparación con Levante Interior. Por lo tanto, no parece necesario realizar modificaciones en el régimen de cultivo en función del origen del Material de Base. Sin embargo, prolongar el tiempo de cultivo, como se ha expuesto en el apartado anterior, es una consideración importante para mejorar el desarrollo de las plantas antes de la fase de campo. A pesar de ello, en respuesta a la pregunta de si un mismo régimen de cultivo previamente establecido puede generar diferentes calidades de plantas en otros Materiales de Base, la respuesta es afirmativa. Aunque estas diferencias no han sido muy acusadas en el caso de la procedencia control, sí han sido más notables cuando se compararon con otros grupos de Material de Base.

Poniendo el foco exclusivamente en los resultados de este TFG, la respuesta a la pregunta sobre si la migración asistida es una acción efectiva para garantizar la supervivencia de *Pinus halepensis* frente al

## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

cambio climático es que, en las zonas geográficas donde se ha llevado a cabo el proyecto y con la provisionalidad de los resultados y cautela mencionadas anteriormente, no se considera necesaria la implementación de un proyecto de migración asistida. Esto se debe a que ninguno de los grupos de Material de Base evaluados ha mostrado diferencias significativas en términos de supervivencia en comparación con la procedencia de control. En otras palabras, los resultados indican que las poblaciones locales de *Pinus halepensis* tienen la misma capacidad de adaptarse y sobrevivir en las condiciones climáticas actuales que el resto de los grupos, al menos en el período de tiempo evaluado.

Si se analizan más a fondo, estos resultados pueden deberse a tres hipótesis distintas:

1. **Ineficacia de la migración asistida:** Una posible explicación podría ser que la migración asistida no ha tenido el impacto esperado y que no es necesario para las regiones climáticas en las que se ha llevado a cabo el proyecto.
2. **Tiempo insuficiente para la diferenciación:** Otra posibilidad es que, a corto plazo, no haya habido tiempo para que las poblaciones se diferencien lo suficiente como para reflejar diferencias en la supervivencia y el desarrollo. Es posible que estas diferencias aparezcan en mediciones posteriores, como la medición post-estival.
3. **Condiciones pre-estivales extremas:** Dado que las condiciones meteorológicas de la primavera de 2023 han sido excepcionalmente secas, también es plausible que estas condiciones pre-estivales hayan sido tan desafiantes que incluso la genética de las poblaciones evaluadas no haya sido capaz de enfrentarlas de manera significativa. En este caso, factores ambientales extremos podrían haber tenido un papel dominante en los resultados observados.

Será crucial llevar a cabo una medición post-estival y realizar un análisis más exhaustivo para determinar cuál de estas hipótesis, o si una combinación de ellas es la responsable de los resultados actuales. Estos hallazgos adicionales proporcionarán una comprensión más completa de la efectividad de la migración asistida y las dinámicas de adaptación de las poblaciones en el contexto del cambio climático.

Por último, hay que señalar que, debido a estos resultados, no se ha considerado necesaria la realización de una evaluación económica de lo ventajoso que sería implementar esta estrategia de migración asistida frente a la estrategia de uso de procedencia local, pues la respuesta resulta similar, independientemente del Material de Base.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aitken, S. N., Yeaman, S., Holliday, J. A., Wang, T., & Curtis-McLane, S. (2008). Adaptation, migration or extirpation: Climate change outcomes for tree populations: Climate change outcomes for tree populations. *Evolutionary Applications*, 1(1), 95-111. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2007.00013.x>
- Alvarez-Maldini, C., Acevedo, M., Dumroese, R. K., González, M., & Cartes, E. (2020). Intraspecific Variation in Drought Response of Three Populations of *Cryptocarya alba* and *Persea lingue*, Two Native Species From Mediterranean Central Chile. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1042. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01042>
- Amblar Francés, P., Casado Calle, M. J., Pastor Saavedra, A., Ramos Calzado, P., & Rodríguez Camino, E. (2017). *Guía de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático Sobre España a Partir de los Resultados del IPCC-AR5*. AEMET.
- Atzmon, N., Moshe, Y., & Schiller, G. (2004). Ecophysiological response to severe drought in *Pinus halepensis* Mill. Trees of two provenances. *Plant Ecology (Formerly Vegetatio)*, 171(1/2), 15-22. <https://doi.org/10.1023/B:VEGE.0000029371.44518.38>

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

- Baquedano, F. J., & Castillo, F. J. (2006). Comparative ecophysiological effects of drought on seedlings of the Mediterranean water-saver *Pinus halepensis* and water-spenders *Quercus coccifera* and *Quercus ilex*. *Trees*, 20(6), 689-700. <https://doi.org/10.1007/s00468-006-0084-0>
- Brouwer, R. (1963). *Some aspects of the equilibrium between overground and underground plant parts. Jaarboek van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig onderzoek aan Landbouwgewassen 1963* (31-39).
- Climent, J., Prada, M. A., Calama, R., Chambel, M. R., De Ron, D. S., & Alía, R. (2008). To grow or to seed: Ecotypic variation in reproductive allocation and cone production by young female Aleppo pine (*Pinus halepensis*, Pinaceae). *American Journal of Botany*, 95(7), 833-842. <https://doi.org/10.3732/ajb.2007354>
- Del Campo, A. D., Navarro Cerrillo, R. M., Hermoso, J., & Ibáñez, A. J. (2007). Relationships between site and stock quality in *Pinus halepensis* Mill. Reforestation on semiarid landscapes in eastern Spain. *Annals of Forest Science*, 64(7), 719-731. <https://doi.org/10.1051/forest:2007052>
- Del Campo, A. D., Navarro-Cerrillo, R. M., Hermoso, J., & Ibáñez, A. J. (2007). Relationship between root growth potential and field performance in Aleppo pine. *Annals of Forest Science*, 64(5), 541-548. <https://doi.org/10.1051/forest:2007031>
- Del Campo, A. D., Segura-Orenga, G., Bautista, I., Ceacero, C. J., González-Sanchis, M., Molina, A. J., & Hermoso, J. (2021). Assessing reforestation failure at the project scale: The margin for technical improvement under harsh conditions. A case study in a Mediterranean Dryland. *Science of The Total Environment*, 796, 148952. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148952>
- Del Campo, A. D., Segura-Orenga, G., Molina, A. J., González-Sanchis, M., Reyna, S., Hermoso, J., & Ceacero, C. J. (2022). On the Need to Further Refine Stock Quality Specifications to Improve Reforestation under Climatic Extremes. *Forests*, 13(2), 168. <https://doi.org/10.3390/f13020168>
- Gonzalez, A., Ronce, O., Ferriere, R., & Hochberg, M. E. (2013). Evolutionary rescue: An emerging focus at the intersection between ecology and evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1610), 20120404. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0404>
- Hewitt, N., Klenk, N., Smith, A. L., Bazely, D. R., Yan, N., Wood, S., MacLellan, J. I., Lipsig-Mumme, C., & Henriques, I. (2011). Taking stock of the assisted migration debate. *Biological Conservation*, 144(11), 2560-2572. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.04.0314>
- ICV. Institut Cartogràfic Valencià. <https://icv.gva.es/va/>
- IGME. Instituto Geológico y Minero de España. <https://www.igme.es/>
- IGN. Instituto Geográfico Nacional. <http://www.ign.es/web/ign/portal>
- Iwasa, Y., & Roughgarden, J. (1984). Shoot/root balance of plants: Optimal growth of a system with many vegetative organs. *Theoretical Population Biology*, 25(1), 78-105. [https://doi.org/10.1016/0040-5809\(84\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0040-5809(84)90007-8)
- Klein, T., Cohen, S., & Yakir, D. (2011). Hydraulic adjustments underlying drought resistance of *Pinus halepensis*. *Tree Physiology*, 31(6), 637-648. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpr047>
- Morales Pérez, E. (2018). *Indicadores de calidad de planta en viveros forestales del Estado de Tamaulipas*. [Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/15965/1/1080290166.pdf>

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

- Muñoz Sabater, J., (2019): ERA5-Land monthly averaged data from 1981 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi:10.24381/cds.68d2bb30>
- Navarro-Cerrillo, R. M., Del Campo, A. D., Ceacero, C. J., Quero, J. L., & Hermoso De Mena, J. (2014). On the importance of topography, site quality, stock quality and planting date in a semiarid plantation: Feasibility of using low-density LiDAR. *Ecological Engineering*, 67, 25-38. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.03.011>
- Pérez-Romero, J., Campo, A. D., González-Sanchis, M., Molina, A. J., Cano, L. B., & Lucas-Borja, M. E. (2022). BADE, a tool for Burnt Areas Detection & Evolution. En D. X. Viegas & L. M. Ribeiro, *Advances in Forest Fire Research 2022* (1.ª Edição, pp. 99-104). Imprensa da Universidade de Coimbra. [https://doi.org/10.14195/978-989-26-2298-9\\_15](https://doi.org/10.14195/978-989-26-2298-9_15)
- Poorter, H., Niklas, K. J., Reich, P. B., Oleksyn, J., Poot, P., & Mommer, L. (2012). Biomass allocation to leaves, stems and roots: Meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193(1), 30-50. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x>
- Prieto González, E. (2011). *Aplicación de diversos índices ontogénicos al desarrollo de brinzales forestales en vivero como indicadores del cultivo y la calidad de planta*. Universitat Politècnica de València.
- Rodríguez, T. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. Universidad autónoma Chapingo. Mundi Prensa México.
- Ruano Martínez, J. R. (2008). *Viveros forestales: Manual de cultivo y proyectos* (2a ed). Mundi-Prensa.
- Sáenz-Romero, C., Guzmán-Reyna, R. R., & Rehfeldt, G. E. (2006). Altitudinal genetic variation among *Pinus oocarpa* populations in Michoacán, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 229(1-3), 340-350. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.04.014>
- Segura Orenga, G. (2023). *Estudio del establecimiento de repoblaciones forestales en el ámbito mediterráneo mediante un análisis holístico de factores técnicos y ecológicos*. Universitat Politècnica de València.
- Soto, A., Robledo-Arnuncio, J. J., González-Martínez, S. C., Smouse, P. E., & Alía, R. (2010). Climatic niche and neutral genetic diversity of the six Iberian pine species: A retrospective and prospective view. *Molecular Ecology*, 19(7), 1396-1409. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2010.04571.x>
- Taïbi, K., del Campo, A. D., Mulet, J. M., Flors, J., & Aguado, A. (2014). Testing Aleppo pine seed sources response to climate change by using trial sites reflecting future conditions. *New Forests*, 45(5), 603-624. <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9423-y>
- Twardek, W. M., Taylor, J. J., Rytwinski, T., Aitken, S. N., MacDonald, A. L., Van Bogaert, R., & Cooke, S. J. (2023). The application of assisted migration as a climate change adaptation tactic: An evidence map and synthesis. *Biological Conservation*, 280, 109932. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.109932>
- Voltas, J., Chambel, M. R., Prada, M. A., & Ferrio, J. P. (2008). Climate-related variability in carbon and oxygen stable isotopes among populations of Aleppo pine grown in common-garden tests. *Trees*, 22(6), 759-769. <https://doi.org/10.1007/s00468-008-0236-5>
- Williams, M. I., & Dumroese, R. K. (2013). Preparing for Climate Change: Forestry and Assisted Migration. *Journal of Forestry*, 111(4), 287-297. <https://doi.org/10.5849/jof.13-016>



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

# **ANEXO I. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

Curso académico: 2022 – 2023

Autora: Laura Arnal Roig

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

## ÍNDICE

1.	ENTORNO DE PROGRAMACIÓN	1
2.	OBTENCIÓN DE MODELOS	1
2.1.	Metodología empleada .....	2
2.2.	Modelo de regresión para el peso seco foliar .....	2
2.3.	Modelo de regresión para el peso seco aéreo .....	4
2.4.	Modelo de regresión para el peso seco total.....	6
2.5.	Discusión de los resultados .....	8
3.	CULTIVO EN VIVERO	8
3.1.	Gráficos de líneas individuales de los pesos secos.....	12
3.2.	Estados ontogénicos .....	14
4.	CALIDAD DE PLANTA	17
4.1.	Metodología aplicada para el análisis.....	17
4.1.1.	Análisis de varianza (ANOVA).....	18
4.1.2.	La prueba de Kruskal-Wallis.....	18
4.2.	Análisis de la altura .....	19
4.3.	Análisis del diámetro.....	23
4.4.	Análisis de la esbeltez (H/D).....	27
4.5.	Análisis de los pesos secos .....	31
4.5.1.	Peso seco foliar.....	31
4.5.2.	Peso seco aéreo.....	35
4.5.3.	Peso seco radical .....	39
4.5.4.	Peso seco total .....	42
4.5.5.	Cociente entre el peso seco aéreo y peso seco radical.....	46
4.6.	Análisis del Índice de Dickson .....	50
4.7.	Caracterización de las raíces .....	52
4.7.1.	Longitud radical total .....	53
4.7.2.	Superficie radical.....	55
4.7.3.	Diámetro medio radical .....	58
4.7.4.	Número de puntas.....	60
4.7.5.	Fibrosidad.....	62
4.8.	Superficie foliar proyectada .....	64
4.9.	Área foliar específica (SLA) .....	67
4.10.	Análisis de la ontogénia.....	69
5.	DESARROLLO Y SUPERVIVENCIA	70
5.1.	Análisis descriptivo .....	70
5.2.	Análisis de mortalidad en la medición pre-estival .....	71
5.3.	Análisis del desarrollo: incremento del diámetro del cuello de la raíz.....	74
5.3.1.	Parcela de Andilla .....	74
5.3.2.	Parcela de Pedralba .....	78
5.3.3.	Parcela de Cortes de Pallás.....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Análisis descriptivo del peso seco foliar del archivo histórico de La Hunde.....	2
<b>Tabla 2.</b>	Resumen de la validación cruzada del modelo polinómico del peso seco foliar.....	2
<b>Tabla 3.</b>	Resultados del Test de Shapiro-Wilk (normalidad) para el modelo del peso seco foliar.....	3
<b>Tabla 4.</b>	Resultados del Test de Breusch-Pagan (prueba de homocedasticidad) para el modelo del peso seco foliar.....	3
<b>Tabla 5.</b>	Resultados de la prueba de linealidad (basado en la prueba de Wald) para el modelo del peso seco foliar.....	3
<b>Tabla 6.</b>	Resultados de la prueba de independencia de los residuos (estadístico de Durbin-Watson) para el modelo del peso seco foliar.....	3
<b>Tabla 7.</b>	Coefficientes del modelo del peso seco foliar.....	4

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

<b>Tabla 8.</b> Análisis descriptivo del peso seco aéreo del archivo histórico de La Hunde.....	4
<b>Tabla 9.</b> Resumen de la validación cruzada del modelo polinómico del peso seco aéreo.....	4
<b>Tabla 10.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk (normalidad) para el modelo del peso seco aéreo.....	5
<b>Tabla 11.</b> Resultados del Test de Breusch-Pagan (prueba de homocedasticidad) para el modelo del peso seco aéreo.....	5
<b>Tabla 12.</b> Resultados de la prueba de linealidad (basado en la prueba de Wald) para el modelo del peso seco aéreo.....	5
<b>Tabla 13.</b> Resultados de la prueba de independencia de los residuos (estadístico de Durbin-Watson) para el modelo del peso seco aéreo.....	5
<b>Tabla 14.</b> Coeficientes del modelo del peso seco aéreo.....	6
<b>Tabla 15.</b> Análisis descriptivo del peso seco total del archivo histórico de La Hunde.....	6
<b>Tabla 16.</b> Resumen de la validación cruzada del modelo polinómico del peso seco total.....	6
<b>Tabla 17.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk (normalidad) para el modelo del peso seco total.....	7
<b>Tabla 18.</b> Resultados del Test de Breusch-Pagan (prueba de homocedasticidad) para el modelo del peso seco total.....	7
<b>Tabla 19.</b> Resultados de la prueba de linealidad (basado en la prueba de Wald) para el modelo del peso seco total.....	7
<b>Tabla 20.</b> Resultados de la prueba de independencia de los residuos (estadístico de Durbin-Watson) para el modelo del peso seco total.....	7
<b>Tabla 21.</b> Coeficientes del modelo del peso seco total.....	8
<b>Tabla 22.</b> Resumen de medias, medianas y desviaciones estándar de la altura, el diámetro del cuello de la raíz y los estados ontogénicos por fechas.....	8
<b>Tabla 23.</b> Resumen de medias y desviaciones estándar de los pesos secos por fechas.....	9
<b>Tabla 24.</b> Resumen de medias y desviaciones estándar de los crecimientos en altura y diámetro del cuello de la raíz por fechas.....	11
<b>Tabla 25.</b> Frecuencias de cada estado ontogénico (EO) por fechas y Material de Base (MB).....	14
<b>Tabla 26.</b> Análisis descriptivo de la altura.....	19
<b>Tabla 27.</b> Análisis descriptivo de la altura sin datos atípicos.....	20
<b>Tabla 28.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de materiales de base para la altura.....	21
<b>Tabla 29.</b> Resultados del Test de Bartlett para la altura.....	21
<b>Tabla 30.</b> Coeficiente de Correlación de Spearman entre la altura y el Material de Base.....	21
<b>Tabla 31.</b> Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis de la altura.....	21
<b>Tabla 32.</b> Resultados de la prueba post-hoc de la altura.....	22
<b>Tabla 33.</b> Análisis descriptivo del diámetro.....	23
<b>Tabla 34.</b> Análisis descriptivo del diámetro sin datos atípicos.....	24
<b>Tabla 35.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el diámetro.....	25
<b>Tabla 36.</b> Resultados del Test de Bartlett para el diámetro.....	25
<b>Tabla 37.</b> Coeficiente de Correlación de Spearman entre el diámetro y el Material de Base.....	25
<b>Tabla 38.</b> Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro.....	25
<b>Tabla 39.</b> Resultados de la prueba post-hoc del diámetro.....	25
<b>Tabla 40.</b> Análisis descriptivo de la esbeltez.....	27
<b>Tabla 41.</b> Análisis descriptivo de la esbeltez con datos limpios.....	28
<b>Tabla 42.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la esbeltez.....	29
<b>Tabla 43.</b> Resultados del Test de Bartlett para la esbeltez.....	29
<b>Tabla 44.</b> Coeficiente de Correlación de Pearson entre la esbeltez y el Material de Base.....	29
<b>Tabla 45.</b> Resultados de la prueba ANOVA para la esbeltez.....	29
<b>Tabla 46.</b> Resultados del análisis post-hoc para la esbeltez.....	29
<b>Tabla 47.</b> Análisis descriptivo del peso seco foliar.....	31
<b>Tabla 48.</b> Análisis descriptivo del peso seco foliar sin datos atípicos.....	32
<b>Tabla 49.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el peso seco foliar.....	33
<b>Tabla 50.</b> Resultados del Test de Bartlett para el peso seco foliar.....	33
<b>Tabla 51.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre el peso seco foliar y el Material de Base.....	33
<b>Tabla 52.</b> Resultados de la prueba ANOVA del peso seco foliar.....	33
<b>Tabla 53.</b> Resultados de la prueba post-hoc del peso seco foliar.....	34

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

<b>Tabla 54.</b> Análisis descriptivo del peso seco aéreo para cada grupo de Material de Base. ....	35
<b>Tabla 55.</b> Análisis descriptivo del peso seco aéreo sin datos atípicos. ....	36
<b>Tabla 56.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el peso seco aéreo. .....	37
<b>Tabla 57.</b> Resultados del Test de Bartlett para el peso seco aéreo. ....	37
<b>Tabla 58.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre el peso seco aéreo y el Material de Base. ....	37
<b>Tabla 59.</b> Resultados de la prueba ANOVA para el peso seco aéreo. ....	37
<b>Tabla 60.</b> Resultados de la prueba post-hoc del peso seco aéreo. ....	37
<b>Tabla 61.</b> Análisis descriptivo del peso seco radical. ....	39
<b>Tabla 62.</b> Análisis descriptivo del peso seco radical sin valores atípicos. ....	40
<b>Tabla 63.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el peso seco radical. .....	40
<b>Tabla 64.</b> Resultados del Test de Bartlett para el peso seco radical. ....	41
<b>Tabla 65.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre el peso seco radical y el Material de Base. ....	41
<b>Tabla 66.</b> Resultados de la prueba ANOVA del peso seco radical. ....	41
<b>Tabla 67.</b> Resultados de la prueba post-hoc del peso seco radical. ....	41
<b>Tabla 68.</b> Análisis descriptivo del peso seco total. ....	42
<b>Tabla 69.</b> Análisis descripto del peso seco total sin valores atípicos. ....	43
<b>Tabla 70.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el peso seco total. .....	44
<b>Tabla 71.</b> Resultados del Test de Bartlett para el peso seco total. ....	44
<b>Tabla 72.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre el peso seco total y el Material de Base. ....	44
<b>Tabla 73.</b> Resultados de la prueba ANOVA del peso seco total. ....	44
<b>Tabla 74.</b> Resultados de la prueba post-hoc del peso seco total. ....	45
<b>Tabla 75.</b> Análisis descriptivo del cociente entre peso seco aéreo y el radical. ....	46
<b>Tabla 76.</b> Análisis descriptivo del cociente entre el cociente del peso seco aéreo y el peso seco radical sin valores atípicos. ....	47
<b>Tabla 77.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el cociente entre el peso seco aéreo y peso seco radical. ....	48
<b>Tabla 78.</b> Resultados del Test de Bartlett para el cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical. .....	48
<b>Tabla 79.</b> Coeficiente de correlación de Spearman entre el cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical, y el Material de Base. ....	48
<b>Tabla 80.</b> Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical. ....	48
<b>Tabla 81.</b> Resultados de la prueba post-hoc del cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical. .....	48
<b>Tabla 82.</b> Análisis descriptivo del Índice de Dickson (QI). ....	50
<b>Tabla 83.</b> Análisis descriptivo del Índice de Dickson sin datos atípicos. ....	51
<b>Tabla 84.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la altura. ....	51
<b>Tabla 85.</b> Resultados del Test de Bartlett para el Índice de Dickson. ....	52
<b>Tabla 86.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre la Índice de Dickson y el Material de Base. ...	52
<b>Tabla 87.</b> Resultado de la prueba ANOVA para el Índice de Dickson. ....	52
<b>Tabla 88.</b> Análisis descriptivo de la longitud radical total. ....	53
<b>Tabla 89.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la longitud radical total. ....	53
<b>Tabla 90.</b> Resultados del Test de Bartlett para la longitud radical total. ....	54
<b>Tabla 91.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre la longitud radical total y el Material de Base. ....	54
<b>Tabla 92.</b> Resultados de la prueba ANOVA de la longitud radical total. ....	54
<b>Tabla 93.</b> Resultados de la prueba post-hoc de la longitud radical. ....	54
<b>Tabla 94.</b> Análisis descriptivo de la superficie radical. ....	55
<b>Tabla 95.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la superficie radical. .....	56
<b>Tabla 96.</b> Resultados del Test de Bartlett para la superficie radical. ....	56
<b>Tabla 97.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre la altura y el Material de Base. ....	56

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

<b>Tabla 98.</b> Resultados de la prueba ANOVA de la superficie radical. ....	57
<b>Tabla 99.</b> Resultados de la prueba post-hoc de la superficie radical. ....	57
<b>Tabla 100.</b> Análisis descriptivo del diámetro medio radical. ....	58
<b>Tabla 101.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el diámetro medio radical. ....	59
<b>Tabla 102.</b> Resultados del Test de Bartlett para el diámetro medio radical. ....	59
<b>Tabla 103.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre el diámetro medio radical y el Material de Base. ....	59
<b>Tabla 104.</b> Resultados de la prueba post-hoc del diámetro medio radical. ....	60
<b>Tabla 105.</b> Análisis descriptivo del número de puntas. ....	60
<b>Tabla 106.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el número de puntas. ....	61
<b>Tabla 107.</b> Resultados del Test de Bartlett para el número de puntas. ....	61
<b>Tabla 108.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre el número de puntas y el Material de Base. .	61
<b>Tabla 109.</b> Resultados de la prueba ANOVA del número de puntas. ....	62
<b>Tabla 110.</b> Análisis descriptivo de la fibrosidad. ....	62
<b>Tabla 111.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la fibrosidad. ..	63
<b>Tabla 112.</b> Resultados del Test de Bartlett para la fibrosidad. ....	63
<b>Tabla 113.</b> Coeficiente de correlación de Spearman entre la fibrosidad y el Material de Base. ....	63
<b>Tabla 114.</b> Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis de la fibrosidad. ....	64
<b>Tabla 115.</b> Análisis descriptivo de la superficie foliar. ....	64
<b>Tabla 116.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la superficie foliar. ....	65
<b>Tabla 117.</b> Resultados del Test de Bartlett para la superficie foliar. ....	65
<b>Tabla 118.</b> Coeficiente de correlación de Spearman entre la superficie foliar y el Material de Base. .	65
<b>Tabla 119.</b> Resultados de la prueba ANOVA de la superficie radical. ....	66
<b>Tabla 120.</b> Resultados de la prueba post-hoc de la superficie foliar. ....	66
<b>Tabla 121.</b> Análisis descriptivo del área foliar específica. ....	67
<b>Tabla 122.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el área foliar específica. ....	68
<b>Tabla 123.</b> Resultados del Test de Bartlett para el área foliar específica. ....	68
<b>Tabla 124.</b> Coeficiente de correlación de Spearman entre el área foliar específica y el Material de Base. ....	68
<b>Tabla 125.</b> Resultados de la prueba Kruskal-Wallis del área foliar específica. ....	69
<b>Tabla 126.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para los estados ontogénicos. ....	69
<b>Tabla 127.</b> Resultados del Test de Bartlett para los estados ontogénicos. ....	69
<b>Tabla 128.</b> Coeficiente de correlación de Spearman entre los estados ontogénicos y el Material de Base. ....	70
<b>Tabla 129.</b> Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de los estados ontogénicos. ....	70
<b>Tabla 130.</b> Análisis descriptivo de los resultados obtenidos en campo. ....	70
<b>Tabla 131.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la mortalidad de Andilla. ....	71
<b>Tabla 132.</b> Resultados del Test de Bartlett para la mortalidad de Andilla. ....	72
<b>Tabla 133.</b> Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de la mortalidad de Andilla. ....	72
<b>Tabla 134.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la mortalidad de Pedralba. ....	72
<b>Tabla 135.</b> Resultados del Test de Bartlett para la mortalidad de Pedralba. ....	72
<b>Tabla 136.</b> Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de la mortalidad de Pedralba. ....	72
<b>Tabla 137.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la mortalidad de Cortes de Pallás. ....	72
<b>Tabla 138.</b> Resultados del Test de Bartlett para la mortalidad de Cortes de Pallás. ....	73
<b>Tabla 139.</b> Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de la mortalidad de Cortes de Pallás. ....	73
<b>Tabla 140.</b> Resultados de ANCOVA de Andilla con covariable altura. ....	73
<b>Tabla 141.</b> Resultados de ANCOVA de Andilla con covariable DCR. ....	73

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

<b>Tabla 142.</b> Resultados de ANCOVA de Pedralba con covariable altura.....	73
<b>Tabla 143.</b> Resultados de ANCOVA de Pedralba con covariable DCR. ....	73
<b>Tabla 144.</b> Resultados de ANCOVA de Cortes de Pallás con covariable altura.....	74
<b>Tabla 145.</b> Resultados de ANCOVA de Cortes de Pallás con covariable DCR.....	74
<b>Tabla 146.</b> Análisis descriptivo del incremento del diámetro en Andilla.....	74
<b>Tabla 147.</b> Análisis descriptivo del diámetro sin datos atípicos.....	75
<b>Tabla 148.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el incremento del diámetro en Andilla. ....	76
<b>Tabla 149.</b> Resultados del Test de Bartlett para el incremento del diámetro en Andilla.....	76
<b>Tabla 150.</b> Coeficiente de Correlación de Spearman entre el incremento del diámetro y el Material de Base en Andilla. ....	76
<b>Tabla 151.</b> Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el incremento del diámetro en Andilla. ...	76
<b>Tabla 152.</b> Resultados de la prueba post-hoc del incremento del diámetro en Andilla.....	77
<b>Tabla 153.</b> Análisis descriptivo del incremento del diámetro en Pedralba.....	78
<b>Tabla 154.</b> Análisis descriptivo del diámetro sin datos atípicos.....	79
<b>Tabla 155.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el incremento del diámetro en Pedralba. ....	80
<b>Tabla 156.</b> Resultados del Test de Bartlett para el incremento del diámetro en Pedralba.....	80
<b>Tabla 157.</b> Coeficiente de Correlación de Spearman entre el incremento del diámetro y el Material de Base en Pedralba. ....	80
<b>Tabla 158.</b> Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el incremento del diámetro en Pedralba. .	80
<b>Tabla 159.</b> Resultados de la prueba post-hoc del incremento del diámetro en Pedralba.....	81
<b>Tabla 160.</b> Análisis descriptivo del incremento del diámetro en Cortes de Pallás.....	82
<b>Tabla 161.</b> Análisis descriptivo del diámetro sin datos atípicos.....	83
<b>Tabla 162.</b> Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el incremento del diámetro en Cortes de Pallás. ....	84
<b>Tabla 163.</b> Resultados del Test de Bartlett para el incremento del diámetro en Cortes de Pallás. ....	84
<b>Tabla 164.</b> Coeficiente de Correlación de Spearman entre el incremento del diámetro y el Material de Base en Cortes de Pallás.....	84
<b>Tabla 165.</b> Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el incremento del diámetro en Cortes de Pallás. ....	84
<b>Tabla 166.</b> Resultados de la prueba post-hoc del incremento del diámetro en Cortes de Pallás. ....	85

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Gráfico de residuos de modelo polinómico del peso seco foliar.....	3
<b>Gráfico 2.</b> Gráfico de residuos de modelo polinómico del peso seco aéreo.....	5
<b>Gráfico 3.</b> Gráfico de residuos de modelo polinómico del peso seco total. ....	7
<b>Gráfico 4.</b> Gráfico de líneas individuales de los pesos secos foliares. ....	12
<b>Gráfico 5.</b> Gráfico de líneas individuales de los pesos secos aéreos. ....	13
<b>Gráfico 6.</b> Gráfico de líneas individuales de los pesos secos radicales. ....	13
<b>Gráfico 7.</b> Gráfico de líneas individuales de los pesos secos totales.....	14
<b>Gráfico 8.</b> Diagrama de cajas y bigotes de alturas para cada grupo de Material de Base. ....	20
<b>Gráfico 9.</b> Diagrama de cajas y bigotes de alturas sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base. ....	20
<b>Gráfico 10.</b> Diagrama de cajas y bigotes de alturas con significancias.....	23
<b>Gráfico 11.</b> Diagrama de cajas y bigotes de diámetros para cada grupo de Material de Base. ....	24
<b>Gráfico 12.</b> Diagrama de cajas y bigotes de diámetros sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base. ....	24
<b>Gráfico 13.</b> Diagrama de cajas y bigotes de diámetros con significancias.....	27
<b>Gráfico 14.</b> Diagrama de cajas y bigotes de la esbeltez según grupo de Material de Base. ....	28
<b>Gráfico 15.</b> Diagrama de cajas y bigotes de la esbeltez con datos limpiados según grupo de Material de Base. ....	28
<b>Gráfico 16.</b> Gráfico de cajas y bigotes de la esbeltez con significancias. ....	31

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

<b>Gráfico 17.</b> Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos foliares para cada grupo de Material de Base.	32
<b>Gráfico 18.</b> Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos foliares con valores limpios para cada grupo de Material de Base.	32
<b>Gráfico 19.</b> Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos foliares con significancias.	35
<b>Gráfico 20.</b> Diagrama de cajas y bigotes de los pesos secos aéreos para cada grupo de Material de Base.	36
<b>Gráfico 21.</b> Diagrama de cajas para el peso seco aéreo sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base.	36
<b>Gráfico 22.</b> Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos aéreos con significancias.	38
<b>Gráfico 23.</b> Diagrama de cajas y bigotes de peso seco radical para cada grupo de Material de Base.	39
<b>Gráfico 24.</b> Diagrama de cajas y bigotes de peso seco radical sin valores atípicos para cada grupo de Material de Base.	40
<b>Gráfico 25.</b> Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos radicales con significancias.	42
<b>Gráfico 26.</b> Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos totales para cada grupo de Material de Base.	43
<b>Gráfico 27.</b> Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos totales sin valores atípicos para cada grupo de Material de Base.	43
<b>Gráfico 28.</b> Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos totales con significancias.	46
<b>Gráfico 29.</b> Diagrama de cajas y bigotes del cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical.	47
<b>Gráfico 30.</b> Diagrama de cajas y bigotes del cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical sin valor atípicos.	47
<b>Gráfico 31.</b> Diagrama de cajas y bigotes del cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical con significancias.	49
<b>Gráfico 32.</b> Diagrama de cajas y bigotes del Índice de Dickson para cada grupo de Material de Base.	50
<b>Gráfico 33.</b> Diagrama de cajas y bigotes del Índice de Dickson para cada grupo de Material de Base sin valores atípicos.	51
<b>Gráfico 34.</b> Diagrama de cajas y bigotes del Índice de Dickson con significancias.	52
<b>Gráfico 35.</b> Diagrama de cajas y bigotes de la longitud radical total para cada grupo de Material de Base.	53
<b>Gráfico 36.</b> Diagrama de cajas y bigotes de la longitud radical total con significancias.	55
<b>Gráfico 37.</b> Diagrama de cajas y bigotes de la superficie radical para cada grupo de Material de Base.	56
<b>Gráfico 38.</b> Diagrama de cajas y bigotes de la superficie radical con significancias.	58
<b>Gráfico 39.</b> Diagrama de cajas y bigotes del diámetro medio radical para cada grupo de Material de Base.	59
<b>Gráfico 40.</b> Diagrama de cajas y bigotes del diámetro media radical con significancias.	60
<b>Gráfico 41.</b> Diagrama de cajas y bigotes del número de puntas para cada Material de Base.	61
<b>Gráfico 42.</b> Diagrama de cajas y bigotes del número de puntas radicales con significancias.	62
<b>Gráfico 43.</b> Diagrama de cajas y bigotes de la fibrosidad para cada grupo de Material de Base.	63
<b>Gráfico 44.</b> Diagrama de cajas y bigotes de la fibrosidad de las raíces con significancias.	64
<b>Gráfico 45.</b> Diagrama de cajas y bigotes de la superficie foliar para cada grupo de Material de Base.	65
<b>Gráfico 46.</b> Diagrama de cajas y bigotes de la superficie foliar proyectada con significancias.	67
<b>Gráfico 47.</b> Diagrama de cajas y bigotes del área foliar específica para cada grupo de Material de Base.	68
<b>Gráfico 48.</b> Diagrama de cajas y bigotes del área foliar específica con significancias.	69
<b>Gráfico 49.</b> Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros para cada grupo de Material de Base en Andilla.	75
<b>Gráfico 50.</b> Diagrama de cajas y bigotes de diámetros sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base en Andilla.	75
<b>Gráfico 51.</b> Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros con significancias en Andilla.	78
<b>Gráfico 52.</b> Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros para cada grupo de Material de Base en Pedralba.	79

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

<b>Gráfico 53.</b> Diagrama de cajas y bigotes de diámetros sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base en Pedralba. ....	79
<b>Gráfico 54.</b> Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros con significancias en Pedralba. ....	82
<b>Gráfico 55.</b> Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros para cada grupo de Material de Base en Cortes de Pallás.....	83
<b>Gráfico 56.</b> Diagrama de cajas y bigotes de diámetros sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base en Cortes de Pallás.....	83
<b>Gráfico 57.</b> Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros con significancias en Cortes de Pallás. ....	86

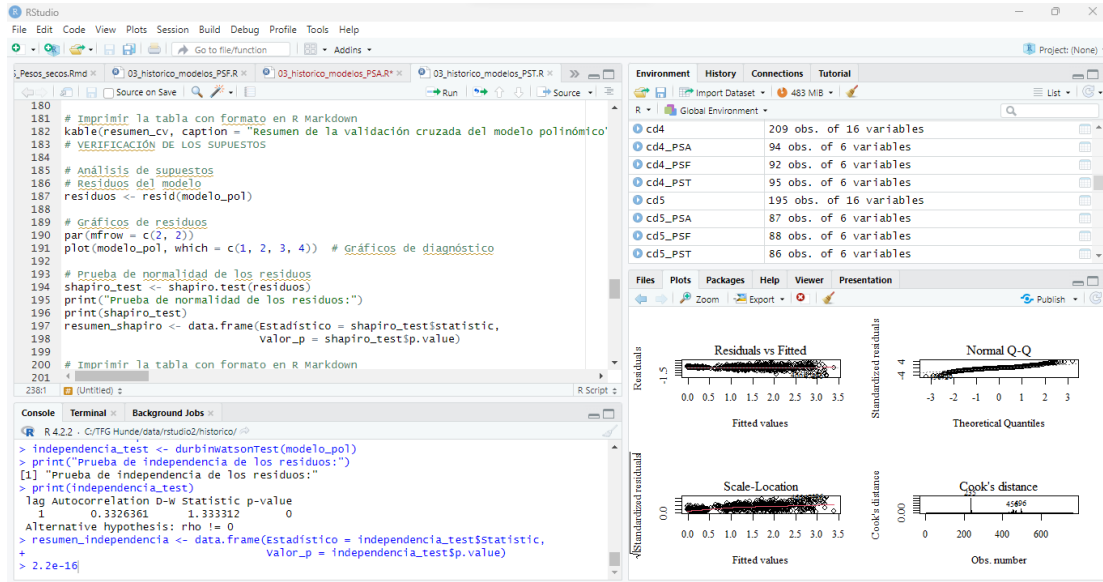


# Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

## 1. ENTORNO DE PROGRAMACIÓN

Todas las pruebas estadísticas incluidas en este trabajo fueron realizadas utilizando el entorno de programación RStudio. Se trata de un entorno de desarrollo integrado (IDE) para el lenguaje de programación R, dedicado a la computación estadística y gráficos. Incluye una consola, editor de sintaxis que apoya la ejecución de código, así como herramientas para el trazado, la depuración y la gestión del espacio de trabajo.

Figura 1. Ejemplo del entorno de programación RStudio.



## 2. OBTENCIÓN DE MODELOS

Con el objetivo de ver la evolución de los pesos secos a lo largo del periodo de medición en vivero, se han aplicado modelos predictivos para la obtención de estos valores. Para ello, se utilizaron datos históricos sobre diferentes atributos de *Pinus halepensis* de varios viveros de la Comunidad Valenciana. La necesidad de recurrir a un archivo histórico se debió a la técnica destructiva utilizada para obtener los pesos secos. Dado que esta técnica solo se llevó a cabo una vez, la muestra resultante fue pequeña, lo que dificultó la obtención de un modelo ajustado y preciso para estudiar la tendencia de crecimiento en el tiempo.

Para abordar este desafío y obtener una muestra más representativa, se utilizó el archivo histórico, proporcionado por el tutor de este TFG y sin publicar, que contenía datos de diferentes semanas y viveros. Esto permitió ampliar la muestra y obtener una visión más completa de la tendencia de crecimiento en el tiempo para los atributos estudiados.

Además, debido a que las variables no se midieron en las mismas semanas en todos los viveros, se llevó a cabo un análisis de significancias entre viveros utilizando clases diamétricas con intervalos de 0.25 mm.

Obtenidas las diferencias para cada atributo, se tomaron decisiones individuales para cada variable y clase diamétrica. Específicamente, se excluyeron los viveros que mostraban diferencias significativas con La Hundé para una variable y una clase diamétrica en particular. Por ejemplo, si el peso seco foliar presentaba diferencias significativas entre La Hundé y el vivero Hontanar en los diámetros de 1.75-2 mm, se excluyó Hontanar únicamente para el análisis del modelo de peso seco foliar en esa clase diamétrica específica, y no para el resto de las clases diamétricas ni atributos.

## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

Hay que puntualizar que, al utilizarse en todos los modelos la altura como covariable, se eliminaron para todos los pesos secos todos los viveros que presentaban diferencias significativas en cuanto a la altura con La Hunde, siguiendo el mismo procedimiento explicado en el apartado anterior.

Esta estrategia de decisiones individuales permitió obtener resultados más precisos y comparables entre los viveros, al eliminar los efectos significativos que podrían estar influyendo en los datos. Al considerar las diferencias entre los viveros de manera específica para cada atributo y clase diamétrica, se aseguró una interpretación más sólida y fiable de los resultados.

En resumen, la utilización del archivo histórico de datos fue fundamental para ampliar la muestra y obtener una tendencia de crecimiento más sólida en el tiempo. Al combinar esto con un análisis detallado y específico por atributo y clase diamétrica, se logró una interpretación más fiable y significativa de los resultados.

Además, es importante mencionar que el modelo se aplicará para las diferentes regiones de procedencia debido a que, en el análisis de calidad de planta realizado con los datos, no se encontraron diferencias significativas entre Levante interior y ninguna de las procedencias en relación con los pesos secos.

### 2.1. Metodología empleada

Se han obtenido modelos de regresión polinómica y realizado pruebas para validar los supuestos del modelo. Los pasos por seguir han sido los siguientes:

1. Análisis de estadísticas descriptivas: Se calculan medidas estadísticas descriptivas como la media, mediana, desviación estándar, mínimo, máximo y cantidad de observaciones para cada vivero.
2. Validación cruzada: Se realiza una validación cruzada utilizando el modelo de regresión polinómico ajustado previamente. La validación cruzada es una técnica para evaluar el rendimiento del modelo y evitar el sobreajuste. En este caso, se ha aplicado la validación cruzada con 200 particiones utilizando la biblioteca "caret" en R.
3. Pruebas de supuestos: Se realizan pruebas para verificar los supuestos del modelo, como la normalidad de los residuos, homogeneidad de varianzas y linealidad.
4. Obtener la ecuación del modelo: Se obtiene la ecuación del modelo de regresión polinómico con los coeficientes ajustados y se redondean a cuatro decimales.

### 2.2. Modelo de regresión para el peso seco foliar

1. Análisis descriptivo para el peso seco foliar en el vivero de La Hunde del archivo histórico:

**Tabla 1.** Análisis descriptivo del peso seco foliar del archivo histórico de La Hunde.

Variable	Media	Mediana	SD	Mínimo	Máximo	N
PSF	0,519	0,514	0,356	0,026	1,550	782

**Notas:** PSF: Peso seco foliar en gramos; SD: Desviación estándar; N: Tamaño de la muestra.

3. Validación cruzada del modelo polinómico:  $PSF = a \cdot DCR + b \cdot DCR^2 + c \cdot H + d \cdot H^2$ ; siendo PSF el peso seco foliar en gramos, DCR el diámetro del cuello de la raíz en milímetros y H la altura en centímetros.

**Tabla 2.** Resumen de la validación cruzada del modelo polinómico del peso seco foliar.

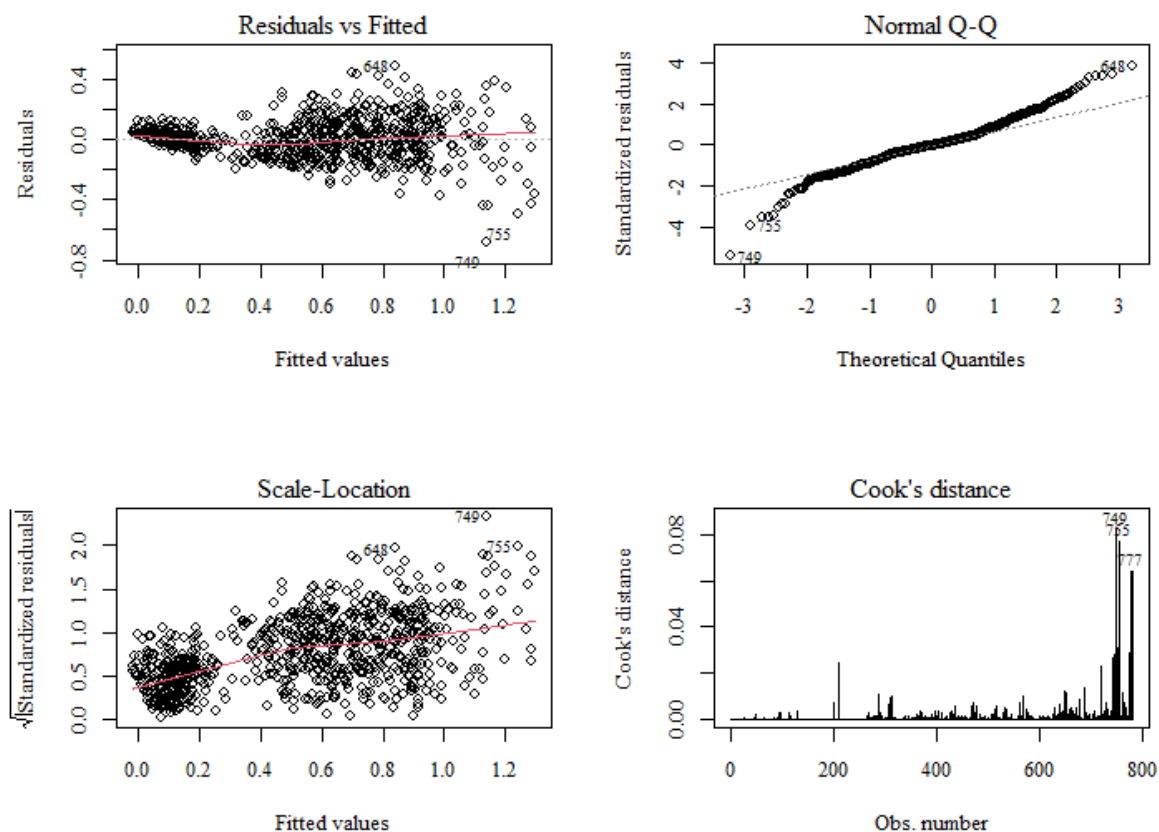
Intercepto	RMSE	R <sup>2</sup>	MAE	RMSESD	R <sup>2</sup> SD	MAESD
TRUE	0,113	0,905	0,091	0,056	0,149	0,044

**Notas:** RMSE: Error cuadrático medio; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación; MAE: Error absoluto medio; RMSESD: Desviación estándar del RMSE; R<sup>2</sup>SD: Desviación estándar del R<sup>2</sup>; MAESD: Desviación estándar del MAE.

4. Comprobación de los supuestos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 1.** Gráfico de residuos de modelo polinómico del peso seco foliar.



**Tabla 3.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk (normalidad) para el modelo del peso seco foliar.

	Estadístico	P-valor
W	0,969	6,281e-12

**Tabla 4.** Resultados del Test de Breusch-Pagan (prueba de homocedasticidad) para el modelo del peso seco foliar.

	Estadístico	P-valor
BP	132,019	2,2e-16

**Tabla 5.** Resultados de la prueba de linealidad (basado en la prueba de Wald) para el modelo del peso seco foliar.

Hipótesis	Estadístico	P-valor
$I(DCR^2) = 0$	NA	NA
$I(H^2) = 0$	14,049	1,015e-06

**Tabla 6.** Resultados de la prueba de independencia de los residuos (estadístico de Durbin-Watson) para el modelo del peso seco foliar.

Lag	Autocorrelación	Estadístico	P-valor
1	0,273	1,437	0

5. Ecuación del modelo polinómico:  $PSF = 0,0372 \cdot DCR + 0,0749 \cdot DCR^2 + 0,0367 \cdot H - 0,0005 \cdot H^2 - 0,2265$

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Tabla 7.** *Coefficientes del modelo del peso seco foliar.*

	Coefficiente	Valor
Intercepto	Intercepto	-0,2265
DCR	DCR	0,0372
DCR <sup>2</sup>	DCR <sup>2</sup>	0,0749
H	H	0,0367
H <sup>2</sup>	H <sup>2</sup>	-0,0005

### 2.3. Modelo de regresión para el peso seco aéreo

1. Análisis descriptivo para el peso seco aéreo en el vivero de La Hunte del archivo histórico:

**Tabla 8.** *Análisis descriptivo del peso seco aéreo del archivo histórico de La Hunte.*

Variable	Media	Mediana	SD	Mínimo	Máximo	N
PSA	0,720	0,702	0,530	0,012	2,377	805

**Notas:** PSA: Peso seco aéreo en gramos; SD: Desviación estándar; N: Tamaño de la muestra.

2. Validación cruzada del modelo polinómico:  $PSA = a \cdot DCR + b \cdot DCR^2 + c \cdot H + d \cdot H^2$ ; siendo PSA el peso seco aéreo en gramos, DCR el diámetro del cuello de la raíz en milímetros y H la altura en centímetros.

**Tabla 9.** *Resumen de la validación cruzada del modelo polinómico del peso seco aéreo.*

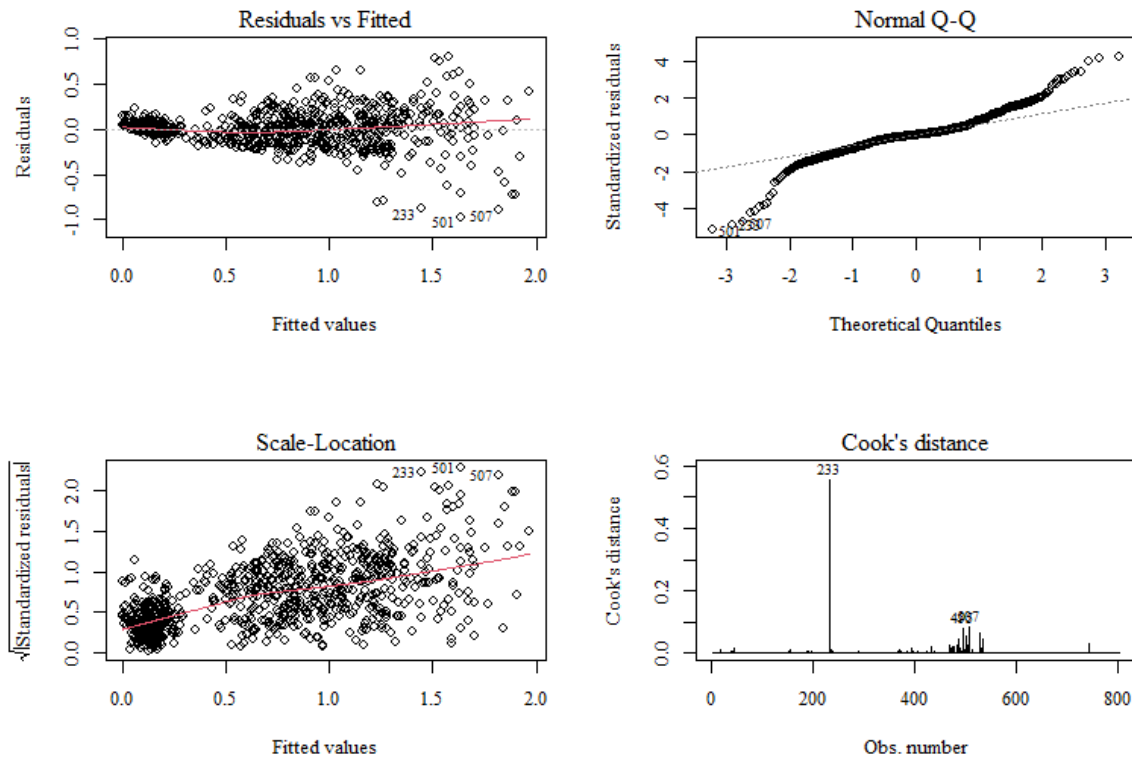
Intercepto	RMSE	R <sup>2</sup>	MAE	RMSESD	R <sup>2</sup> SD	MAESD
TRUE	0,163	0,928	0,124	0,095	0,1	0,067

**Notas:** RMSE: Error cuadrático medio; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación; MAE: Error absoluto medio; RMSESD: Desviación estándar del RMSE; R<sup>2</sup>SD: Desviación estándar del R<sup>2</sup>; MAESD: Desviación estándar del MAE.

3. Comprobación de los supuestos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 2.** Gráfico de residuos de modelo polinómico del peso seco aéreo.



**Tabla 10.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk (normalidad) para el modelo del peso seco aéreo.

	Estadístico	P-valor
W	0,919	2,2e-16

**Tabla 11.** Resultados del Test de Breusch-Pagan (prueba de homocedasticidad) para el modelo del peso seco aéreo.

	Estadístico	P-valor
BP	157,427	2,2e-16

**Tabla 12.** Resultados de la prueba de linealidad (basado en la prueba de Wald) para el modelo del peso seco aéreo.

Hipótesis	Estadístico	P-valor
$I(DCR^2) = 0$	NA	NA
$I(H^2) = 0$	47,267	2,2e-16

**Tabla 13.** Resultados de la prueba de independencia de los residuos (estadístico de Durbin-Watson) para el modelo del peso seco aéreo.

Lag	Autocorrelación	Estadístico	P-valor
1	0,342	1,314	0

4. Ecuación del modelo polinómico:  $PSA = -0,2241 \cdot DCR + 0,1650 \cdot DCR^2 + 0,0444 \cdot H - 0,0001 \cdot H^2 - 0,0704$ .

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Tabla 14.** *Coefficientes del modelo del peso seco aéreo.*

	Coefficiente	Valor
Intercepto	Intercepto	-0,0704
DCR	DCR	-0,2241
DCR <sup>2</sup>	DCR <sup>2</sup>	0,1650
H	H	0,0444
H <sup>2</sup>	H <sup>2</sup>	-0,0001

## 2.4. Modelo de regresión para el peso seco total

1. Análisis descriptivo para el peso seco total en el vivero de La Hundo del archivo histórico:

**Tabla 15.** *Análisis descriptivo del peso seco total del archivo histórico de La Hundo.*

Variable	Media	Mediana	SD	Mínimo	Máximo	N
PST	1,234	1,162	0,939	0,050	4,295	764

**Notas:** PST: Peso seco total en gramos; SD: Desviación estándar.

2. Validación cruzada del modelo polinómico:  $PST = a \cdot DCR + b \cdot DCR^2 + c \cdot H + d \cdot H^2$ ; siendo PST el peso seco total en gramos, DCR el diámetro del cuello de la raíz en milímetros y H la altura en centímetros.

**Tabla 16.** *Resumen de la validación cruzada del modelo polinómico del peso seco total.*

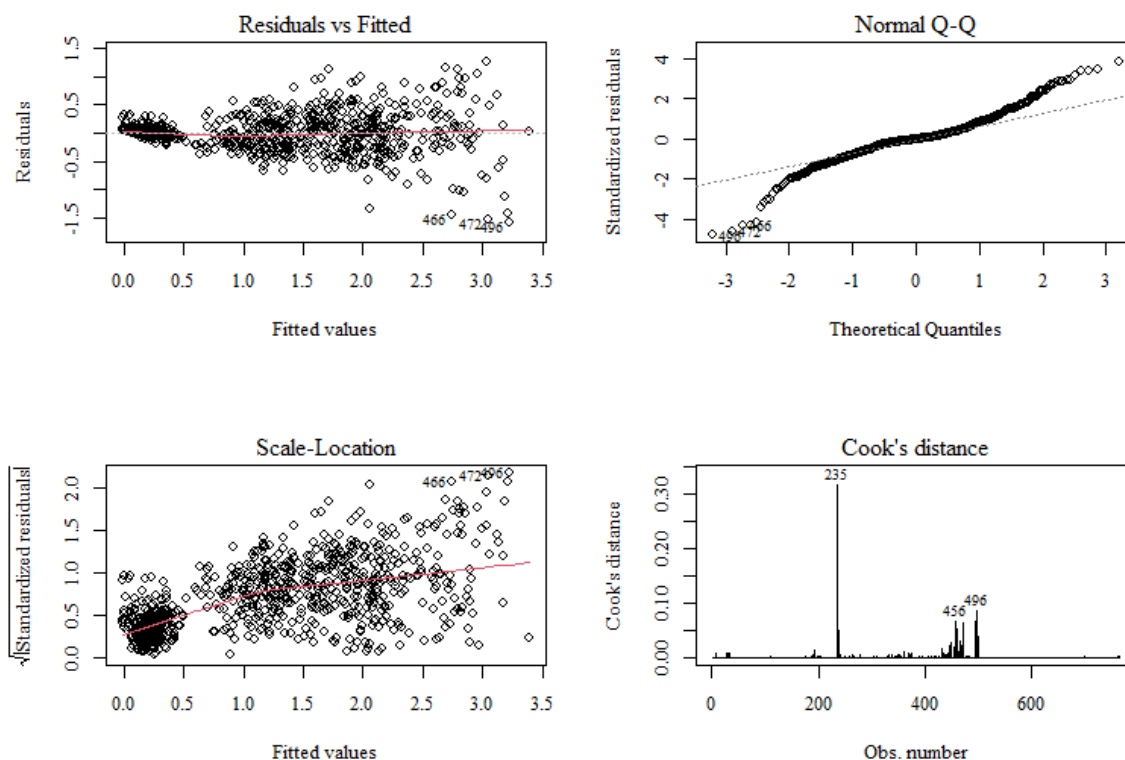
Intercepto	RMSE	R <sup>2</sup>	MAE	RMSESD	R <sup>2</sup> SD	MAESD
TRUE	0,295	0,917	0,226	0,158	0,113	0,118

**Notas:** RMSE: Error cuadrático medio; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación; MAE: Error absoluto medio; RMSESD: Desviación estándar del RMSE; R<sup>2</sup>SD: Desviación estándar del R<sup>2</sup>; MAESD: Desviación estándar del MAE.

3. Comprobación de los supuestos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 3.** Gráfico de residuos de modelo polinómico del peso seco total.



**Tabla 17.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk (normalidad) para el modelo del peso seco total.

	Estadístico	P-valor
W	0,942	2,2e-16

**Tabla 18.** Resultados del Test de Breusch-Pagan (prueba de homocedasticidad) para el modelo del peso seco total.

	Estadístico	P-valor
BP	176,765	2,2e-16

**Tabla 19.** Resultados de la prueba de linealidad (basado en la prueba de Wald) para el modelo del peso seco total.

Hipótesis	Estadístico	P-valor
$I(DCR^2) = 0$	NA	NA
$I(H^2) = 0$	51,045	2,2e-16

**Tabla 20.** Resultados de la prueba de independencia de los residuos (estadístico de Durbin-Watson) para el modelo del peso seco total.

Lag	Autocorrelación	Estadístico	P-valor
1	0,332	1,333	0

4. Ecuación del modelo polinómico:  $PSA = -0,5327 \cdot DCR + 0,3408 \cdot DCR^2 + 0,0851 \cdot H - 0,0012 \cdot H^2 - 0,0593$ .

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Tabla 21. Coeficientes del modelo del peso seco total.*

	Coeficiente	Valor
Intercepto	Intercepto	-0,0593
DCR	DCR	-0,5327
DCR <sup>2</sup>	DCR <sup>2</sup>	0,3408
H	H	0,0851
H <sup>2</sup>	H <sup>2</sup>	-0,0012

## 2.5. Discusión de los resultados

A pesar de que los supuestos de regresión polinómica no se verificaron completamente, se decidió continuar con la aplicación del modelo debido al ajuste que se obtuvo en los datos. Es importante reconocer que, aunque los supuestos son deseables y su verificación es relevante para obtener inferencias precisas, hay situaciones en las que el rendimiento del modelo puede ser satisfactorio a pesar de no cumplir todos los supuestos.

En este caso particular, se obtuvieron modelos muy ajustados en función de las métricas de validación cruzada y otras medidas de rendimiento, lo que indica que los modelos de regresión polinómica pudieron capturar adecuadamente la relación entre las variables predictoras y la variable de respuesta en los datos disponibles. A pesar de no cumplir completamente con los supuestos de normalidad de los residuos, homocedasticidad e independencia, el modelo pudo proporcionar una buena aproximación y predicciones precisas para el conjunto de datos utilizado.

Aun así, es importante entender la limitación del alcance de los modelos y sus riesgos asociados, siendo solo utilizados para obtener una idea general de la evolución de los pesos secos a lo largo del periodo de mediciones y, por lo tanto, utilizando los datos reales para evaluar la calidad de planta final.

## 3. CULTIVO EN VIVERO

En este apartado se presenta el análisis estadístico realizado sobre el conjunto de datos obtenido a lo largo de 6 meses en el vivero de La Hundo, que contiene información sobre la evolución a lo largo de su cultivo para las diferentes procedencias. El objetivo del análisis es evaluar las diferencias en las variables de altura, diámetro, estado ontogénico y pesos secos de las plantas entre las distintas procedencias y visualizar las tendencias a lo largo del tiempo. Análisis descriptivo por fecha

A continuación, se muestra el resumen de las medias, desviaciones estándar y medianas (en el caso de los estados ontogénicos), de las variables de interés para cada procedencia y fecha de muestreo.

*Tabla 22. Resumen de medias, medianas y desviaciones estándar de la altura, el diámetro del cuello de la raíz y los estados ontogénicos por fechas.*

MB	Fecha	H_m	H_sd	DCR_m	DCR_sd	EST_median	EST_sd
AQ	22/06/2022	2,820	0,517	1,023	0,243	2	0,461
AQ	18/07/2022	4,706	0,903	1,220	0,135	3	0,518
AQ	04/08/2022	5,830	1,305	1,566	0,201	4	0,492
AQ	06/09/2022	8,458	1,864	1,993	0,279	4	0,470
AQ	29/09/2022	10,721	2,53	2,169	0,343	4	0,425
AQ	07/11/2022	12,271	2,748	2,437	0,387	4	0,49
BM	22/06/2022	3,427	0,716	0,953	0,110	2	0,498
BM	18/07/2022	5,301	1,144	1,351	0,174	4	0,522
BM	04/08/2022	6,846	1,512	1,749	0,220	4	0,471



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

MB	Fecha	H_m	H_sd	DCR_m	DCR_sd	EST_median	EST_sd
BM	06/09/2022	10,075	1,671	2,192	0,333	4	0,435
BM	29/09/2022	12,477	2,14	2,387	0,355	4	0,455
BM	07/11/2022	13,749	2,341	2,670	0,417	4	0,474
BS	22/06/2022	2,890	0,864	0,903	0,126	2	0,497
BS	18/07/2022	4,318	1,583	1,234	0,244	3	0,757
BS	04/08/2022	5,620	1,892	1,578	0,271	4	0,741
BS	06/09/2022	8,248	2,231	2,007	0,375	4	0,732
BS	29/09/2022	10,251	2,575	2,210	0,465	4	0,615
BS	07/11/2022	11,53	2,624	2,422	0,49	4	0,604
LI	22/06/2022	2,670	0,736	0,883	0,118	2	0,469
LI	18/07/2022	4,110	1,18	1,272	0,187	3	0,701
LI	04/08/2022	5,200	1,443	1,556	0,233	4	0,624
LI	06/09/2022	7,706	1,722	2,004	0,349	4	0,631
LI	29/09/2022	10,218	2,499	2,17	0,409	4	0,541
LI	07/11/2022	11,196	2,630	2,365	0,435	4	0,534
LL	22/06/2022	3,545	0,796	1,027	0,096	2	0,502
LL	18/07/2022	5,208	1,311	1,438	0,170	4	0,541
LL	04/08/2022	6,655	1,729	1,698	0,223	4	0,457
LL	06/09/2022	9,675	2,162	2,087	0,318	4	0,429
LL	29/09/2022	10,986	2,115	2,336	0,392	4	0,454
LL	07/11/2022	12,037	2,31	2,485	0,407	4	0,482
SE	22/06/2022	3,554	0,995	0,977	0,147	3	0,465
SE	18/07/2022	5,321	1,532	1,456	0,243	4	0,528
SE	04/08/2022	6,620	1,899	1,758	0,293	4	0,59
SE	06/09/2022	9,732	2,253	2,018	0,37	4	0,572
SE	29/09/2022	11,364	2,418	2,335	0,439	4	0,526
SE	07/11/2022	12,616	2,368	2,523	0,440	4	0,516
S	22/06/2022	3,013	0,761	0,881	0,115	2	0,46
S	18/07/2022	4,428	1,105	1,342	0,183	3	0,641
S	04/08/2022	5,799	1,534	1,552	0,240	4	0,554
S	06/09/2022	8,773	2,096	1,894	0,324	4	0,614
S	29/09/2022	10,849	2,841	2,24	0,407	4	0,552
S	07/11/2022	12,335	2,991	2,408	0,430	4	0,516

**Notas:** MB: Material de Base; AQ: Alaquàs; BM: Bética meridional; BS: Bética septentrional; LI: Levante interior; LL: Litoral levantino; SE: Sudeste; S: Sur; H\_m: Media de la altura (cm); H\_sd: Desviación estándar de la altura (cm); DCR\_m: Media del diámetro del cuello de la raíz (mm); DCR\_sd: Desviación estándar del diámetro del cuello de la raíz (mm); EST\_median: Mediana del estado ontogénico; EST\_sd: Desviación típica del estado ontogénico.

**Tabla 23.** Resumen de medias y desviaciones estándar de los pesos secos por fechas.

MB	Fecha	PSF_m	PSF_sd	PSA_m	PSA_sd	PSR_m	PSR_sd	PST_m	PST_sd
AQ	22/06/2022	0,051	0,128	0,070	0,162	0,045	0,147	0,115	0,309
AQ	18/07/2022	0,100	0,045	0,119	0,049	0,071	0,034	0,190	0,083

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

MB	Fecha	PSF_m	PSF_sd	PSA_m	PSA_sd	PSR_m	PSR_sd	PST_m	PST_sd
AQ	04/08/2022	0,217	0,081	0,248	0,099	0,166	0,073	0,413	0,172
AQ	06/09/2022	0,424	0,134	0,519	0,183	0,369	0,139	0,889	0,321
AQ	29/09/2022	0,548	0,170	0,703	0,248	0,492	0,189	1,195	0,435
AQ	07/11/2022	0,692	0,207	0,917	0,318	0,655	0,247	1,572	0,563
BM	22/06/2022	0,030	0,023	0,050	0,025	0,024	0,017	0,074	0,043
BM	18/07/2022	0,144	0,070	0,167	0,081	0,105	0,058	0,272	0,138
BM	04/08/2022	0,298	0,103	0,350	0,134	0,242	0,100	0,591	0,234
BM	06/09/2022	0,541	0,158	0,686	0,226	0,494	0,185	1,180	0,411
BM	29/09/2022	0,676	0,174	0,893	0,260	0,629	0,210	1,523	0,467
BM	07/11/2022	0,827	0,216	1,128	0,336	0,816	0,285	1,944	0,618
BS	22/06/2022	0,021	0,014	0,040	0,014	0,018	0,011	0,058	0,025
BS	18/07/2022	0,130	0,061	0,150	0,069	0,092	0,049	0,242	0,118
BS	04/08/2022	0,240	0,108	0,277	0,134	0,188	0,100	0,465	0,234
BS	06/09/2022	0,431	0,175	0,532	0,236	0,384	0,185	0,915	0,421
BS	29/09/2022	0,558	0,222	0,720	0,320	0,52	0,257	1,239	0,575
BS	07/11/2022	0,674	0,241	0,892	0,358	0,652	0,289	1,544	0,645
LI	22/06/2022	0,027	0,015	0,042	0,020	0,018	0,014	0,061	0,034
LI	18/07/2022	0,106	0,060	0,119	0,067	0,071	0,048	0,190	0,115
LI	04/08/2022	0,208	0,090	0,234	0,110	0,158	0,084	0,392	0,194
LI	06/09/2022	0,418	0,146	0,509	0,199	0,372	0,162	0,881	0,361
LI	29/09/2022	0,539	0,194	0,691	0,277	0,493	0,217	1,183	0,492
LI	07/11/2022	0,639	0,217	0,838	0,321	0,608	0,257	1,445	0,576
LL	22/06/2022	0,039	0,026	0,056	0,029	0,028	0,020	0,084	0,049
LL	18/07/2022	0,164	0,073	0,185	0,088	0,119	0,063	0,304	0,151
LL	04/08/2022	0,280	0,103	0,327	0,132	0,224	0,097	0,551	0,228
LL	06/09/2022	0,496	0,154	0,623	0,218	0,44	0,166	1,063	0,384
LL	29/09/2022	0,621	0,194	0,807	0,285	0,586	0,235	1,393	0,519
LL	07/11/2022	0,707	0,206	0,938	0,306	0,683	0,249	1,621	0,554
SE	22/06/2022	0,038	0,029	0,059	0,031	0,031	0,021	0,089	0,052
SE	18/07/2022	0,182	0,084	0,209	0,099	0,137	0,073	0,346	0,172
SE	04/08/2022	0,312	0,121	0,368	0,157	0,258	0,119	0,626	0,276
SE	06/09/2022	0,480	0,166	0,606	0,23	0,423	0,176	1,029	0,405
SE	29/09/2022	0,633	0,214	0,829	0,312	0,597	0,253	1,425	0,564
SE	07/11/2022	0,739	0,221	0,990	0,334	0,717	0,274	1,707	0,606
S	22/06/2022	0,022	0,016	0,044	0,017	0,021	0,012	0,065	0,03
S	18/07/2022	0,129	0,058	0,143	0,065	0,089	0,048	0,232	0,113
S	04/08/2022	0,215	0,099	0,247	0,120	0,165	0,088	0,413	0,208
S	06/09/2022	0,402	0,152	0,496	0,202	0,343	0,150	0,839	0,351
S	29/09/2022	0,580	0,208	0,752	0,305	0,534	0,237	1,286	0,54
S	07/11/2022	0,683	0,227	0,909	0,344	0,644	0,266	1,553	0,607

**Notas:** MB: Material de Base; AQ: Alaquàs; BM: Bética meridional; BS: Bética septentrional; LI: Levante interior; LL: Litoral levantino; SE: Sudeste; S: Sur; PSF\_m: Media del peso seco foliar (g); PSF\_sd: Desviación estándar del peso seco foliar (g); PSA\_m: Media del peso seco aéreo (g); PSA\_sd: Desviación estándar del peso seco aéreo (g); PSR\_m: Media del peso seco radical (g); PSR\_sd: Desviación estándar del peso seco radical (g); PST\_m: Media del peso seco total (g); PST\_sd: Desviación estándar del peso seco total (g). Advertencia: Estos datos fueron obtenidos mediante los modelos de regresión polinómica expuestos en el apartado 2, se tratan de

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

valores predichos y por tanto expuestos a errores, los datos reales se encuentran en el apartado 4 de calidad de planta de este anexo.

**Tabla 24.** Resumen de medias y desviaciones estándar de los crecimientos en altura y diámetro del cuello de la raíz por fechas.

MB	Fecha	$\Delta H_m$	$\Delta H_{sd}$	$\Delta DCR_m$	$\Delta DCR_{sd}$
AQ	18/07/2022	2,206	0,698	0,270	0,147
AQ	04/08/2022	2,058	1,043	0,621	0,240
AQ	06/09/2022	2,377	0,938	0,390	0,161
AQ	29/09/2022	1,868	0,891	0,289	0,215
AQ	07/11/2022	1,133	0,564	0,192	0,182
BM	18/07/2022	2,186	0,876	0,459	0,172
BM	04/08/2022	2,726	1,283	0,703	0,292
BM	06/09/2022	2,931	0,755	0,410	0,201
BM	29/09/2022	2,234	0,822	0,265	0,242
BM	07/11/2022	0,880	0,473	0,241	0,202
BS	18/07/2022	1,699	1,032	0,407	0,201
BS	04/08/2022	2,298	1,041	0,608	0,384
BS	06/09/2022	2,349	0,806	0,390	0,198
BS	29/09/2022	1,793	0,699	0,340	0,257
BS	07/11/2022	0,954	0,711	0,165	0,127
LI	18/07/2022	1,679	0,731	0,454	0,193
LI	04/08/2022	1,924	0,853	0,501	0,252
LI	06/09/2022	2,266	0,706	0,413	0,188
LI	29/09/2022	1,997	0,775	0,225	0,183
LI	07/11/2022	0,724	0,415	0,142	0,145
LL	18/07/2022	2,023	1,174	0,474	0,160
LL	04/08/2022	2,593	1,043	0,463	0,236
LL	06/09/2022	2,746	0,866	0,353	0,192
LL	29/09/2022	1,564	0,755	0,407	0,279
LL	07/11/2022	0,868	0,483	0,127	0,133
LL	18/07/2022	2,023	1,174	0,474	0,160
SE	18/07/2022	2,062	0,952	0,551	0,272
SE	04/08/2022	2,359	0,974	0,627	0,424
SE	06/09/2022	2,833	0,747	0,248	0,174
SE	29/09/2022	1,534	0,785	0,467	0,306
SE	07/11/2022	0,959	0,450	0,154	0,146
S	18/07/2022	1,633	0,780	0,532	0,193
S	04/08/2022	2,632	1,203	0,382	0,254
S	06/09/2022	2,723	0,797	0,316	0,170
S	29/09/2022	1,422	0,787	0,430	0,289
S	07/11/2022	1,000	0,562	0,125	0,127

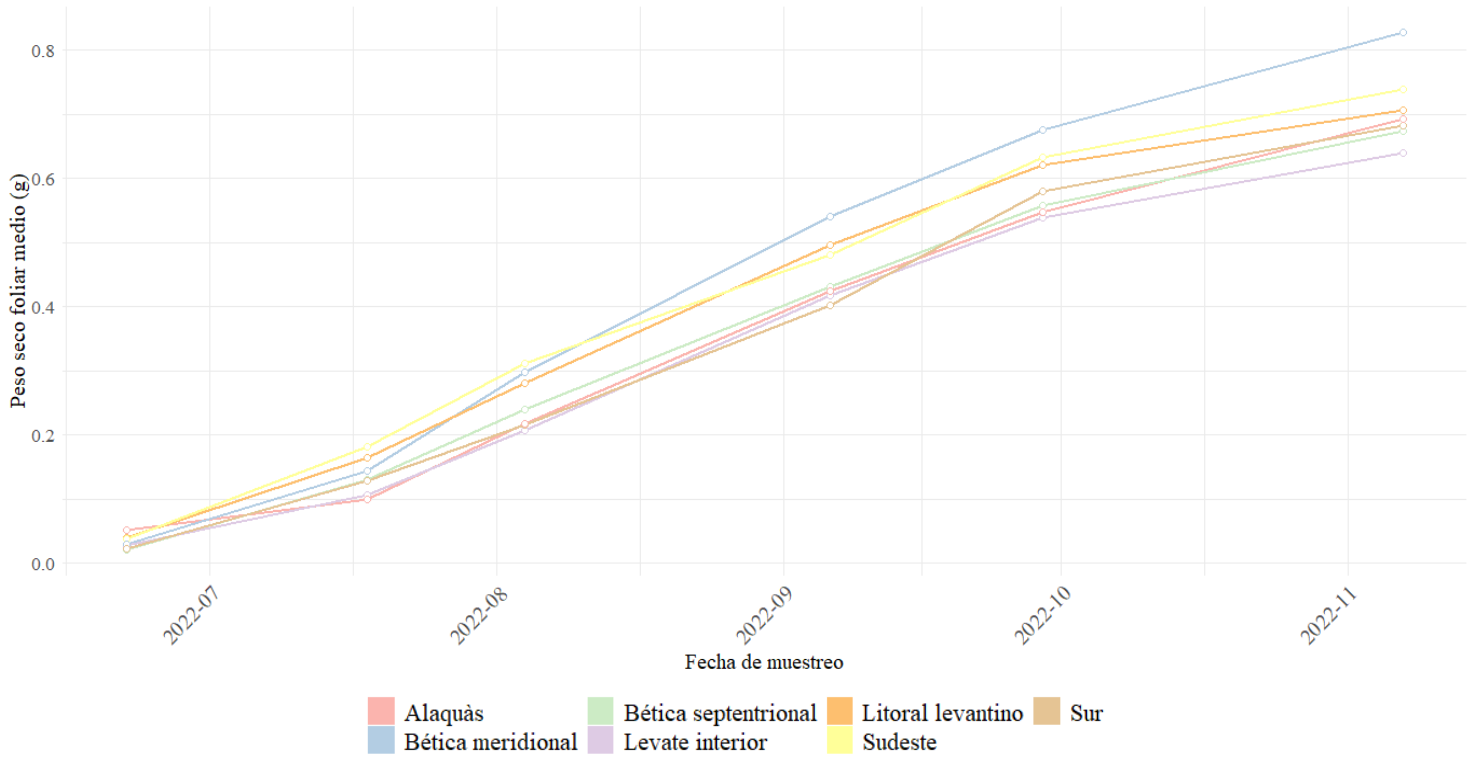
**Notas:** MB: Material de Base; AQ: Alaquàs; BM: Bética meridional; BS: Bética septentrional; LI: Levante interior; LL: Litoral levantino; SE: Sudeste; S: Sur;  $\Delta H_m$ : Media del crecimiento en altura (cm/mes);  $\Delta H_{sd}$ : Desviación estándar del crecimiento en altura (cm/mes);  $\Delta DCR_m$ : Media del crecimiento en diámetro del cuello de raíz (mm/mes);  $\Delta DCR_{sd}$ : Desviación estándar del crecimiento en diámetro del cuello de raíz (mm/mes).

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**3.1. Gráficos de líneas individuales de los pesos secos**

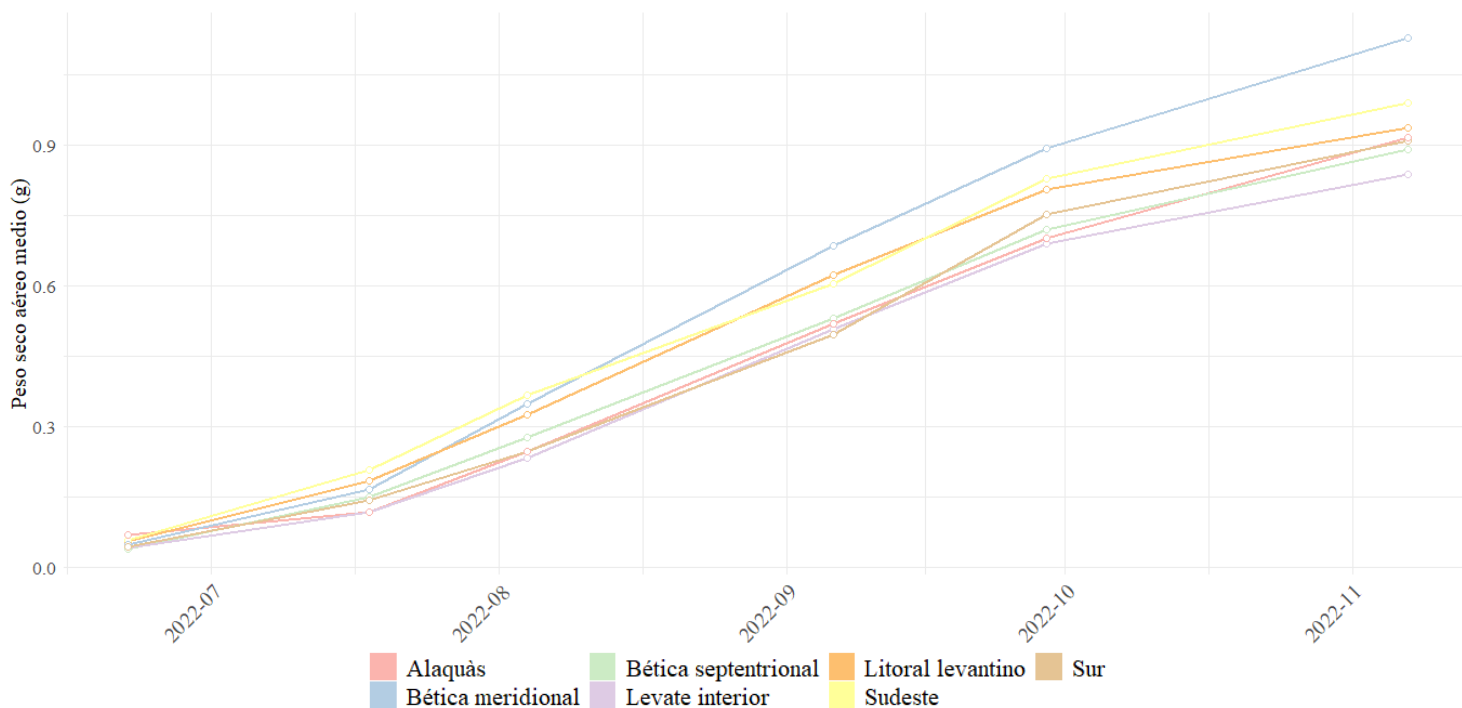
Los gráficos que aparecen a continuación han sido realizados mediante los datos de la Tabla 23 del presente anexo.

**Gráfico 4.** Gráfico de líneas individuales de los pesos secos foliares.

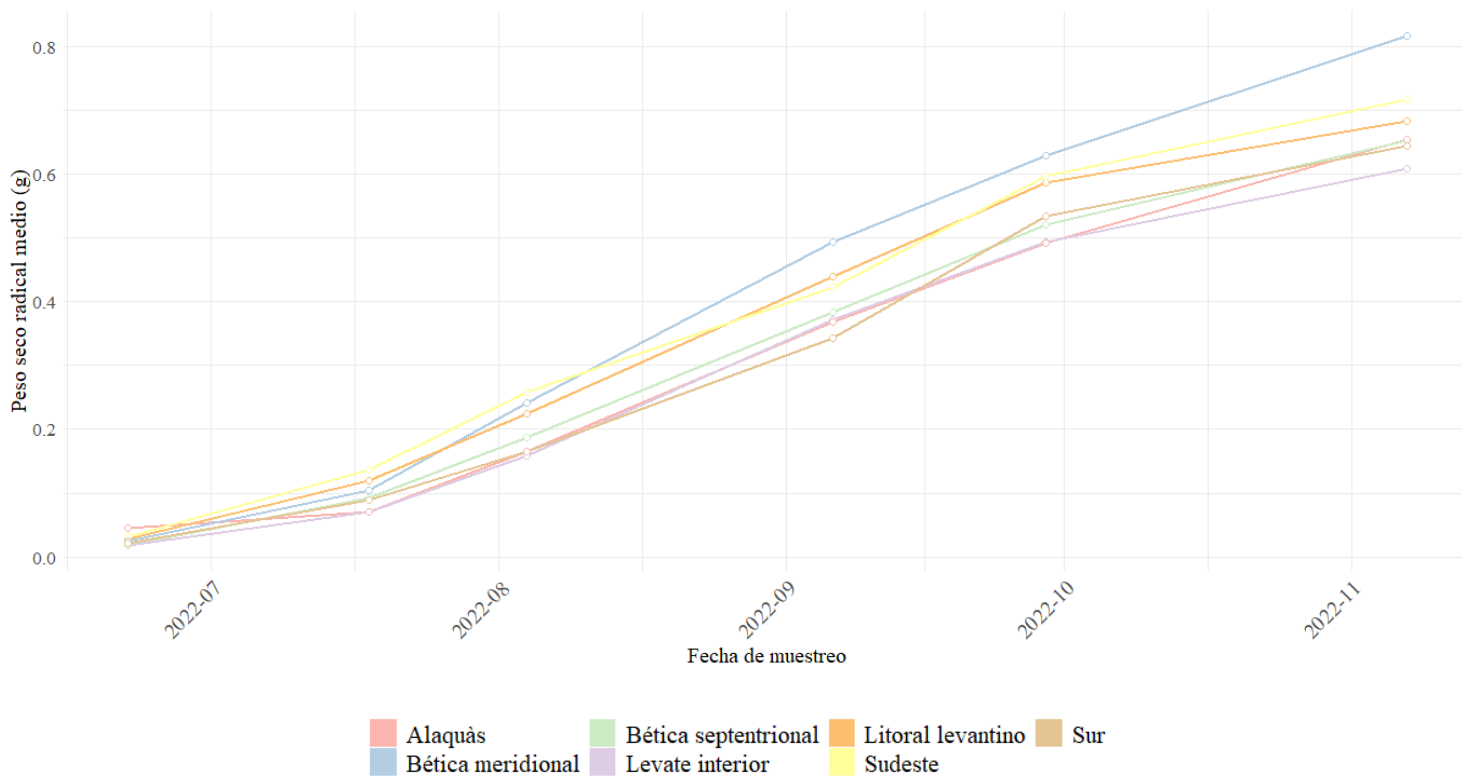


**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 5.** Gráfico de líneas individuales de los pesos secos aéreos.

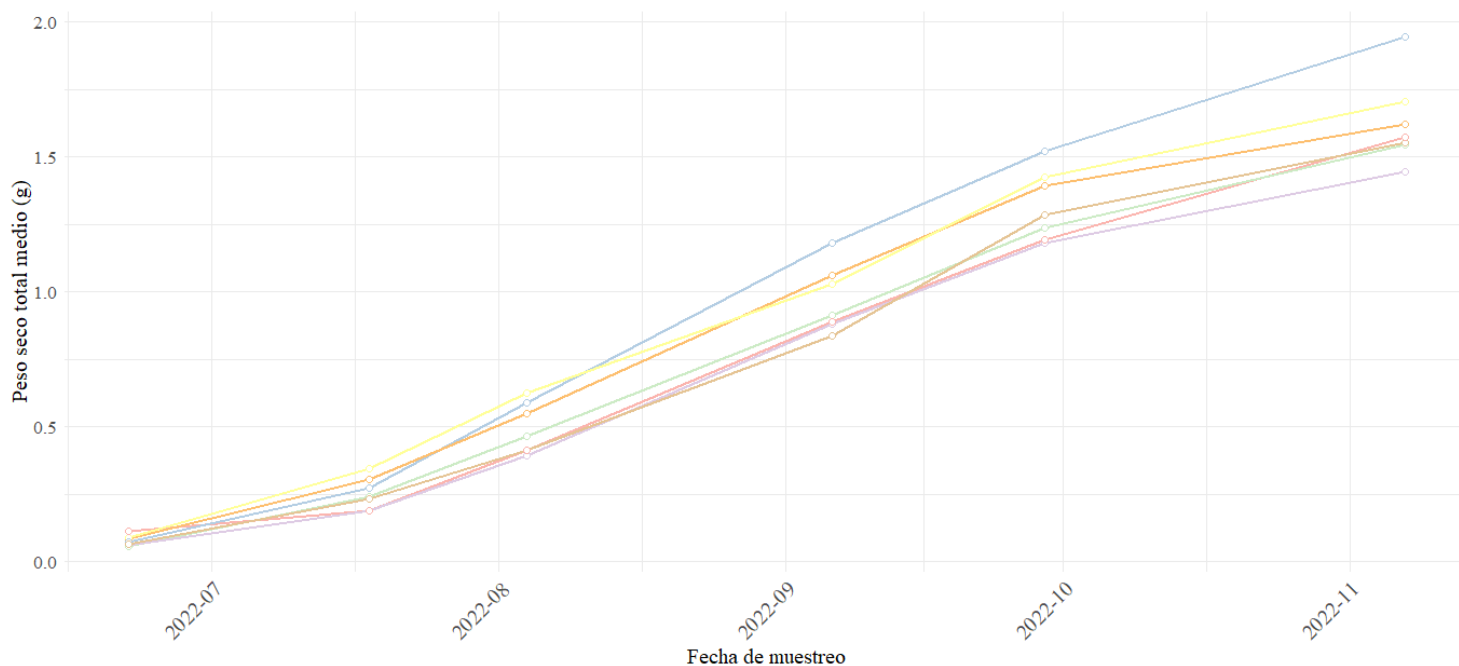


**Gráfico 6.** Gráfico de líneas individuales de los pesos secos radicales.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 7.** Gráfico de líneas individuales de los pesos secos totales.



### 3.2. Estados ontogénicos

Para la obtención de las gráficas de los estados ontogénicos (EO) se realiza un cálculo para determinar el porcentaje de cada EO en función de la fecha y el grupo de Material de Base. Esto implica agrupar los datos por fecha, estado ontogénico y procedencia, calcular los porcentajes y manipular los datos para obtener el formato deseado.

**Tabla 25.** Frecuencias de cada estado ontogénico (EO) por fechas y Material de Base (MB).

Fecha	EO	MB	Frecuencia
2022/06/22	2	AQ	70,00 %
2022/06/22	2	BM	57,00 %
2022/06/22	2	BS	57,58 %
2022/06/22	2	LI	68,00 %
2022/06/22	2	LL	52,53 %
2022/06/22	2	SE	31,00 %
2022/06/22	2	S	70,10 %
2022/06/22	3	AQ	30,00 %
2022/06/22	3	BM	43,00 %
2022/06/22	3	BS	42,42 %
2022/06/22	3	LI	32,00 %
2022/06/22	3	LL	47,47 %
2022/06/22	3	SE	69,00 %
2022/06/22	3	S	29,90 %
2022/07/18	2	AQ	3,00 %
2022/07/18	2	BM	1,00 %
2022/07/18	2	BS	19,19 %
2022/07/18	2	LI	14,00 %
2022/07/18	2	LL	2,02 %
2022/07/18	2	SE	2,00 %

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Fecha	EO	MB	Frecuencia
2022/07/18	2	S	10,31 %
2022/07/18	3	AQ	65,00 %
2022/07/18	3	BM	46,00 %
2022/07/18	3	BS	37,37 %
2022/07/18	3	LI	43,00 %
2022/07/18	3	LL	43,43 %
2022/07/18	3	SE	34,00 %
2022/07/18	3	S	51,55 %
2022/07/18	4	AQ	32,00 %
2022/07/18	4	BM	53,00 %
2022/07/18	4	BS	43,43 %
2022/07/18	4	LI	43,00 %
2022/07/18	4	LL	54,55 %
2022/07/18	4	SE	64,00 %
2022/07/18	4	S	38,14 %
2022/08/04	2	BS	10,10 %
2022/08/04	2	LI	3,00 %
2022/08/04	2	SE	2,00 %
2022/08/04	3	AQ	24,00 %
2022/08/04	3	BM	12,00 %
2022/08/04	3	BS	25,25 %
2022/08/04	3	LI	23,00 %
2022/08/04	3	LL	14,14 %
2022/08/04	3	SE	15,00 %
2022/08/04	3	S	32,99 %
2022/08/04	4	AQ	72,00 %
2022/08/04	4	BM	78,00 %
2022/08/04	4	BS	59,60 %
2022/08/04	4	LI	66,00 %
2022/08/04	4	LL	78,79 %
2022/08/04	4	SE	71,00 %
2022/08/04	4	S	61,86 %
2022/08/04	5	AQ	4,00 %
2022/08/04	5	BM	10,00 %
2022/08/04	5	BS	5,05 %
2022/08/04	5	LI	8,00 %
2022/08/04	5	LL	7,07 %
2022/08/04	5	SE	12,00 %
2022/08/04	5	S	5,15 %
2022/09/06	2	BS	4,08 %
2022/09/06	2	SE	1,01 %
2022/09/06	3	AQ	8,08 %
2022/09/06	3	BS	14,29 %
2022/09/06	3	LI	15,15 %
2022/09/06	3	LL	3,03 %

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Fecha	EO	MB	Frecuencia
2022/09/06	3	SE	6,06 %
2022/09/06	3	S	14,43 %
2022/09/06	4	AQ	77,78 %
2022/09/06	4	BM	75,00 %
2022/09/06	4	BS	59,18 %
2022/09/06	4	LI	59,60 %
2022/09/06	4	LL	79,80 %
2022/09/06	4	SE	67,68 %
2022/09/06	4	S	61,86 %
2022/09/06	5	AQ	14,14 %
2022/09/06	5	BM	25,00 %
2022/09/06	5	BS	22,45 %
2022/09/06	5	LI	25,25 %
2022/09/06	5	LL	17,17 %
2022/09/06	5	SE	25,25 %
2022/09/06	5	S	23,71 %
2022/09/29	2	BS	0,68 %
2022/09/29	2	S	0,68 %
2022/09/29	3	AQ	4,70 %
2022/09/29	3	BS	14,19 %
2022/09/29	3	LI	5,37 %
2022/09/29	3	LL	2,05 %
2022/09/29	3	SE	4,73 %
2022/09/29	3	S	4,76 %
2022/09/29	4	AQ	81,21 %
2022/09/29	4	BM	71,14 %
2022/09/29	4	BS	64,19 %
2022/09/29	4	LI	65,10 %
2022/09/29	4	LL	75,34 %
2022/09/29	4	SE	66,89 %
2022/09/29	4	S	67,35 %
2022/09/29	5	AQ	14,09 %
2022/09/29	5	BM	28,86 %
2022/09/29	5	BS	20,95 %
2022/09/29	5	LI	29,53 %
2022/09/29	5	LL	22,60 %
2022/09/29	5	SE	28,38 %
2022/09/29	5	S	27,21 %
2022/11/07	3	AQ	0,67 %
2022/11/07	3	BS	9,46 %
2022/11/07	3	LI	3,36 %
2022/11/07	3	LL	2,05 %
2022/11/07	3	SE	2,72 %
2022/11/07	3	S	3,42 %
2022/11/07	4	AQ	64,43 %



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Fecha	EO	MB	Frecuencia
2022/11/07	4	BM	66,44 %
2022/11/07	4	BS	58,78 %
2022/11/07	4	LI	61,74 %
2022/11/07	4	LL	70,55 %
2022/11/07	4	SE	64,63 %
2022/11/07	4	S	66,44 %
2022/11/07	5	AQ	34,90 %
2022/11/07	5	BM	33,56 %
2022/11/07	5	BS	31,76 %
2022/11/07	5	LI	34,90 %
2022/11/07	5	LL	27,40 %
2022/11/07	5	SE	32,65 %
2022/11/07	5	S	30,14

**Notas:** MB: Material de Base; AQ: Alaquàs; BM: Bética meridional; BS: Bética septentrional; LI: Levante interior; LL: Litoral levantino; SE: Sudeste; S: Sur.

## **4. CALIDAD DE PLANTA**

### **4.1. Metodología aplicada para el análisis**

Para el análisis de la calidad de planta se han realizado análisis individuales para cada variable, que consisten en análisis de significancia por comparación por pares. Esta técnica permite determinar cuáles de los grupos comparados presentan diferencias estadísticamente significativas en términos de la variable que estás estudiando. Para ello, previamente se ha realizado un tratamiento de los datos, eliminando los valores atípicos cuando se creía conveniente, y pruebas de normalidad y homogeneidad de la varianza entre los grupos de Material de Base. Un valor atípico (outlier, en inglés) es una observación que numéricamente es muy distinta al resto de elementos de una muestra. Estos datos nos pueden causar problemas en la interpretación de lo que ocurre en un proceso o en una población. El método empleado es el test de Tukey, que toma como referencia la diferencia entre el primer cuartil (Q1) y el tercer cuartil (Q3), o rango intercuartílico. En el diagrama de caja se considera un valor atípico el que se encuentra 1,5 veces esa distancia de uno de esos cuartiles (atípico leve). Se trata de un método paramétrico que supone que la población es normal.

Se utilizan pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett para evaluar la normalidad y homogeneidad de la varianza respectivamente. En el caso de que se cumplan ambos supuestos se realiza una prueba de independencia mediante el coeficiente de Pearson. En caso contrario esta prueba se realiza mediante correlaciones de Spearman.

Por último, para determinar si existen diferencias significativas entre los grupos de Material de Base se han llevado a cabo pruebas de significancia. En el caso de variables paramétricas se ha llevado a cabo un análisis de varianza (ANOVA). Como alternativa no paramétrica, se emplea la prueba de Kruskal-Wallis.

Las pruebas paramétricas son aquellas que asumen que los datos siguen una distribución específica, generalmente una distribución normal (también conocida como distribución gaussiana). Además, también asumen que las varianzas entre los grupos comparados son iguales (homogeneidad de varianzas).

Las pruebas no paramétricas son métodos estadísticos que no hacen suposiciones específicas sobre la distribución subyacente de los datos. A diferencia de las pruebas paramétricas, las pruebas no paramétricas son más flexibles, lo que significa que pueden aplicarse a una variedad más amplia de situaciones en las que los datos no cumplen con los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

## **Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

### **4.1.1. Análisis de varianza (ANOVA)**

El Análisis de Varianza, o ANOVA, es una técnica estadística utilizada para comparar las medias de tres o más grupos y determinar si existen diferencias significativas entre al menos dos de estos grupos. El ANOVA evalúa si las diferencias observadas en las medias de los grupos son más grandes de lo que se podría esperar debido al azar.

El procedimiento general para realizar un ANOVA implica los siguientes pasos:

1. Formulación de Hipótesis:
  - Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Indica que no hay diferencias significativas entre las medias de los grupos.
  - Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ): Sugiere que al menos dos grupos tienen medias diferentes.
2. Recopilación de Datos: Se recopilan los datos de los diferentes grupos que se van a comparar.
3. Elección del Tipo de ANOVA: Se elige el tipo adecuado de ANOVA en función del diseño experimental. Por ejemplo, ANOVA de un factor (para un solo factor de variación) o ANOVA de dos factores (para dos factores de variación).
4. Cálculo de Estadísticas del ANOVA:
  - El ANOVA calcula la suma de cuadrados entre grupos (SSG) y la suma de cuadrados dentro de grupos (SSW).
  - Luego, se calcula la variabilidad entre grupos y dentro de grupos.
  - Se obtienen estadísticas como la F-estadística (cociente de variabilidad entre grupos y dentro de grupos) y el valor p (probabilidad).
5. Decisión y conclusiones:
  - Si el valor p es menor que un umbral predefinido (0,05), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que al menos dos grupos tienen medias diferentes.
  - En caso de rechazar la hipótesis nula, se puede realizar un análisis post hoc para identificar cuáles grupos tienen diferencias significativas entre sus medias.
6. Análisis Post Hoc:

Después de realizar un ANOVA y encontrar diferencias significativas entre los grupos, se realiza un análisis post hoc para identificar cuáles grupos específicos tienen diferencias significativas en sus medias. La prueba de Tukey es una de las pruebas post hoc más comunes y ampliamente utilizadas para comparar todas las combinaciones posibles de pares de grupos.

- Cálculo de q: Utiliza una fórmula para calcular el valor "q", la cual es el cociente entre las diferencias entre medias y el error estándar.
- Comparación con tabla crítica: Compara el valor "q" con un valor crítico de Tukey en una tabla.
- Diferencias significativas: Si el "q" calculado es mayor que el valor crítico, hay una diferencia significativa entre los grupos comparados.

Esta prueba te indica exactamente qué grupos tienen diferencias significativas, evitando confusiones.

### **4.1.2. La prueba de Kruskal-Wallis**

La prueba de Kruskal-Wallis es una herramienta estadística no paramétrica utilizada para comparar las medianas de tres o más grupos independientes en una variable. Es especialmente útil cuando los

## Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida

supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas no se cumplen. A continuación, se presenta un resumen del procedimiento:

1. Hipótesis:
  - Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Las medianas de todos los grupos son iguales.
  - Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ): Al menos una mediana es diferente.
2. Ordenación de Datos: Combina los datos de todos los grupos y ordénalos de menor a mayor.
3. Asignación de Rangos: Asigna rangos a los datos combinados, considerando empates mediante el cálculo del promedio de los rangos correspondientes.
4. Cálculo del Estadístico de Prueba ( $H$ ): Calcula la suma de los cuadrados de los rangos ( $SSR$ ) y aplica la fórmula  $H = 12 * (SSR / N)$ , donde  $N$  es el total de observaciones.
5. Ajuste del Estadístico ( $H'$ ): Ajusta  $H$  por el tamaño de muestra y el número de grupos:  $H' = H * ((N + 1) / N) - 3 * (k - 1)$ , donde  $k$  es el número de grupos.
6. Valor  $p$ : Bajo  $H_0$ ,  $H'$  sigue una distribución chi-cuadrado con  $k - 1$  grados de libertad. Calcula el valor  $p$  utilizando esta distribución.
7. Decisión:
  - Compara el valor  $p$  con un nivel de significancia predefinido ( $\alpha = 0,05$ ).
  - Si valor  $p < 0,05$ , se rechaza  $H_0$ , indicando diferencias en al menos una mediana.
  - Si valor  $p \geq 0,05$ , no se rechaza  $H_0$ , lo que implica falta de evidencia para afirmar diferencias significativas.

La prueba de Kruskal-Wallis identifica si al menos una mediana difiere entre grupos, pero no determina cuáles son diferentes. En caso de rechazo de  $H_0$ , la prueba post hoc compara todas las combinaciones posibles de pares de grupos para identificar que grupos específicos tienen diferencias estadísticamente significativas en sus rangos promedio.

### 4.2. Análisis de la altura

Una vez explicado en que consiste el análisis estadístico realizado para cada variable, a continuación, se presenta el análisis de la altura:

1. Realización de un análisis descriptivo para la variable altura en cm, por grupos de Material de Base, siendo "N" el tamaño de la muestra:

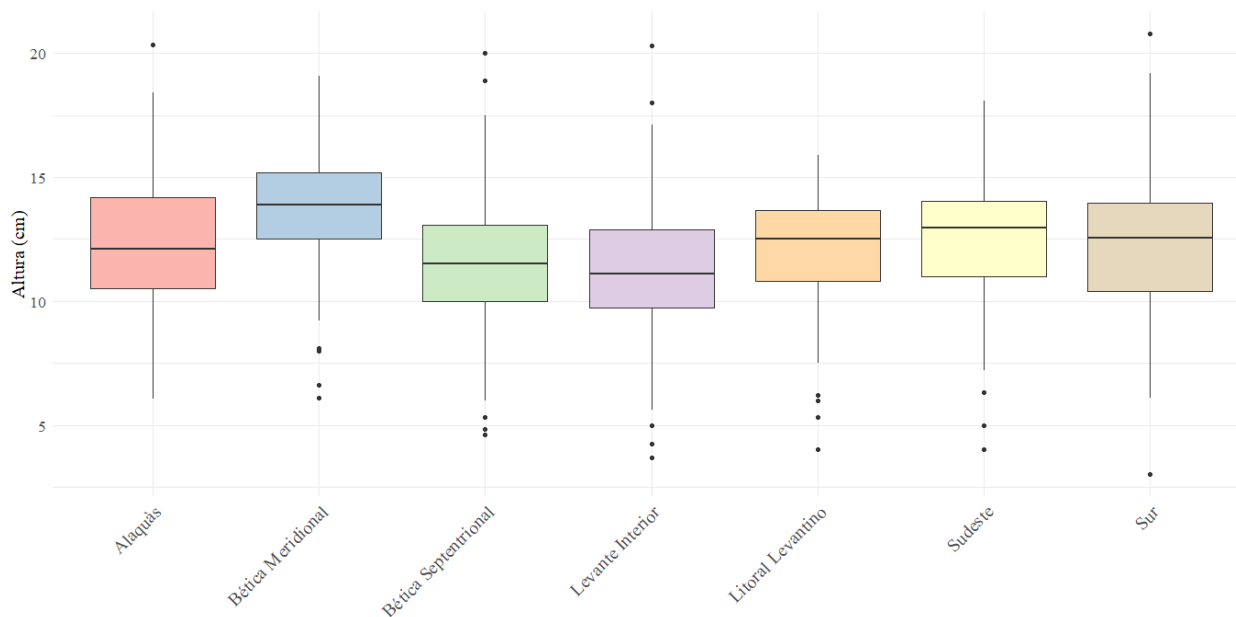
**Tabla 26.** Análisis descriptivo de la altura

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	12,271	12,10	2,748	6,05	20,35	149
Bética meridional	13,749	13,90	2,341	6,10	19,10	149
Bética septentrional	11,530	11,50	2,624	4,60	20,00	148
Levante interior	11,196	11,10	2,630	3,70	20,30	149
Litoral levantino	12,037	12,50	2,310	4,00	15,90	146
Sudeste	12,616	12,95	2,368	4,00	18,10	147
Sur	12,335	12,55	2,991	3,00	20,80	146

2. Realización de gráficos de caja para la identificando de datos atípicos.

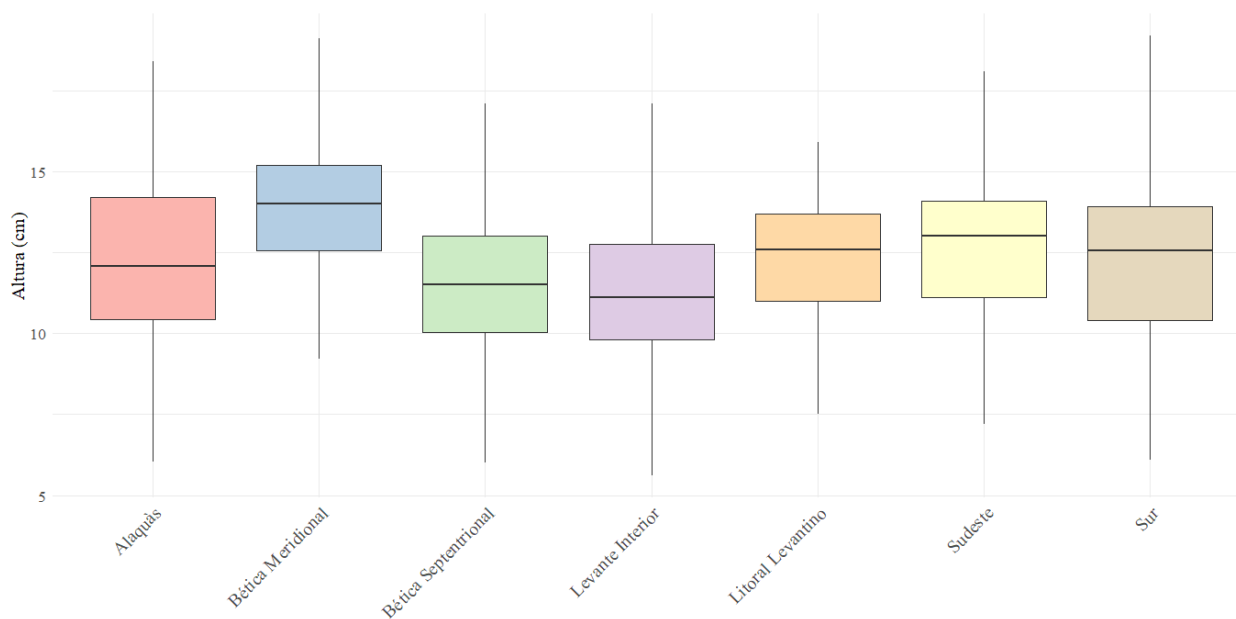
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 8.** Diagrama de cajas y bigotes de alturas para cada grupo de Material de Base.



3. Eliminación de valores atípicos que se encuentran 1,5 veces a la de uno de cuartiles Q1 y Q3:

**Gráfico 9.** Diagrama de cajas y bigotes de alturas sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base.



4. Nuevo análisis descriptivo sin valores atípicos:

**Tabla 27.** Análisis descriptivo de la altura sin datos atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	12,217	12,075	2,675	6,05	18,4	148
Bètica meridional	13,930	14,000	2,094	9,20	19,1	145
Bètica septentrional	11,516	11,500	2,259	6,00	17,1	142
Levante interior	11,229	11,100	2,292	5,60	17,1	144

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Litoral levantino	12,274	12,600	1,964	7,50	15,9	141
Sudeste	12,773	13,000	2,120	7,20	18,1	144
Sur	12,341	12,550	2,822	6,10	19,2	144

5. Pruebas de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) en función de cada grupo de Material de Base para determinar si las alturas siguen una distribución normal.

**Tabla 28.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de materiales de base para la altura.

Material de Base	Resultado
Litoral levantino	No normal (p = 0,002)
Levante interior	Normal (p = 0,267)
Bética septentrional	Normal (p = 0,88)
Sudeste	Normal (p = 0,763)
Bética meridional	Normal (p = 0,408)
Sur	Normal (p = 0,42)
Alaquàs	Normal (p = 0,452)

6. Prueba de homogeneidad de varianza (Test de Bartlett) para verificar si las varianzas son homogéneas entre los grupos:

**Tabla 29.** Resultados del Test de Bartlett para la altura

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	31,109	6	2,42e-05

Dado que el p-valor < 0.05, la variable no presenta varianzas homogéneas entre grupos.

7. Coeficiente de Correlación de Spearman entre las alturas y los grupos de procedencia para verificar la independencia.

**Tabla 30.** Coeficiente de Correlación de Spearman entre la altura y el Material de Base

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Altura	Material de Base	0,123

8. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para verificar si existen diferencias significativas en las alturas entre los grupos de Material de Base (p < 0.05):

**Tabla 31.** Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis de la altura.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	110,21	6	2,2e-16

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

9. Debido a que el p-valor en la prueba de Kruskal-Wallis es inferior a 0,05, lo cual indica que se ha detectado al menos dos grupos con diferencias significativas entre ellos, se procede con un análisis post-hoc:

**Tabla 32.** Resultados de la prueba post-hoc de la altura.

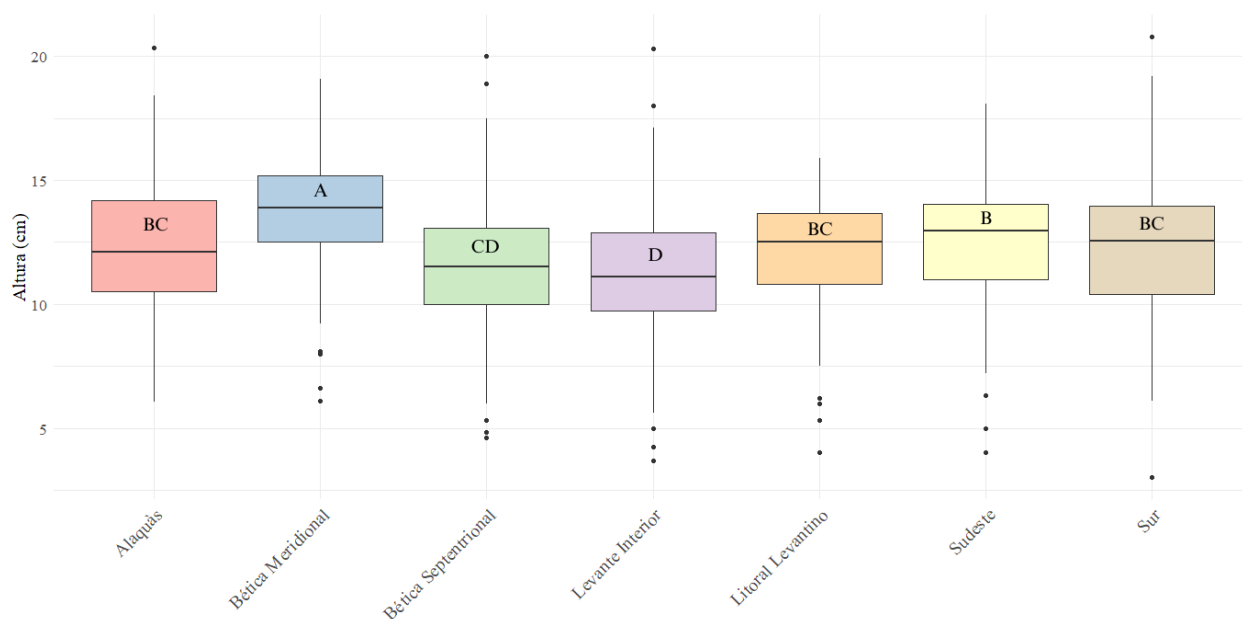
Contraste	Alfa	Diferencias observadas	Diferencias críticas	Diferencias significativas
1-2	0,05	134,494	104,788	TRUE
1-3	0,05	98,202	105,153	FALSE
1-4	0,05	50,839	104,788	FALSE
1-5	0,05	184,973	104,610	TRUE
1-6	0,05	2,303	104,788	FALSE
1-7	0,05	15,033	104,086	FALSE
2-3	0,05	36,291	104,602	FALSE
2-4	0,05	185,333	104,235	TRUE
2-5	0,05	319,467	104,056	TRUE
2-6	0,05	132,190	104,235	TRUE
2-7	0,05	119,460	103,529	TRUE
3-4	0,05	149,041	104,602	TRUE
3-5	0,05	283,175	104,423	TRUE
3-6	0,05	95,899	104,602	FALSE
3-7	0,05	83,168	103,898	FALSE
4-5	0,05	134,134	104,056	TRUE
4-6	0,05	53,142	104,235	FALSE
4-7	0,05	65,873	103,529	FALSE
5-6	0,05	187,276	104,056	TRUE
5-7	0,05	200,007	103,348	TRUE
6-7	0,05	12,730	103,529	FALSE

**Notas:** 1: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

8. Resultados gráficos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 10.** Diagrama de cajas y bigotes de alturas con significancias.



Las letras que se muestran representan la existencia de diferencias significativas entre las muestras. Letras iguales en varios grupos muestran que tienen un comportamiento similar en términos de la variable analizada.

### 4.3. Análisis del diámetro

1. Análisis descriptivo del diámetro de cuello de la raíz en mm (diámetro) para cada grupo de Material de Base:

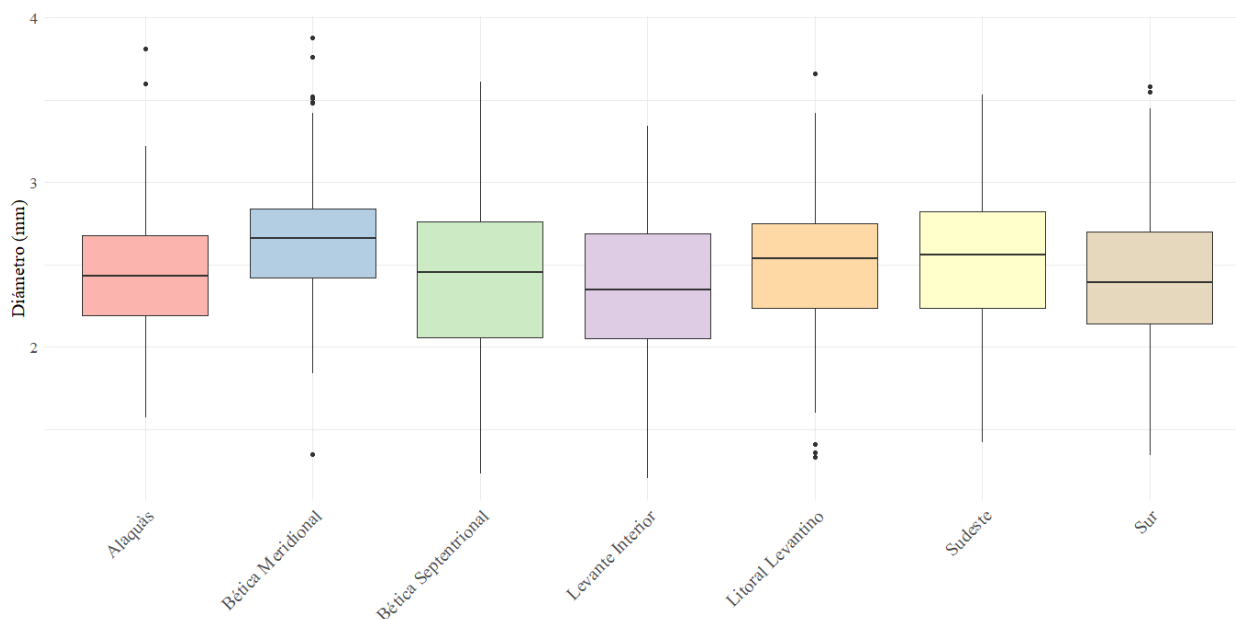
**Tabla 33.** Análisis descriptivo del diámetro.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	2,437	2,430	0,387	1,57	3,81	149
Bética meridional	2,670	2,660	0,417	1,35	3,88	149
Bética septentrional	2,422	2,455	0,490	1,23	3,61	148
Levante interior	2,365	2,350	0,435	1,20	3,34	149
Litoral levantino	2,485	2,540	0,407	1,33	3,66	146
Sudeste	2,523	2,560	0,440	1,42	3,53	147
Sur	2,408	2,395	0,430	1,34	3,58	146

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

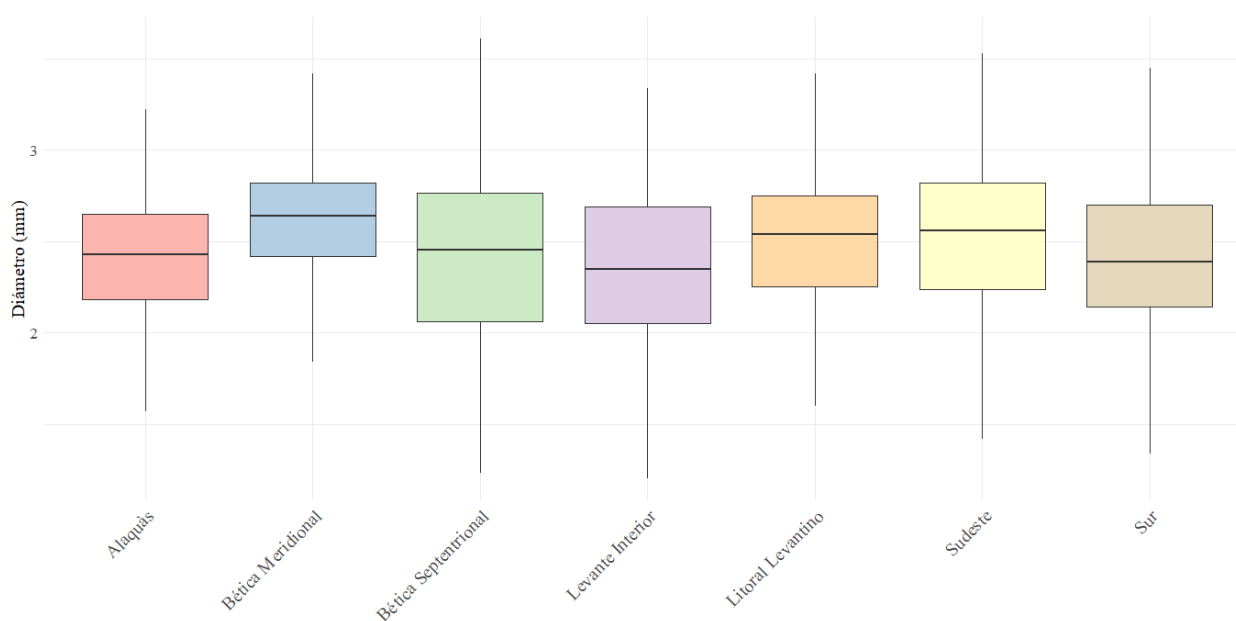
2. Identificación de valores atípicos mediante el diagrama de cajas o bigotes:

**Gráfico 11.** Diagrama de cajas y bigotes de diámetros para cada grupo de Material de Base.



3. Eliminación de los datos atípicos:

**Gráfico 12.** Diagrama de cajas y bigotes de diámetros sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base.



4. Nuevo análisis descriptivo del diámetro sin valores atípicos:

**Tabla 34.** Análisis descriptivo del diámetro sin datos atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	2,420	2,430	0,360	1,57	3,22	147
Bètica meridional	2,640	2,640	0,362	1,84	3,42	142



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Bética septentrional	2,422	2,455	0,490	1,23	3,61	148
Levante interior	2,365	2,350	0,435	1,20	3,34	149
Litoral levantino	2,500	2,540	0,365	1,60	3,42	142
Sudeste	2,523	2,560	0,440	1,42	3,53	147
Sur	2,392	2,390	0,411	1,34	3,45	144

5. Prueba de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) en función de cada grupo de procedencia y huerto semillero para determinar si los diámetros siguen una distribución normal:

**Tabla 35.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el diámetro

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,616)
Bética meridional	Normal (p = 0,05)
Bética septentrional	Normal (p = 0,372)
Levante interior	Normal (p = 0,298)
Litoral levantino	Normal (p = 0,157)
Sudeste	Normal (p = 0,664)
Sur	Normal (p = 0,855)

6. Prueba de homogeneidad de varianza (Test de Bartlett):

**Tabla 36.** Resultados del Test de Bartlett para el diámetro.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	25,006	6	3,406e-04

7. Dado que no cumple los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el Coeficiente de Correlación de Spearman entre los diámetros y los grupos de Material de Base para verificar la independencia.

**Tabla 37.** Coeficiente de Correlación de Spearman entre el diámetro y el Material de Base

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Diámetro	Material de Base	-0,001

8. Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis:

**Tabla 38.** Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	42,784	6	1.287e-07

9. Prueba post-hoc para identificar los grupos que presentan diferencias significativas:

**Tabla 39.** Resultados de la prueba post-hoc del diámetro.

Contraste	Alfa	Diferencias observadas	Diferencias críticas	Diferencias significativas
1-2	0,05	94,364	104,858	FALSE

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

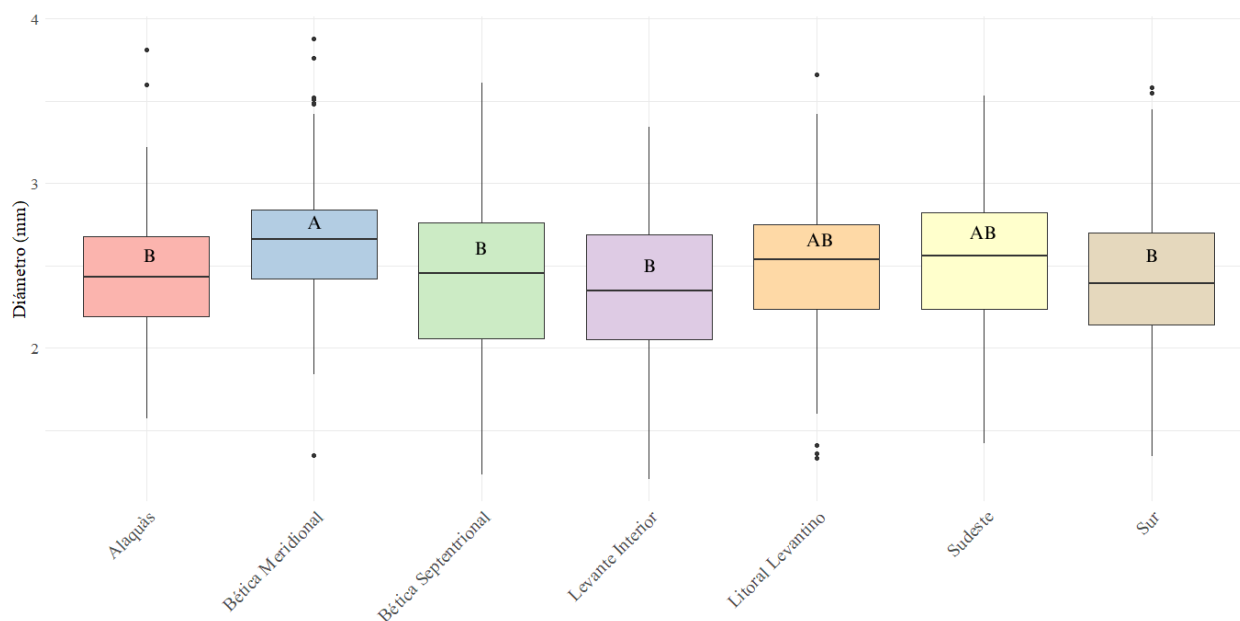
Contraste	Alfa	Diferencias observadas	Diferencias críticas	Diferencias significativas
1-3	0,05	47,859	105,031	FALSE
1-4	0,05	12,832	105,206	FALSE
1-5	0,05	94,288	106,112	FALSE
1-6	0,05	76,768	105,743	FALSE
1-7	0,05	62,425	105,206	FALSE
2-3	0,05	46,505	103,764	FALSE
2-4	0,05	107,197	103,941	TRUE
2-5	0,05	188,653	104,858	TRUE
2-6	0,05	17,595	104,485	FALSE
2-7	0,05	31,938	103,941	FALSE
3-4	0,05	60,692	104,115	FALSE
3-5	0,05	142,148	105,031	TRUE
3-6	0,05	28,909	104,658	FALSE
3-7	0,05	14,566	104,115	FALSE
4-5	0,05	81,455	105,206	FALSE
4-6	0,05	89,601	104,833	FALSE
4-7	0,05	75,258	104,292	FALSE
5-6	0,05	171,057	105,743	TRUE
5-7	0,05	156,714	105,206	TRUE
6-7	0,05	14,343	104,833	FALSE

**Notas:** 2: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

10. Resultados gráficos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 13.** Diagrama de cajas y bigotes de diámetros con significancias.



#### 4.4. Análisis de la esbeltez (H/D)

1. Análisis descriptivo del Índice de Esbeltez en cm/mm (cociente entre la altura y el diámetro):

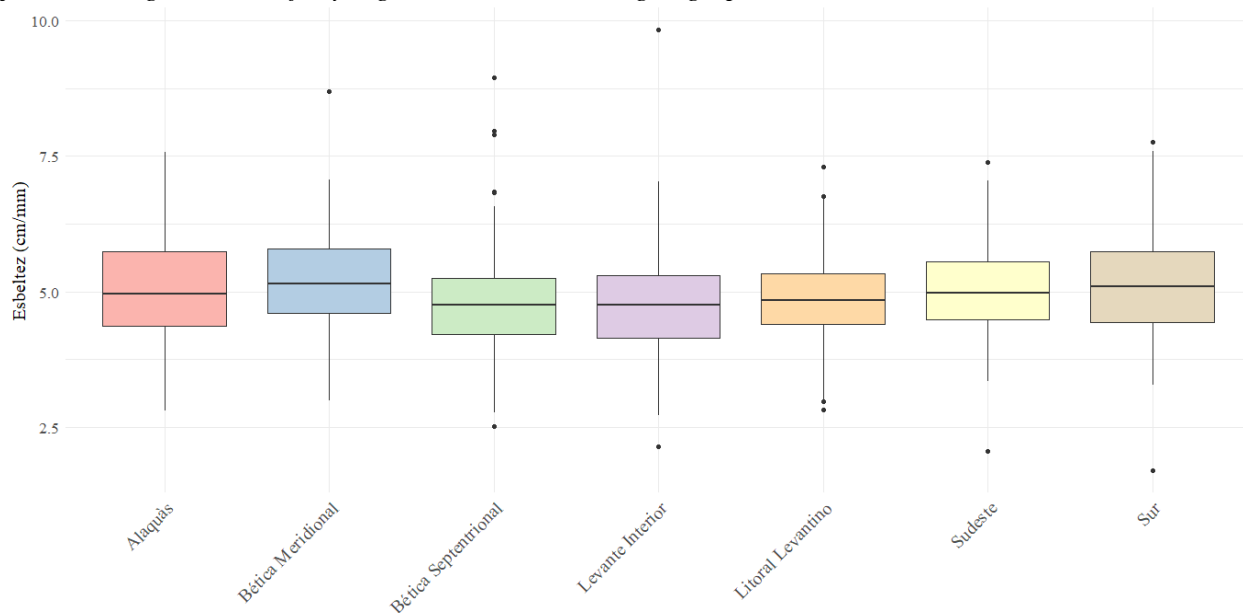
**Tabla 40.** Análisis descriptivo de la esbeltez.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	5,053	4,959	0,933	2,807	7,576	149
Bética meridional	5,206	5,143	0,889	2,990	8,696	149
Bética septentrional	4,826	4,756	0,965	2,524	8,943	148
Levante interior	4,775	4,754	0,991	2,146	9,836	149
Litoral levantino	4,874	4,846	0,810	2,819	7,305	146
Sudeste	5,054	4,981	0,860	2,062	7,386	147
Sur	5,135	5,098	0,979	1,695	7,767	146

2. Identificación de valores atípicos:

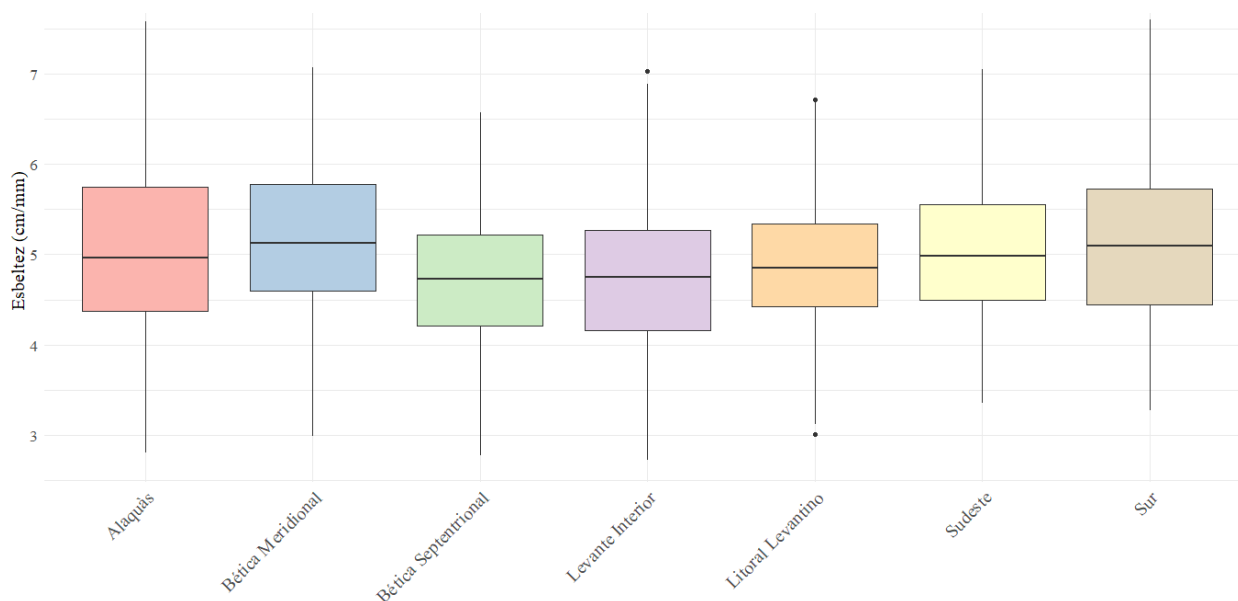
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 14.** Diagrama de cajas y bigotes de la esbeltez según grupo de Material de Base.



3. Eliminación de los valores atípicos de "Esbeltez":

**Gráfico 15.** Diagrama de cajas y bigotes de la esbeltez con datos limpiados según grupo de Material de Base.



4. Nuevo análisis descriptivo con los datos limpios:

**Tabla 41.** Análisis descriptivo de la esbeltez con datos limpios.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	5,053	4,959	0,933	2,807	7,576	149
Bética meridional	5,182	5,122	0,844	2,990	7,068	148
Bética septentrional	4,741	4,733	0,782	2,771	6,575	142
Levante interior	4,759	4,754	0,879	2,721	7,026	147
Litoral levantino	4,871	4,846	0,742	3,008	6,716	142
Sudeste	5,058	4,981	0,806	3,356	7,051	145

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Sur	5,141	5,098	0,917	3,276	7,600	144

5. Pruebas de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) en función de cada grupo de Material de Base para determinar si la esbeltez sigue una distribución normal:

**Tabla 42.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la esbeltez.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,571)
Bética meridional	Normal (p = 0,457)
Bética septentrional	Normal (p = 0,776)
Levante interior	Normal (p = 0,346)
Litoral levantino	Normal (p = 0,896)
Sudeste	Normal (p = 0,155)
Sur	Normal (p = 0,182)

6. Análisis de Homogeneidad de Varianza (Bartlett):

**Tabla 43.** Resultados del Test de Bartlett para la esbeltez.

Test	Estadístico	Grados de libertad	P-valor
Test de Bartlett	12,089	6	0,060

7. Dado que cumple los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el Coeficiente de Correlación de Pearson entre la esbeltez y los grupos de Material de Base para verificar la independencia.

**Tabla 44.** Coeficiente de Correlación de Pearson entre la esbeltez y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Esbeltez	Material de Base	0,145

8. Se realiza la prueba paramétrica ANOVA para verificar si existen diferencias significativas grupos de procedencia:

**Tabla 45.** Resultados de la prueba ANOVA para la esbeltez.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	28,456	6	4,743	6,617	7e-07

9. Dado que el resultado del p-valor en la prueba ANOVA es inferior a 0.05, se realiza un análisis post-hoc de Tukey para ver que grupos difieren significativamente:

**Tabla 46.** Resultados del análisis post-hoc para la esbeltez.

Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
1-2	-0,113	-0,407	0,182	0,918

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

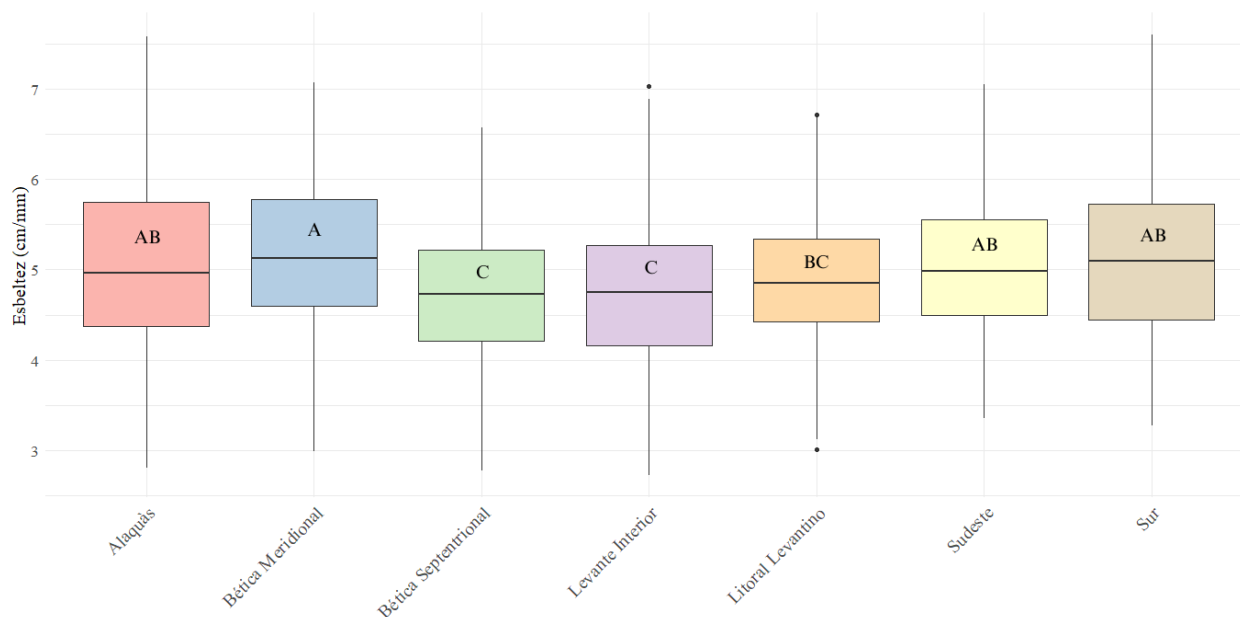
Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
1-3	-0,131	-0,428	0,166	0,852
1-4	0,187	-0,109	0,482	0,502
1-5	0,311	0,017	0,605	0,03
1-6	0,270	-0,026	0,565	0,101
1-7	0,182	-0,111	0,475	0,526
2-3	-0,018	-0,312	0,276	1,000
2-4	0,299	0,007	0,592	0,041
2-5	0,424	0,133	0,715	0,000
2-6	0,382	0,089	0,676	0,002
2-7	0,295	0,004	0,586	0,044
3-4	0,317	0,022	0,613	0,026
3-5	0,442	0,148	0,736	0,000
3-6	0,400	0,105	0,696	0,001
3-7	0,313	0,019	0,606	0,028
4-5	0,124	-0,168	0,417	0,871
4-6	0,083	-0,211	0,377	0,982
4-7	-0,005	-0,296	0,287	1,000
5-6	-0,041	-0,334	0,251	1,000
5-7	-0,129	-0,419	0,161	0,846
6-7	-0,088	-0,380	0,205	0,975

**Notas:** 3: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

10. Resultados gráficos:

**Gráfico 16.** Gráfico de cajas y bigotes de la esbeltez con significancias.



## 4.5. Análisis de los pesos secos

### 4.5.1. Peso seco foliar

1. Análisis descriptivo del peso seco foliar en gramos para cada grupo de Material de Base:

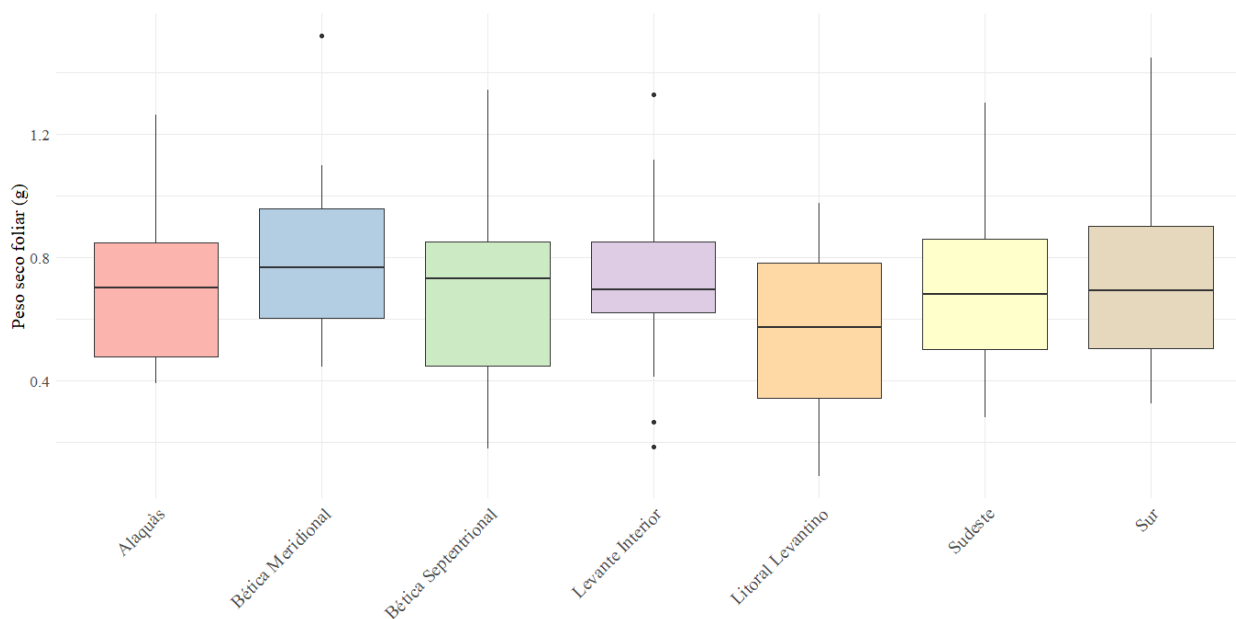
**Tabla 47.** Análisis descriptivo del peso seco foliar.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,715	0,702	0,243	0,392	1,262	25
Bética meridional	0,813	0,766	0,237	0,445	1,519	25
Bética septentrional	0,686	0,730	0,281	0,180	1,342	27
Levante interior	0,719	0,696	0,250	0,186	1,327	25
Litoral levantino	0,563	0,572	0,249	0,088	0,976	27
Sudeste	0,688	0,680	0,254	0,281	1,302	28
Sur	0,720	0,691	0,280	0,326	1,447	26

2. Identificación de datos atípicos a través del diagrama de cajas:

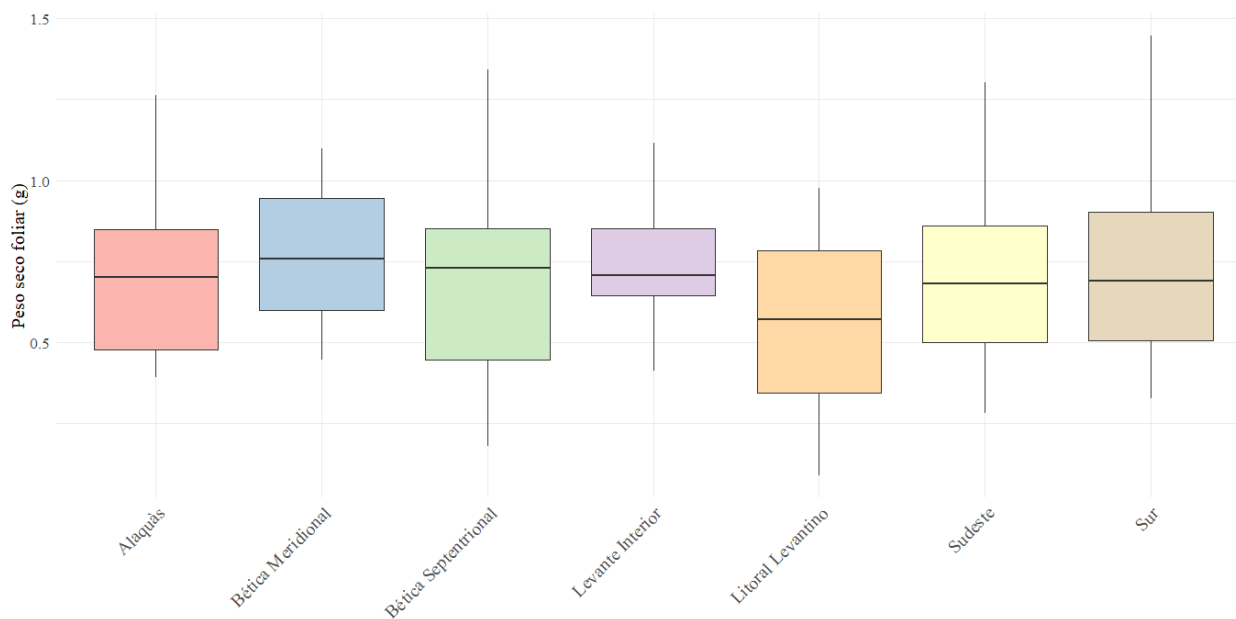
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 17.** Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos foliares para cada grupo de Material de Base.



3. Eliminación de los datos atípicos:

**Gráfico 18.** Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos foliares con valores limpios para cada grupo de Material de Base.



4. Nuevo análisis descriptivo tras el filtrado de datos atípicos:

**Tabla 48.** Análisis descriptivo del peso seco foliar sin datos atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,715	0,702	0,243	0,392	1,262	25
Bética meridional	0,784	0,758	0,190	0,445	1,099	24
Bética septentrional	0,686	0,730	0,281	0,180	1,342	27
Levante interior	0,736	0,708	0,174	0,411	1,115	22



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Litoral levantino	0,563	0,572	0,249	0,088	0,976	27
Sudeste	0,688	0,680	0,254	0,281	1,302	28
Sur	0,720	0,691	0,280	0,326	1,447	26

5. Pruebas de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) en función de cada grupo de procedencia y huerto semillero:

**Tabla 49.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el peso seco foliar.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,122)
Bética meridional	Normal (p = 0,299)
Bética septentrional	Normal (p = 0,437)
Levante interior	Normal (p = 0,805)
Litoral levantino	Normal (p = 0,278)
Sudeste	Normal (p = 0,557)
Sur	Normal (p = 0,289)

6. Prueba de homogeneidad de varianza (Test de Bartlett):

**Tabla 50.** Resultados del Test de Bartlett para el peso seco foliar.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	8,519	6	0,202

7. Dado que se cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el Coeficiente de Correlación de Pearson entre el peso seco foliar y los grupos de Material de Base para verificar la independencia:

**Tabla 51.** Coeficiente de correlación de Pearson entre el peso seco foliar y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
PSFoliar	Material de Base	0,159

8. Prueba paramétrica ANOVA para verificar si existen diferencias significativas entre la variable y los grupos de Material de Base:

**Tabla 52.** Resultados de la prueba ANOVA del peso seco foliar.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	0,725	6	0,121	2,030	0,044
Residuos	10,243	172	0,060	NA	NA

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

9. Prueba post-hoc de Tukey para ver que grupos de Material de Base difieren significativamente:

**Tabla 53.** Resultados de la prueba post-hoc del peso seco foliar.

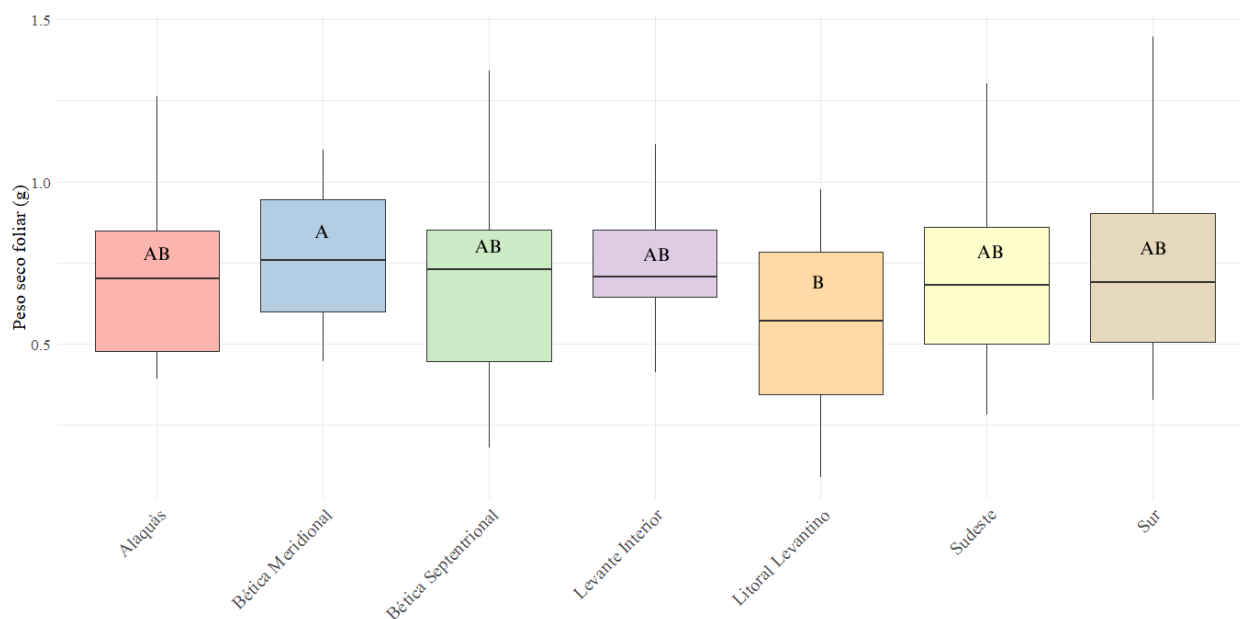
Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
1-2	0,172	-0,036	0,382	0,177
1-3	0,122	-0,075	0,320	0,519
1-4	0,124	-0,071	0,320	0,488
1-5	0,220	0,016	0,424	0,025
1-6	0,157	-0,043	0,357	0,230
1-7	0,151	-0,050	0,353	0,283
2-3	-0,050	-0,259	0,158	0,991
2-4	-0,048	-0,255	0,158	0,992
2-5	0,047	-0,167	0,262	0,994
2-6	-0,015	-0,226	0,194	0,999
2-7	-0,021	-0,234	0,191	0,999
3-4	0,001	-0,194	0,198	1,000
3-5	0,098	-0,106	0,302	0,782
3-6	0,034	-0,165	0,234	0,998
3-7	0,028	-0,173	0,230	0,999
4-5	0,096	-0,106	0,298	0,792
4-6	0,032	-0,165	0,230	0,998
4-7	0,026	-0,173	0,227	0,999
5-6	-0,063	-0,269	0,142	0,968
5-7	-0,069	-0,277	0,138	0,954
6-7	-0,005	-0,209	0,198	1,000

**Notas:** 4: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

10. Resultados gráficos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 19.** Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos foliares con significancias.



#### 4.5.2. Peso seco aéreo

1. Análisis descriptivo del peso seco aéreo expresado en gramos:

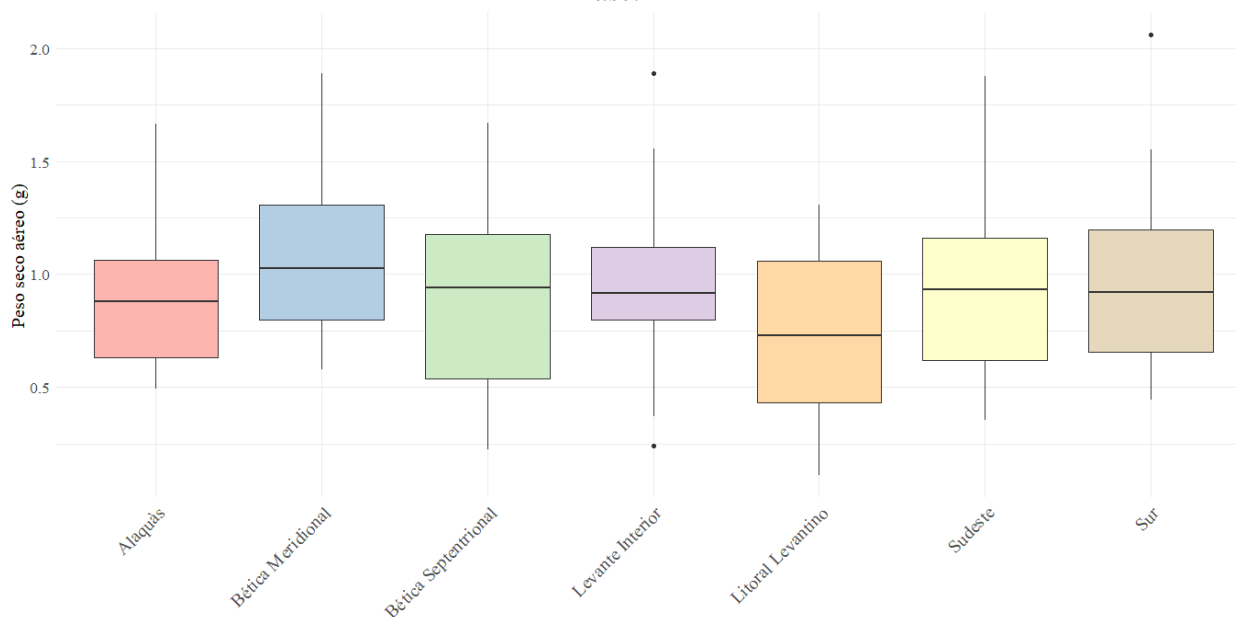
**Tabla 54.** Análisis descriptivo del peso seco aéreo para cada grupo de Material de Base.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,923	0,881	0,325	0,495	1,665	25
Bética meridional	1,086	1,027	0,323	0,578	1,891	25
Bética septentrional	0,895	0,939	0,374	0,223	1,669	27
Levante interior	0,946	0,918	0,350	0,240	1,890	25
Litoral levantino	0,727	0,730	0,348	0,109	1,309	27
Sudeste	0,913	0,934	0,366	0,356	1,879	28
Sur	0,957	0,921	0,387	0,446	2,061	26

2. Identificación de datos atípicos:

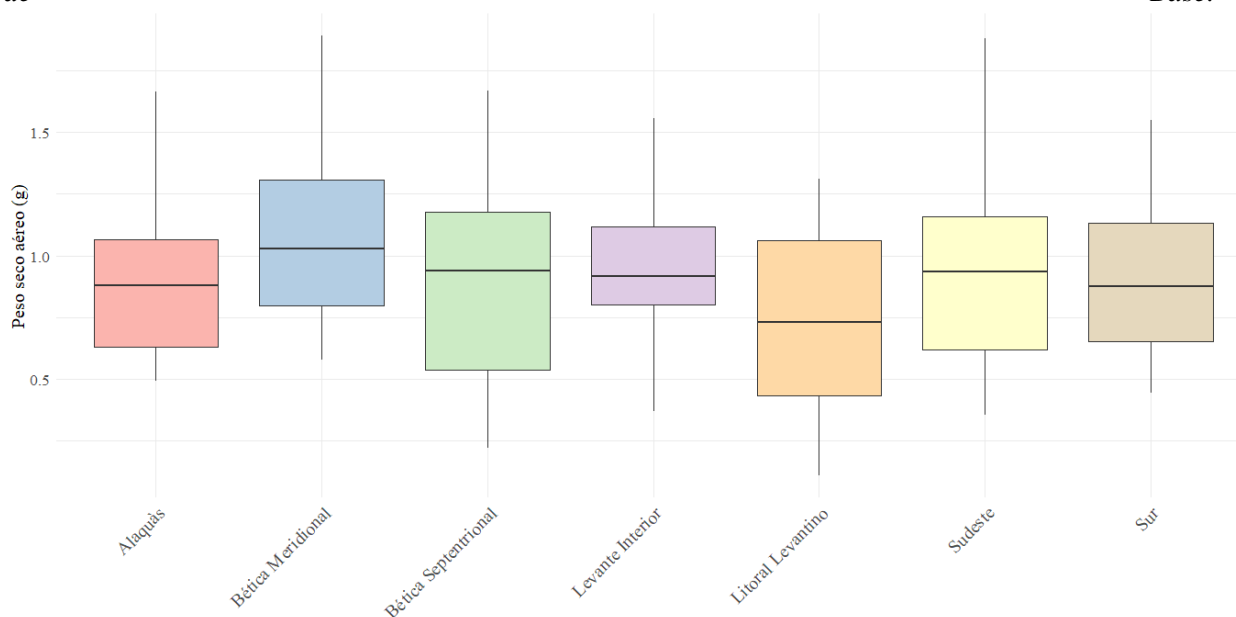
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 20.** Diagrama de cajas y bigotes de los pesos secos aéreos para cada grupo de Material de Base.



3. Eliminación de datos atípicos:

**Gráfico 21.** Diagrama de cajas para el peso seco aéreo sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base.



4. Nuevo análisis descriptivo sin valores atípicos:

**Tabla 55.** Análisis descriptivo del peso seco aéreo sin datos atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,923	0,881	0,325	0,495	1,665	25
Bética meridional	1,086	1,027	0,323	0,578	1,891	25
Bética septentrional	0,895	0,939	0,374	0,223	1,669	27
Levante interior	0,935	0,918	0,265	0,372	1,554	23

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Litoral levantino	0,727	0,730	0,348	0,109	1,309	27
Sudeste	0,913	0,934	0,366	0,356	1,879	28
Sur	0,913	0,876	0,321	0,446	1,550	25

5. Pruebas de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) en función de cada grupo de procedencia y huerto semillero:

**Tabla 56.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el peso seco aéreo.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,111)
Bética meridional	Normal (p = 0,428)
Bética septentrional	Normal (p = 0,213)
Levante interior	Normal (p = 0,904)
Litoral levantino	Normal (p = 0,239)
Sudeste	Normal (p = 0,402)
Sur	Normal (p = 0,388)

6. Prueba de homogeneidad de varianza:

**Tabla 57.** Resultados del Test de Bartlett para el peso seco aéreo.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	3,420	6	0,755

7. Dado que se cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el Coeficiente de Correlación de Pearson entre el peso seco aéreo y los grupos de Material de Base para verificar la independencia:

**Tabla 58.** Coeficiente de correlación de Pearson entre el peso seco aéreo y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
PSAéreo	Material de Base	0,159

8. Se realiza la prueba paramétrica ANOVA para verificar si existen diferencias significativas entre la variable y los grupos de procedencia:

**Tabla 59.** Resultados de la prueba ANOVA para el peso seco aéreo.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	1,704	6	0,284	2,523	0,023
Residuos	19,469	173	0,113	NA	NA

9. Prueba post-hoc de Tukey para ver que grupos de Material de Base difieren significativamente (p-valor < 0,05):

**Tabla 60.** Resultados de la prueba post-hoc del peso seco aéreo.

Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
1-2	0,208	-0,075	0,492	0,307

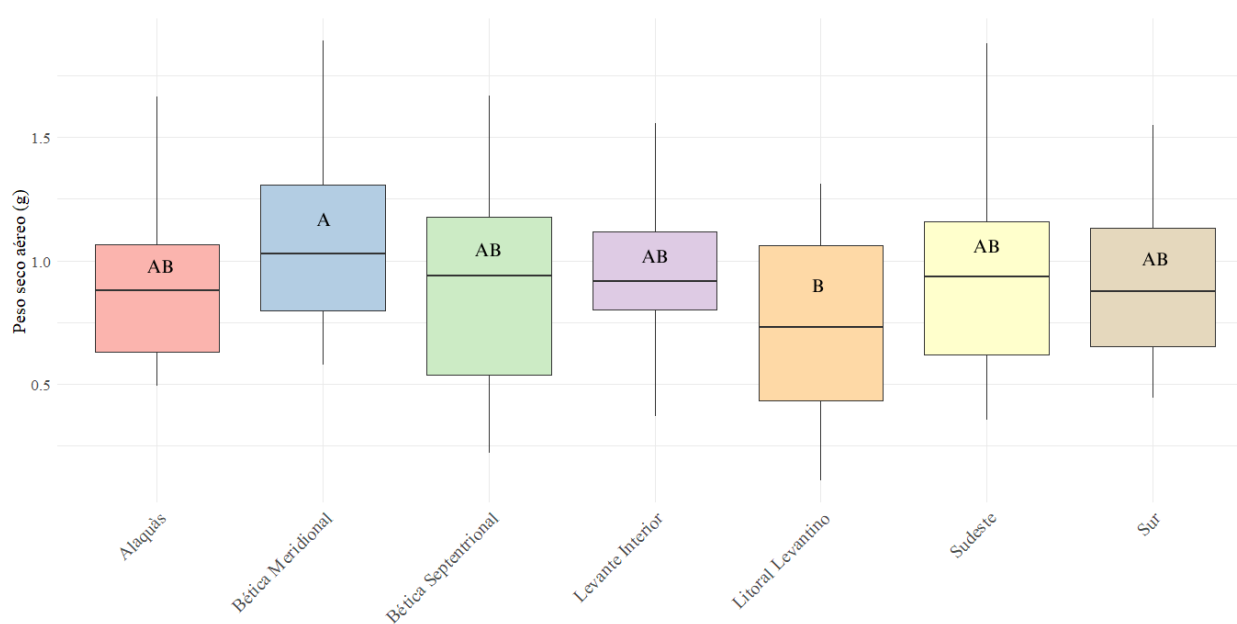
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
1-3	0,167	-0,104	0,440	0,525
1-4	0,185	-0,084	0,455	0,384
1-5	0,358	0,081	0,636	0,003
1-6	0,185	-0,092	0,463	0,422
1-7	0,195	-0,081	0,473	0,355
2-3	-0,040	-0,324	0,243	0,999
2-4	-0,022	-0,303	0,259	0,999
2-5	0,150	-0,138	0,439	0,710
2-6	-0,022	-0,311	0,266	0,999
2-7	-0,012	-0,301	0,276	0,999
3-4	0,018	-0,251	0,288	0,999
3-5	0,191	-0,086	0,469	0,384
3-6	0,018	-0,259	0,295	0,999
3-7	0,028	-0,249	0,305	0,999
4-5	0,173	-0,102	0,448	0,499
4-6	-0,000	-0,275	0,275	1,000
4-7	0,009	-0,265	0,285	0,999
5-6	-0,173	-0,456	0,109	0,532
5-7	-0,163	-0,446	0,119	0,604
6-7	0,010	-0,272	0,293	0,999

**Notas:** 5: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

10. Resultados gráficos:

**Gráfico 22.** Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos aéreos con significancias.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**4.5.3. Peso seco radical**

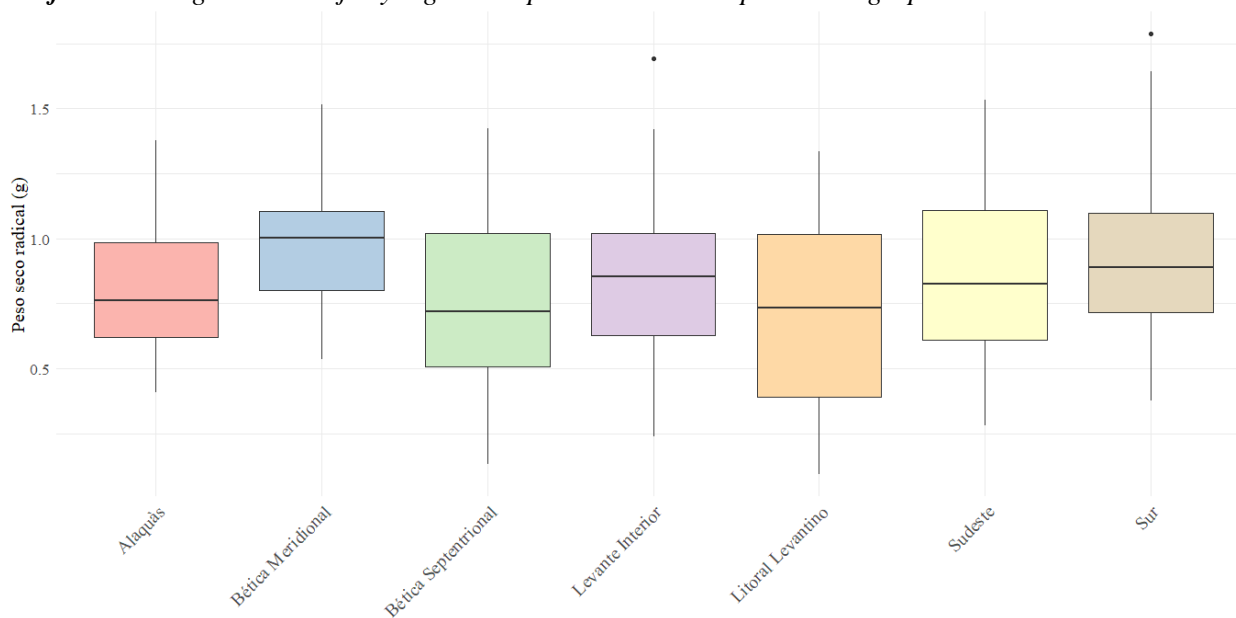
1. Análisis descriptivo del peso seco radical expresado en gramos para cada grupo de Material de Base:

*Tabla 61. Análisis descriptivo del peso seco radical.*

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,811	0,761	0,278	0,407	1,376	25
Bética meridional	0,983	1,002	0,255	0,534	1,515	25
Bética septentrional	0,769	0,720	0,341	0,131	1,424	27
Levante interior	0,846	0,853	0,315	0,240	1,693	25
Litoral levantino	0,691	0,734	0,357	0,092	1,335	27
Sudeste	0,861	0,827	0,333	0,280	1,532	28
Sur	0,934	0,888	0,370	0,377	1,788	26

2. Identificación de datos atípicos mediante un diagrama de caja:

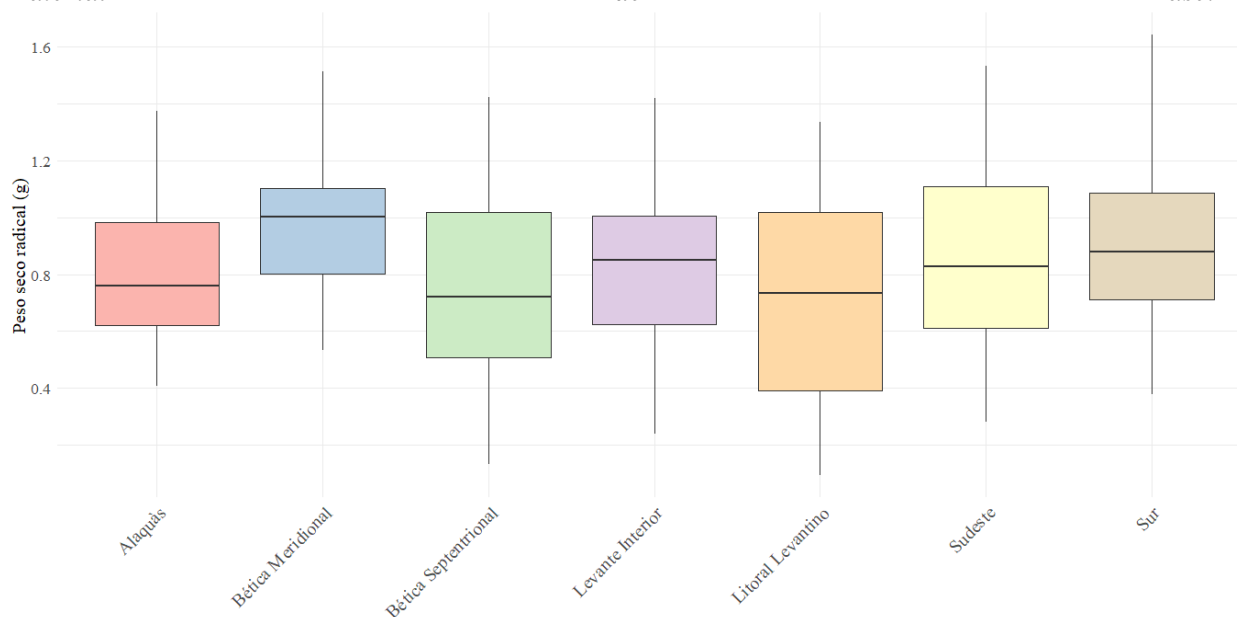
*Gráfico 23. Diagrama de cajas y bigotes de peso seco radical para cada grupo de Material de Base.*



3. Se eliminan los datos atípicos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 24.** Diagrama de cajas y bigotes de peso seco radical sin valores atípicos para cada grupo de Material de Base.



4. Nuevo análisis descriptivo sin datos atípicos:

**Tabla 62.** Análisis descriptivo del peso seco radical sin valores atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,811	0,761	0,278	0,407	1,376	25
Bética meridional	0,983	1,002	0,255	0,534	1,515	25
Bética septentrional	0,769	0,720	0,341	0,131	1,424	27
Levante interior	0,810	0,849	0,267	0,240	1,419	24
Litoral levantino	0,691	0,734	0,357	0,092	1,335	27
Sudeste	0,861	0,827	0,333	0,280	1,532	28
Sur	0,899	0,880	0,333	0,377	1,644	25

5. Pruebas de normalidad (Test de Shapiro-Wilk):

**Tabla 63.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el peso seco radical.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,324)
Bética meridional	Normal (p = 0,591)
Bética septentrional	Normal (p = 0,793)
Levante interior	Normal (p = 0,399)
Litoral levantino	Normal (p = 0,237)
Sudeste	Normal (p = 0,774)
Sur	Normal (p = 0,415)

6. Prueba de homogeneidad de varianza:



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Tabla 64.** Resultados del Test de Bartlett para el peso seco radical.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	5,168	6	0,522

7. Dado que se cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el Coeficiente de Correlación de Pearson entre el peso seco radical y los grupos de Material de Base:

**Tabla 65.** Coeficiente de correlación de Pearson entre el peso seco radical y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
PSRadical	Material de Base	0,171

8. Prueba paramétrica ANOVA para verificar si existen diferencias significativas entre la variable y los grupos de procedencia:

**Tabla 66.** Resultados de la prueba ANOVA del peso seco radical.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	1,370	6	0,228	2,332	0,034
Residuos	17,034	174	0,098	NA	NA

9. Prueba post-hoc de Tukey:

**Tabla 67.** Resultados de la prueba post-hoc del peso seco radical.

Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
1-2	0,119	-0,142	0,381	0,821
1-3	0,078	-0,175	0,332	0,968
1-4	0,169	-0,081	0,421	0,410
1-5	0,291	0,032	0,550	0,016
1-6	0,208	-0,050	0,467	0,204
1-7	0,119	-0,139	0,378	0,813
2-3	-0,040	-0,302	0,220	0,999
2-4	0,050	-0,209	0,309	0,997
2-5	0,172	-0,094	0,439	0,465
2-6	0,089	-0,177	0,355	0,954
2-7	0,000	-0,266	0,266	1,000
3-4	0,091	-0,160	0,343	0,933
3-5	0,213	-0,045	0,472	0,182
3-6	0,130	-0,129	0,389	0,746
3-7	0,041	-0,217	0,300	0,999
4-5	0,121	-0,134	0,378	0,792
4-6	0,038	-0,218	0,295	0,999
4-7	-0,050	-0,307	0,206	0,997
5-6	-0,083	-0,347	0,180	0,965

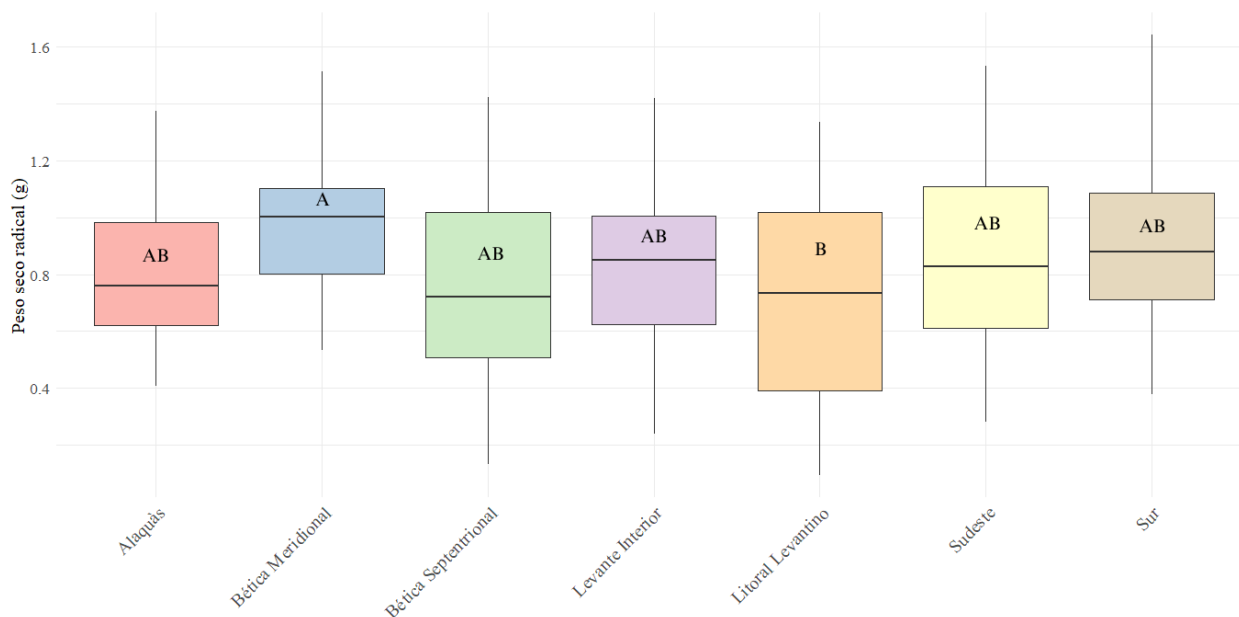
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
5-7	-0,172	-0,436	0,092	0,454
6-7	-0,088	-0,352	0,175	0,952

**Notas:** 6: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

10. Resultados gráficos con significancias:

**Gráfico 25.** Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos radicales con significancias.



#### 4.5.4. Peso seco total

1. Análisis descriptivo del peso seco total expresado en gramos para cada grupo de Material de Base:

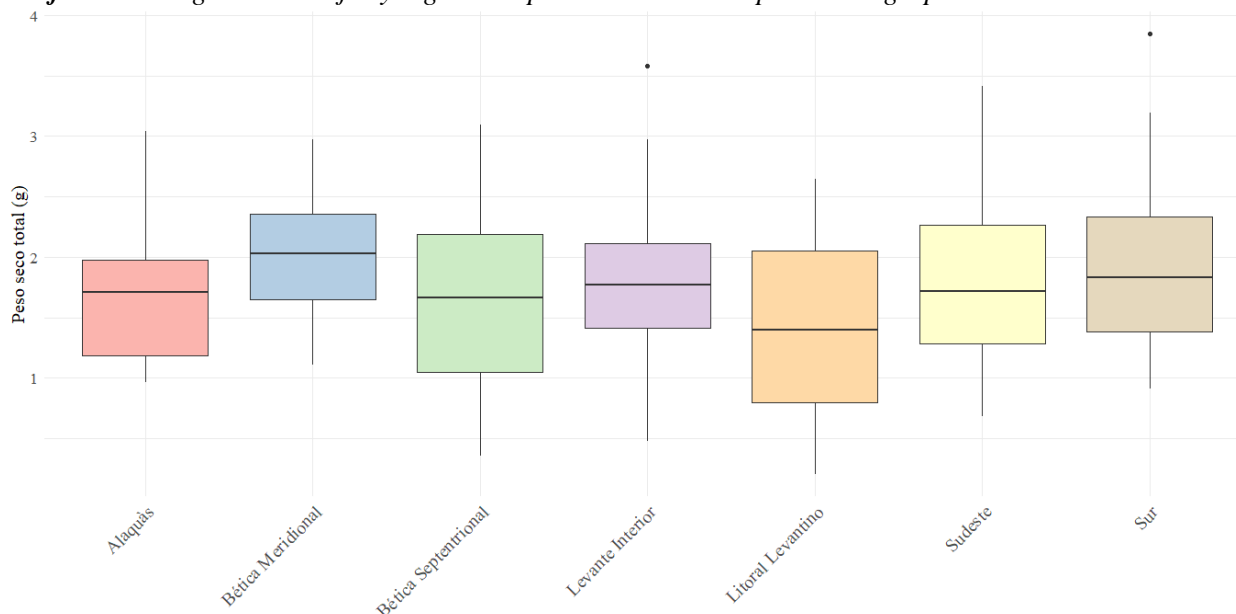
**Tabla 68.** Análisis descriptivo del peso seco total.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	1,734	1,712	0,588	0,962	3,041	25
Bética meridional	2,069	2,033	0,545	1,112	2,969	25
Bética septentrional	1,664	1,667	0,704	0,354	3,093	27
Levante interior	1,791	1,771	0,654	0,480	3,583	25
Litoral levantino	1,418	1,399	0,691	0,201	2,644	27
Sudeste	1,774	1,718	0,688	0,687	3,411	28
Sur	1,891	1,830	0,748	0,912	3,849	26

2. Identificación de datos atípicos mediante un diagrama de cajas:

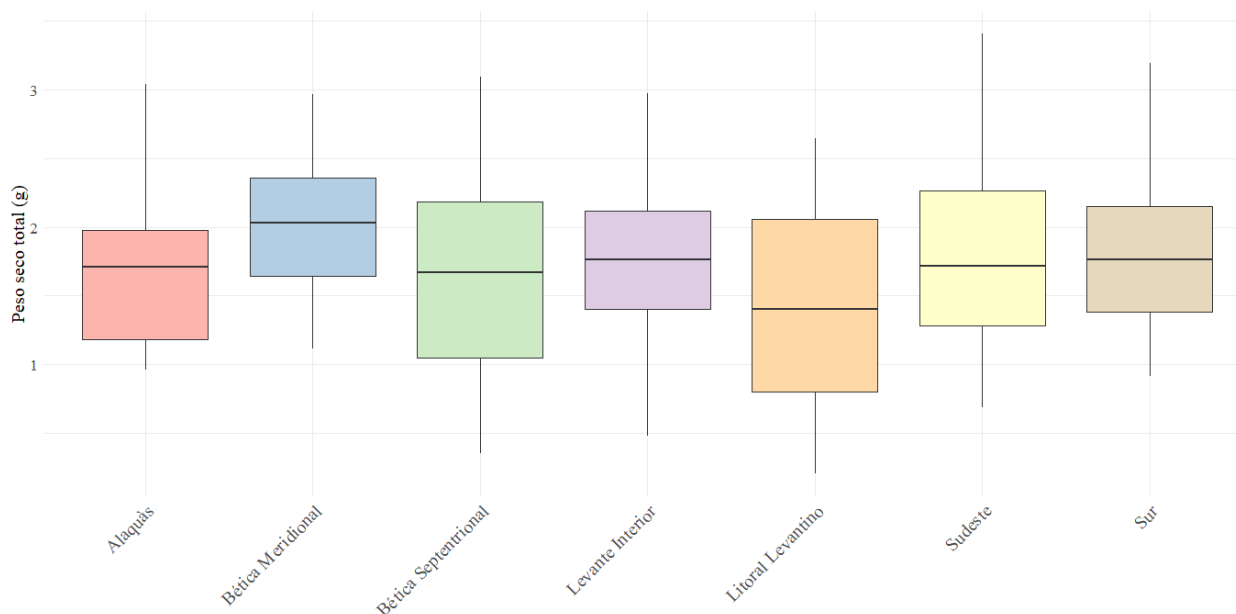
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 26.** Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos totales para cada grupo de Material de Base.



3. Eliminación de datos atípicos:

**Gráfico 27.** Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos totales sin valores atípicos para cada grupo de Material de Base.



4. Nuevo análisis descriptivo sin valores atípicos:

**Tabla 69.** Análisis descripto del peso seco total sin valores atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	1,734	1,712	0,588	0,962	3,041	25
Bética meridional	2,069	2,033	0,545	1,112	2,969	25
Bética septentrional	1,664	1,667	0,704	0,354	3,093	27
Levante interior	1,717	1,761	0,548	0,480	2,973	24

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Litoral levantino	1,418	1,399	0,691	0,201	2,644	27
Sudeste	1,774	1,718	0,688	0,687	3,411	28
Sur	1,812	1,762	0,646	0,912	3,194	25

5. Pruebas de normalidad (Test de Shapiro-Wilk):

**Tabla 70.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el peso seco total.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,128)
Bética meridional	Normal (p = 0,331)
Bética septentrional	Normal (p = 0,777)
Levante interior	Normal (p = 0,673)
Litoral levantino	Normal (p = 0,315)
Sudeste	Normal (p = 0,689)
Sur	Normal (p = 0,334)

6. Prueba de homogeneidad de varianza (Test de Bartlett) para verificar si las varianzas son homogéneas entre los grupos en función del peso seco total.

**Tabla 71.** Resultados del Test de Bartlett para el peso seco total.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	3,501	6	0,744

7. Dado que se cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el Coeficiente de Correlación de Pearson entre el peso seco total y los grupos de Material de Base para verificar la independencia:

**Tabla 72.** Coeficiente de correlación de Pearson entre el peso seco total y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
PSTotal	Material de Base	0,174

8. Prueba ANOVA para verificar si existen diferencias significativas entre la variable y los grupos de procedencia:

**Tabla 73.** Resultados de la prueba ANOVA del peso seco total.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	5,831	6	0,972	2,401	0,0296
Residuos	70,421	174	0,405	NA	NA

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

9. Prueba post-hoc de Tukey para ver que grupos de Material de Base difieren significativamente:

**Tabla 74.** Resultados de la prueba post-hoc del peso seco total.

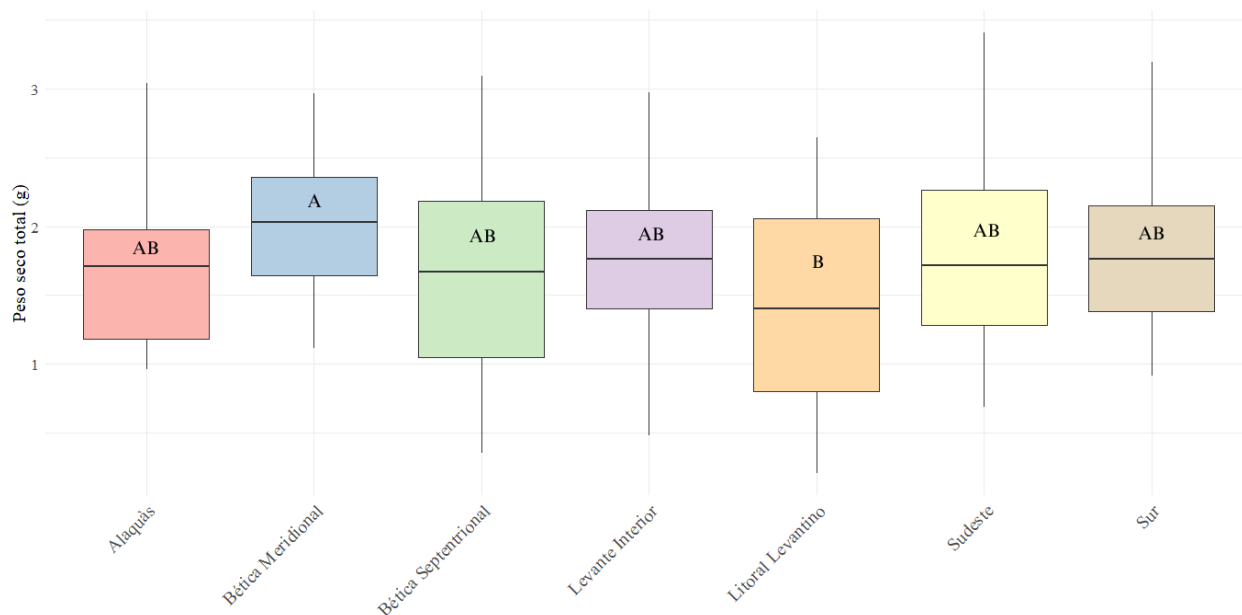
Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
1-2	0,298	-0,233	0,831	0,634
1-3	0,246	-0,270	0,762	0,789
1-4	0,355	-0,156	0,867	0,373
1-5	0,650	0,123	1,177	0,005
1-6	0,394	-0,132	0,920	0,283
1-7	0,315	-0,211	0,842	0,558
2-3	-0,052	-0,584	0,479	0,999
2-4	0,056	-0,470	0,584	0,999
2-5	0,352	-0,190	0,894	0,459
2-6	0,095	-0,446	0,637	0,998
2-7	0,016	-0,525	0,559	0,999
3-4	0,109	-0,402	0,621	0,995
3-5	0,404	-0,122	0,931	0,254
3-6	0,148	-0,378	0,674	0,980
3-7	0,069	-0,457	0,596	0,999
4-5	0,295	-0,227	0,817	0,626
4-6	0,038	-0,483	0,560	0,999
4-7	-0,040	-0,562	0,482	0,999
5-6	-0,256	-0,793	0,280	0,787
5-7	-0,335	-0,872	0,201	0,507
6-7	-0,078	-0,615	0,458	0,999

**Notas:** 7: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

10. Resultados gráficos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 28.** Diagrama de cajas y bigotes de pesos secos totales con significancias.



#### 4.5.5. Cociente entre el peso seco aéreo y peso seco radical

1. Análisis descriptivo del cociente entre el peso seco aéreo y el radical (g/g):

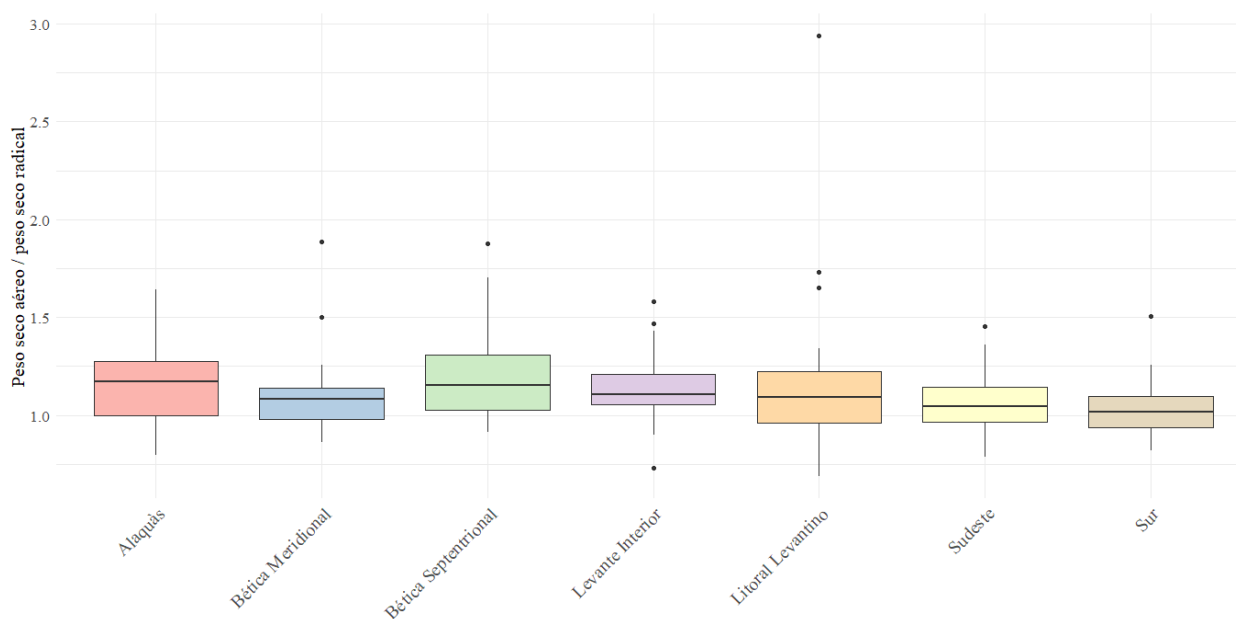
**Tabla 75.** Análisis descriptivo del cociente entre peso seco aéreo y el radical.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	1,152	1,173	0,189	0,798	1,642	25
Bética meridional	1,112	1,084	0,211	0,860	1,887	25
Bética septentrional	1,200	1,154	0,233	0,916	1,877	27
Levante interior	1,136	1,106	0,187	0,729	1,580	25
Litoral levantino	1,155	1,094	0,433	0,686	2,940	27
Sudeste	1,068	1,046	0,165	0,785	1,454	28
Sur	1,033	1,015	0,143	0,822	1,507	26

2. Identificación de valores atípicos mediante diagrama de cajas:

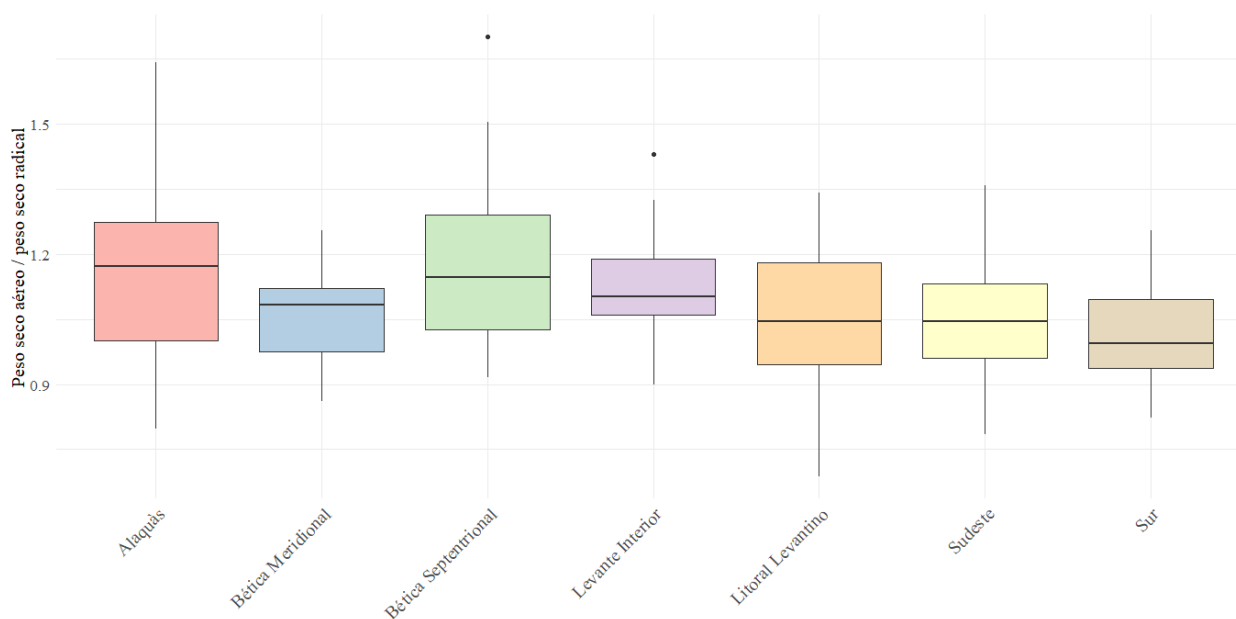
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 29.** Diagrama de cajas y bigotes del cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical.



3. Eliminación de los datos atípicos:

**Gráfico 30.** Diagrama de cajas y bigotes del cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical sin valor atípicos.



4. Nuevo análisis descriptivo sin valores atípicos:

**Tabla 76.** Análisis descriptivo del cociente entre el cociente del peso seco aéreo y el peso seco radical sin valores atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	1,152	1,173	0,189	0,798	1,642	25
Bética meridional	1,061	1,082	0,107	0,860	1,255	23
Bética septentrional	1,174	1,148	0,193	0,916	1,702	26

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Levante interior	1,119	1,102	0,131	0,899	1,431	22
Litoral levantino	1,036	1,045	0,184	0,686	1,342	24
Sudeste	1,054	1,045	0,149	0,785	1,358	27
Sur	1,014	0,994	0,108	0,822	1,256	25

5. Pruebas de normalidad (Test de Shapiro-Wilk):

**Tabla 77.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el cociente entre el peso seco aéreo y peso seco radical.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,782)
Bética meridional	Normal (p = 0,386)
Bética septentrional	Normal (p = 0,159)
Levante interior	Normal (p = 0,519)
Litoral levantino	Normal (p = 0,426)
Sudeste	Normal (p = 0,788)
Sur	Normal (p = 0,675)

6. Prueba de homogeneidad de varianza (Test de Bartlett):

**Tabla 78.** Resultados del Test de Bartlett para el cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	16,996	6	0,009

7. Dado que no se cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el Coeficiente de Correlación de Spearman entre la variable y los grupos de Material de Base para verificar la independencia:

**Tabla 79.** Coeficiente de correlación de Spearman entre el cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical, y el Material de Base

Variable1	Variable2	Coeficiente de Correlación
PSA/PSR	Material de Base	-0,018

8. Se realiza la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis:

**Tabla 80.** Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	17,675	6	0,007

9. Prueba post-hoc:

**Tabla 81.** Resultados de la prueba post-hoc del cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical.

Contraste	Alfa	Diferencias observadas	Diferencias críticas	Diferencias significativas
1-2	0,05	20,708	44,653	FALSE
1-3	0,05	30,650	42,824	FALSE
1-4	0,05	1,273	42,441	FALSE



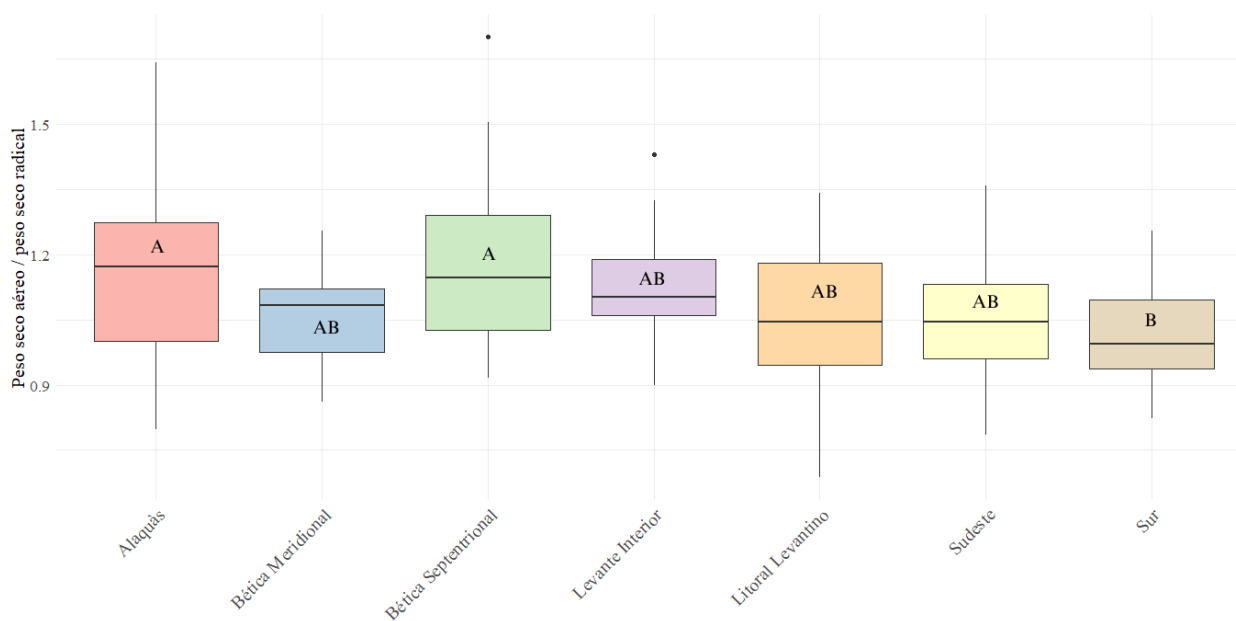
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Contraste	Alfa	Diferencias observadas	Diferencias críticas	Diferencias significativas
1-5	0,05	2,980	44,144	FALSE
1-6	0,05	14,861	43,233	FALSE
1-7	0,05	29,158	43,233	FALSE
2-3	0,05	9,942	43,824	FALSE
2-4	0,05	19,435	43,451	FALSE
2-5	0,05	17,728	45,115	FALSE
2-6	0,05	35,570	44,224	FALSE
2-7	0,05	8,450	44,224	FALSE
3-4	0,05	29,377	41,568	FALSE
3-5	0,05	27,670	43,305	FALSE
3-6	0,05	45,512	42,376	TRUE
3-7	0,05	1,492	42,376	FALSE
4-5	0,05	1,706	42,927	FALSE
4-6	0,05	16,134	41,989	FALSE
4-7	0,05	27,885	41,989	FALSE
5-6	0,05	17,841	43,710	FALSE
5-7	0,05	26,178	43,710	FALSE
6-7	0,05	44,020	42,789	TRUE

**Notas:** 8: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

10. Resultados gráficos:

**Gráfico 31.** Diagrama de cajas y bigotes del cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical con significancias.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

#### 4.6. Análisis del Índice de Dickson

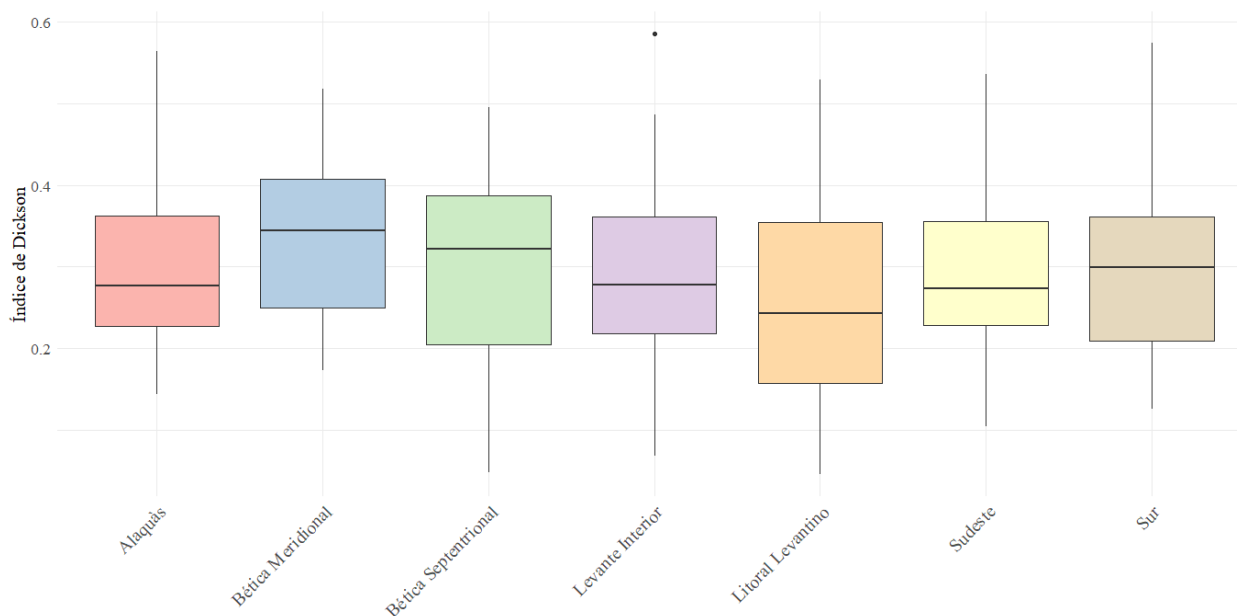
1. Análisis descriptivo del Índice de Dickson:

**Tabla 82.** Análisis descriptivo del Índice de Dickson (QI).

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,295	0,277	0,103	0,143	0,564	25
Bética meridional	0,343	0,345	0,097	0,173	0,518	25
Bética septentrional	0,292	0,322	0,124	0,048	0,496	27
Levante interior	0,298	0,277	0,122	0,069	0,586	25
Litoral levantino	0,259	0,243	0,136	0,045	0,529	27
Sudeste	0,288	0,273	0,102	0,104	0,536	28
Sur	0,298	0,300	0,119	0,126	0,574	26

2. Identificación de valores atípicos:

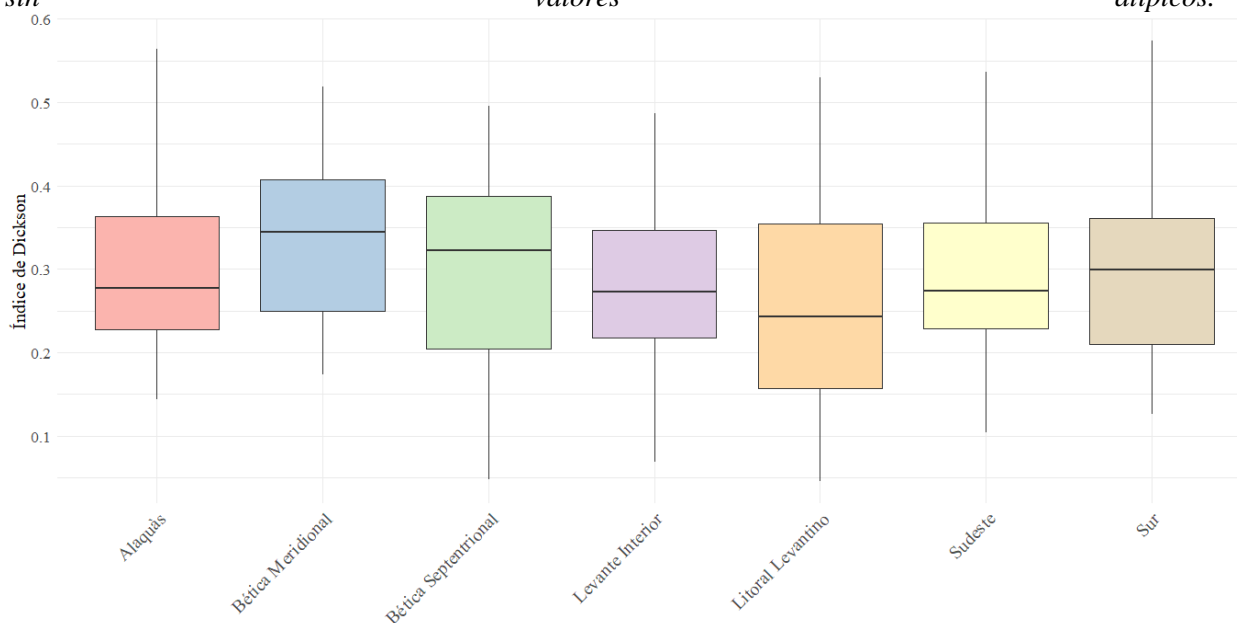
**Gráfico 32.** Diagrama de cajas y bigotes del Índice de Dickson para cada grupo de Material de Base.



3. Eliminación de valores atípicos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 33.** Diagrama de cajas y bigotes del Índice de Dickson para cada grupo de Material de Base sin valores atípicos.



4. Nuevo análisis descriptivo sin valores atípicos:

**Tabla 83.** Análisis descriptivo del Índice de Dickson sin datos atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,295	0,277	0,103	0,143	0,564	25
Bética meridional	0,343	0,345	0,097	0,173	0,518	25
Bética septentrional	0,292	0,322	0,124	0,048	0,496	27
Levante interior	0,286	0,272	0,109	0,069	0,487	24
Litoral levantino	0,259	0,243	0,136	0,045	0,529	27
Sudeste	0,288	0,273	0,102	0,104	0,536	28
Sur	0,298	0,300	0,119	0,126	0,574	26

5. Pruebas de normalidad (Test de Shapiro-Wilk):

**Tabla 84.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la altura.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,419)
Bética meridional	Normal (p = 0,573)
Bética septentrional	Normal (p = 0,475)
Levante interior	Normal (p = 0,644)
Litoral levantino	Normal (p = 0,496)
Sudeste	Normal (p = 0,501)
Sur	Normal (p = 0,419)

6. Prueba de homogeneidad de varianza (Test de Bartlett):

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Tabla 85.** Resultados del Test de Bartlett para el Índice de Dickson.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	4,475	6	0,613

7. Dado que se cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el coeficiente de correlación de Pearson entre el índice de Dickson y los grupos de Material de Base para verificar la independencia,

**Tabla 86.** Coeficiente de correlación de Pearson entre la Índice de Dickson y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
QI	Material de Base	0,116

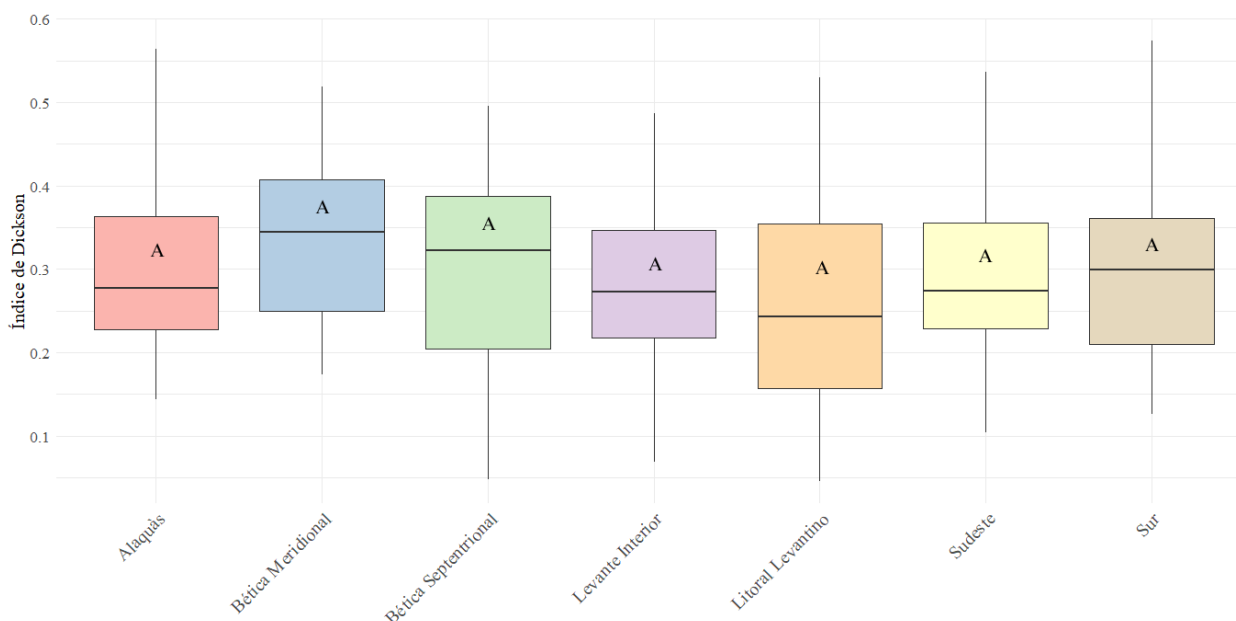
8. Se realiza la prueba paramétrica ANOVA para verificar si existen diferencias significativas entre la variable y los grupos de procedencia:

**Tabla 87.** Resultado de la prueba ANOVA para el Índice de Dickson.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	0,095	6	0,016	1,229	0,293
Residuos	2,270	175	0,012	NA	NA

9. Resultados gráficos:

**Gráfico 34.** Diagrama de cajas y bigotes del Índice de Dickson con significancias.



#### 4.7. Caracterización de las raíces

Para la caracterización de las raíces no se han realizado el filtrado de los datos atípicos debido a que el tamaño de la muestra es de 35 plantas.

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**4.7.1. Longitud radical total**

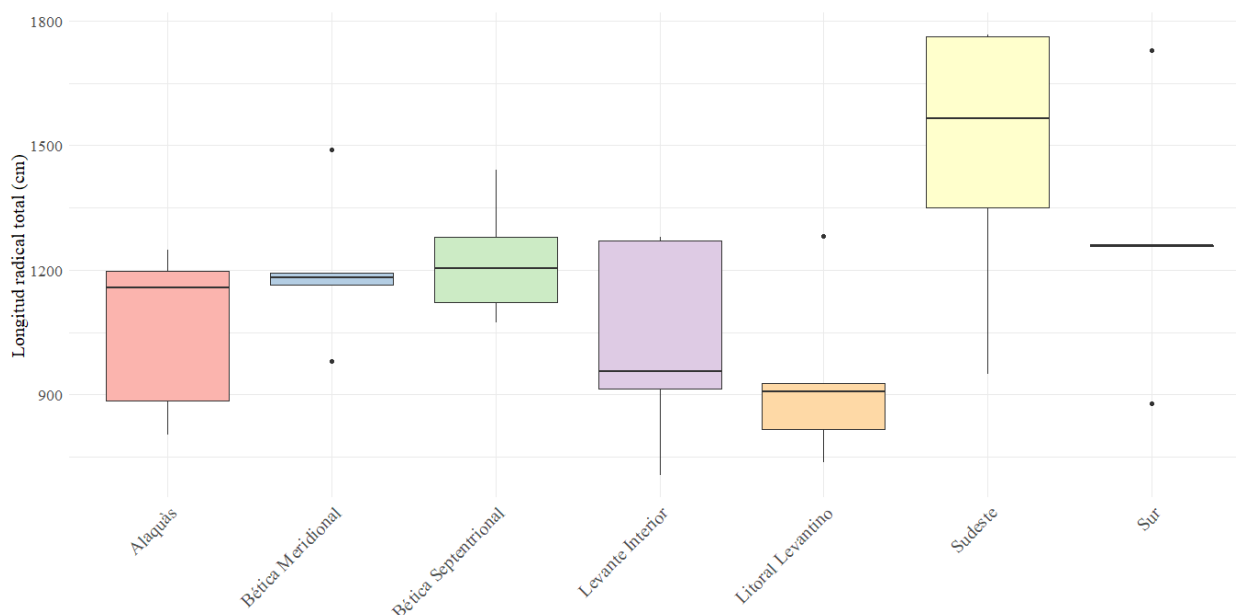
1. Se realiza un análisis descriptivo preliminar de los datos expresados en centímetros para obtener una idea general de la distribución y estadísticas de las variables.

**Tabla 88.** Análisis descriptivo de la longitud radical total.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	1058,529	1157,430	200,111	803,996	1247,860	5
Bética meridional	1201,354	1180,980	182,660	980,077	1488,820	5
Bética septentrional	1223,974	1203,572	144,515	1074,212	1440,611	5
Levante interior	1025,133	955,549	247,794	704,806	1280,081	5
Litoral levantino	934,267	908,293	208,637	736,590	1281,626	5
Sudeste	1478,834	1565,872	342,278	948,386	1767,286	5
Sur	1276,611	1258,449	301,929	878,353	1729,428	5

2. Con el fin de visualizar la distribución de la variable agrupada por grupo de Material de Base, se ha creado el siguiente gráfico:

**Gráfico 35.** Diagrama de cajas y bigotes de la longitud radical total para cada grupo de Material de Base.



3. Test de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de la variable en cada grupo de Material de Base:

**Tabla 89.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la longitud radical total.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,221)
Bética meridional	Normal (p = 0,364)
Bética septentrional	Normal (p = 0,749)
Levante interior	Normal (p = 0,381)
Litoral levantino	Normal (p = 0,259)

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Resultado
Sudeste	Normal (p = 0,326)
Sur	Normal (p = 0,300)

4. Test de Bartlett para evaluar la homogeneidad de varianza de la variable:

**Tabla 90.** Resultados del Test de Bartlett para la longitud radical total.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	3,821	6	0,701

5. Cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson:

**Tabla 91.** Coeficiente de correlación de Pearson entre la longitud radical total y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Longitud radical total	Material de Base	0,222

6. Análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de la variable entre diferentes grupos de Material de Base:

**Tabla 92.** Resultados de la prueba ANOVA de la longitud radical total.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	998062,1	6	166343,68	2,857	0,027
Residuos	1630163,4	28	58220,12	NA	NA

7. Análisis post hoc de Tukey HSD para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos:

**Tabla 93.** Resultados de la prueba post-hoc de la longitud radical.

Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
1-2	90,866	-393,213	574,947	0,996
1-3	289,707	-194,373	773,787	0,497
1-4	544,567	60,487	1028,648	0,019
1-5	267,087	-216,992	751,168	0,590
1-6	342,344	-141,735	826,424	0,305
1-7	124,261	-359,818	608,342	0,981
2-3	198,840	-285,239	682,921	0,844
2-4	453,700	-30,379	937,781	0,077
2-5	176,220	-307,859	660,301	0,904
2-6	251,477	-232,602	735,558	0,654
2-7	33,395	-450,685	517,475	0,999
3-4	254,860	-229,220	738,940	0,640
3-5	-22,619	-506,700	461,460	0,999
3-6	52,637	-431,443	536,717	0,999
3-7	-165,445	-649,525	318,635	0,927

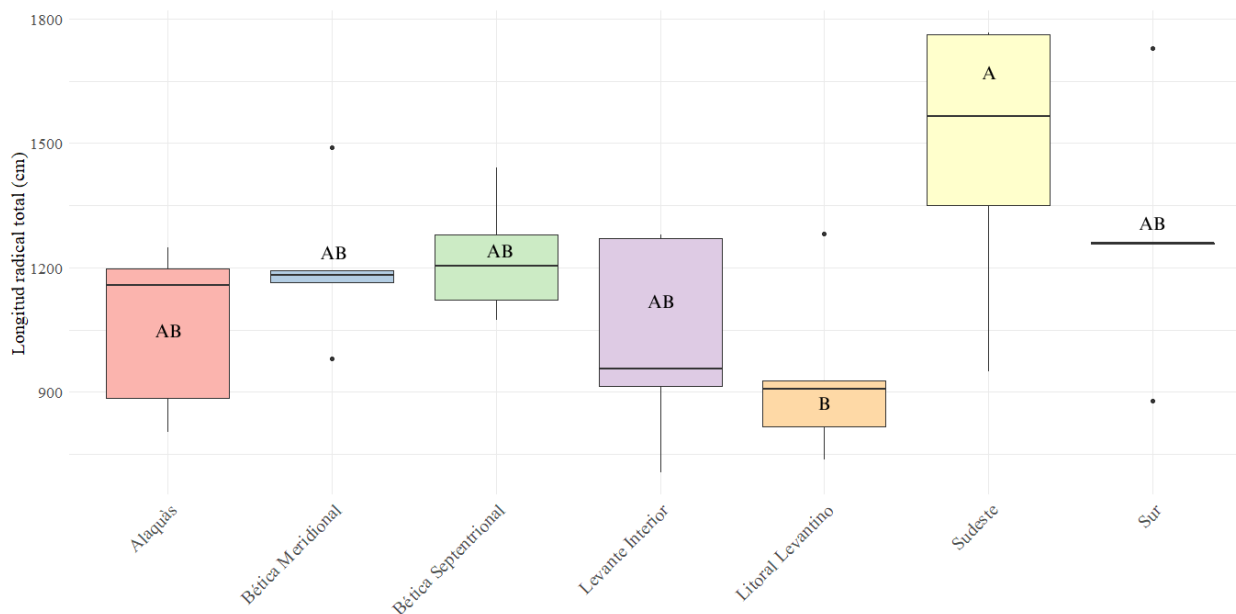
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
4-5	-277,479	-761,560	206,600	0,547
4-6	-202,223	-686,303	281,857	0,834
4-7	-420,305	-904,386	63,774	0,121
5-6	75,256	-408,823	559,337	0,998
5-7	-142,825	-626,906	341,254	0,963
6-7	-218,082	-702,163	265,997	0,781

**Notas:** Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

8. Resultados gráficos:

**Gráfico 36.** Diagrama de cajas y bigotes de la longitud radical total con significancias.



**4.7.2. Superficie radical**

1. Análisis descriptivo preliminar de los datos expresado en cm<sup>2</sup>:

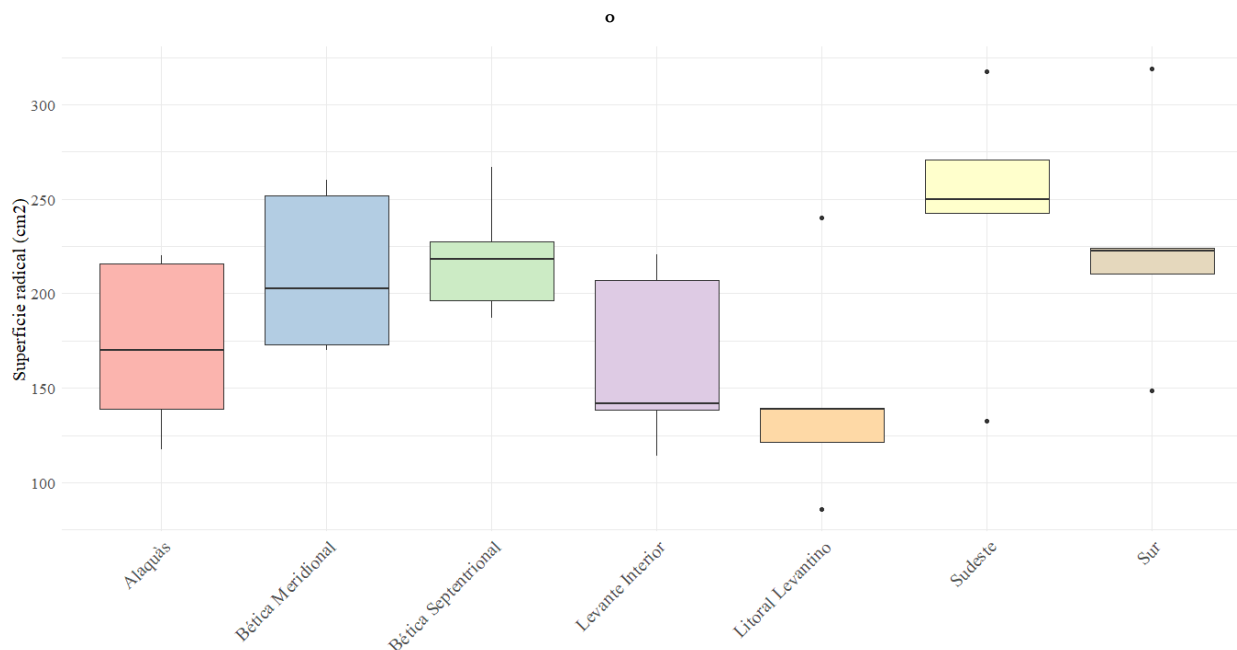
**Tabla 94.** Análisis descriptivo de la superficie radical.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	172,492	170,261	45,678	117,404	220,256	5
Bética meridional	211,625	202,782	42,553	170,184	260,285	5
Bética septentrional	219,236	217,998	31,260	187,265	267,013	5
Levante interior	164,451	141,989	46,685	113,929	220,675	5
Litoral levantino	145,056	138,824	57,363	85,622	239,939	5
Sudeste	242,731	250,042	68,207	132,424	317,551	5
Sur	224,972	222,511	61,060	148,574	319,111	5

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

2. Con el fin de visualizar la distribución de la variable agrupada por grupo de Material de Base, se ha creado el siguiente gráfico:

**Gráfico 37.** Diagrama de cajas y bigotes de la superficie radical para cada grupo de Material de Base.



3. Test de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de la variable en cada grupo de Material de Base:

**Tabla 95.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la superficie radical.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,448)
Bética meridional	Normal (p = 0,220)
Bética septentrional	Normal (p = 0,664)
Levante interior	Normal (p = 0,304)
Litoral levantino	Normal (p = 0,259)
Sudeste	Normal (p = 0,441)
Sur	Normal (p = 0,479)

4. Test de Bartlett para evaluar la homogeneidad de varianza de la variable:

**Tabla 96.** Resultados del Test de Bartlett para la superficie radical.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	2,768	6	0,837

5. Cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson:

**Tabla 97.** Coeficiente de correlación de Pearson entre la altura y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Superficie radical	Material de Base	0,244



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

6. Análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de la variable entre diferentes grupos de Material de Base:

**Tabla 98.** Resultados de la prueba ANOVA de la superficie radical.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	39699,77	6	6616,628	2,474	0,048
Residuos	74900,18	28	2675,006	NA	NA

7. Análisis post hoc de Tukey HSD para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos:

**Tabla 99.** Resultados de la prueba post-hoc de la superficie radical.

Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
1-2	19,394	-84,368	123,157	0,996
1-3	74,179	-29,583	177,942	0,294
1-4	97,674	-6,088	201,437	0,075
1-5	66,568	-37,194	170,331	0,416
1-6	79,915	-23,847	183,678	0,218
1-7	27,435	-76,327	131,198	0,978
2-3	54,785	-48,978	158,548	0,637
2-4	78,279	-25,483	182,042	0,238
2-5	47,173	-56,589	150,937	0,774
2-6	60,520	-43,242	164,284	0,527
2-7	8,040	-95,722	111,803	0,999
3-4	23,494	-80,268	127,257	0,990
3-5	-7,611	-111,374	96,152	0,999
3-6	5,735	-98,027	109,499	0,999
3-7	-46,744	-150,507	57,018	0,781
4-5	-31,105	-134,868	72,657	0,960
4-6	-17,758	-121,521	86,004	0,997
4-7	-70,239	-174,002	33,524	0,354
5-6	13,347	-90,416	117,110	0,999
5-7	-39,133	-142,896	64,629	0,889
6-7	-52,480	-156,243	51,282	0,680

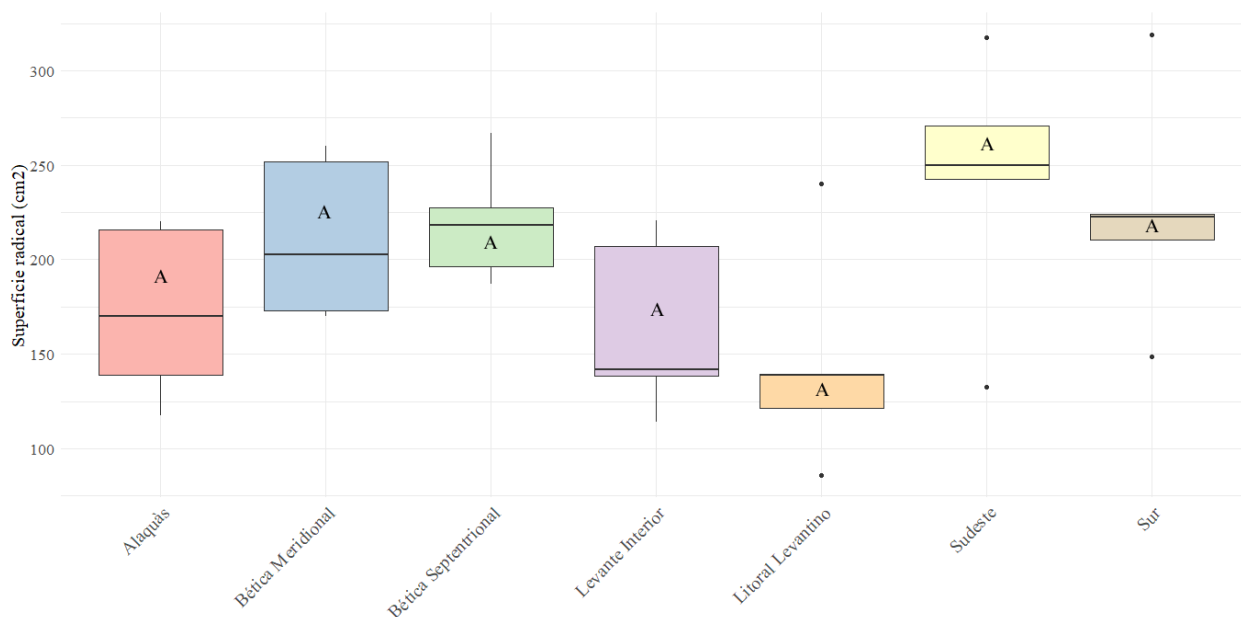
**Notas:** Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

A pesar de que la prueba de Kruskal-Wallis haya dado que existen diferencias significativas, al hacer la comparación por pares no aparecen diferencias entre ninguno de los grupos.

8. Resultados gráficos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 38.** Diagrama de cajas y bigotes de la superficie radical con significancias.



### 4.7.3. Diámetro medio radical

1. Se realiza un análisis descriptivo preliminar de los datos, expresado en cm, para obtener una idea general de la distribución y estadísticas de las variables,

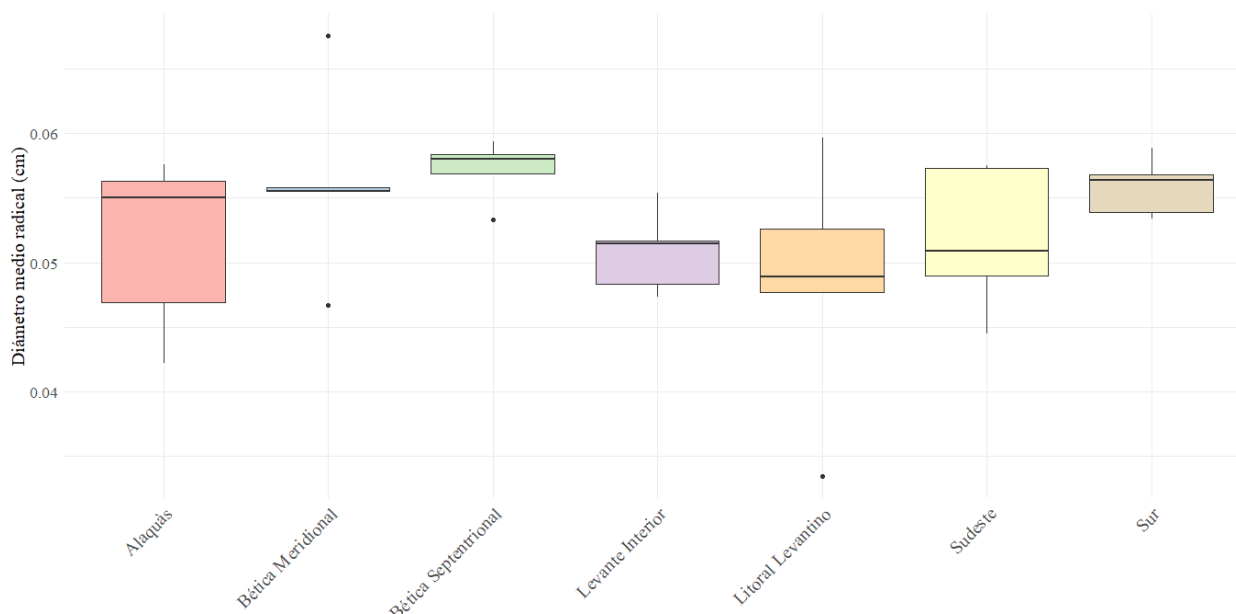
**Tabla 100.** Análisis descriptivo del diámetro medio radical.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,052	0,055	0,007	0,042	0,058	5
Bética meridional	0,056	0,056	0,007	0,047	0,068	5
Bética septentrional	0,057	0,058	0,002	0,053	0,059	5
Levante interior	0,051	0,052	0,003	0,047	0,055	5
Litoral levantino	0,048	0,049	0,010	0,033	0,060	5
Sudeste	0,052	0,051	0,006	0,044	0,058	5
Sur	0,056	0,056	0,002	0,053	0,059	5

2. Con el fin de visualizar la distribución de la variable agrupada por grupo de Material de Base, se ha creado el siguiente gráfico:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 39.** Diagrama de cajas y bigotes del diámetro medio radical para cada grupo de Material de Base.



3. Test de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de la variable en cada grupo de Material de Base:

**Tabla 101.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el diámetro medio radical.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,448)
Bética meridional	Normal (p = 0,220)
Bética septentrional	Normal (p = 0,664)
Levante interior	Normal (p = 0,304)
Litoral levantino	Normal (p = 0,259)
Sudeste	Normal (p = 0,441)
Sur	Normal (p = 0,479)

4. Test de Bartlett para evaluar la homogeneidad de varianza de la variable:

**Tabla 102.** Resultados del Test de Bartlett para el diámetro medio radical.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	12,551	6	0,051

5. Cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson:

**Tabla 103.** Coeficiente de correlación de Pearson entre el diámetro medio radical y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Diámetro medio	Material de Base	0,217

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

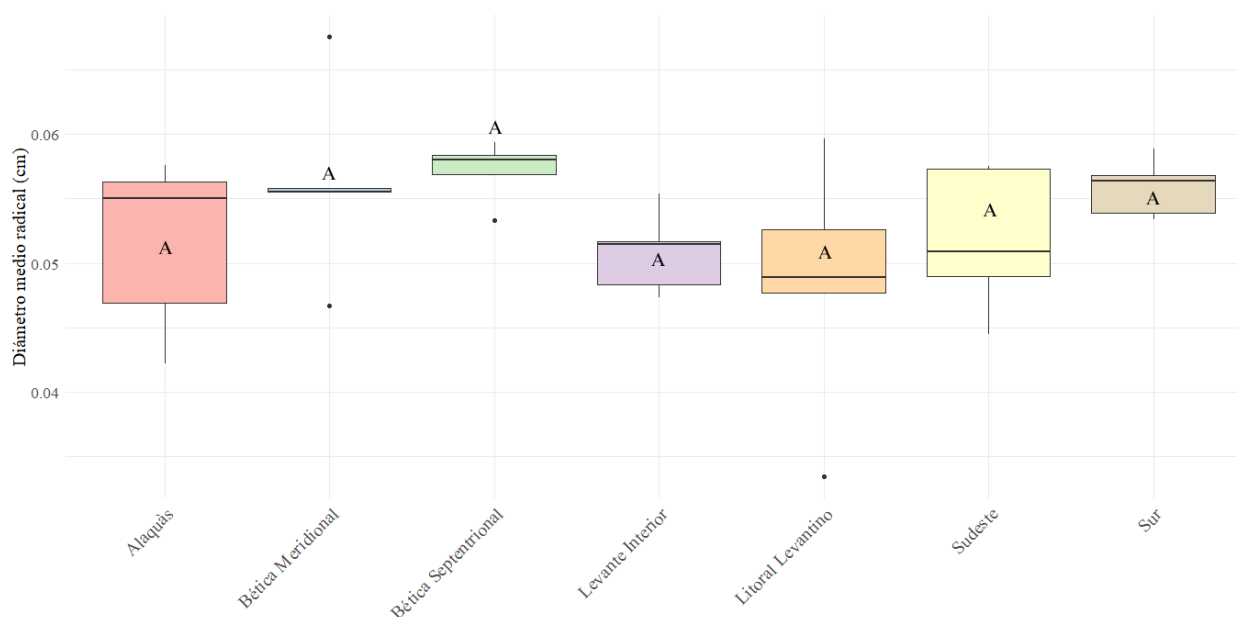
6. Análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de la variable entre diferentes grupos de Material de Base:

**Tabla 104.** Resultados de la prueba post-hoc del diámetro medio radical.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	3,27e-04	6	5,39e-05	1,540	0,202
Residuos	9,81e-04	28	3,50e-05	NA	NA

7. Resultados gráficos:

**Gráfico 40.** Diagrama de cajas y bigotes del diámetro media radical con significancias.



#### 4.7.4. Número de puntas

1. Se realiza un análisis descriptivo preliminar de los datos para obtener una idea general de la distribución y estadísticas de las variables,

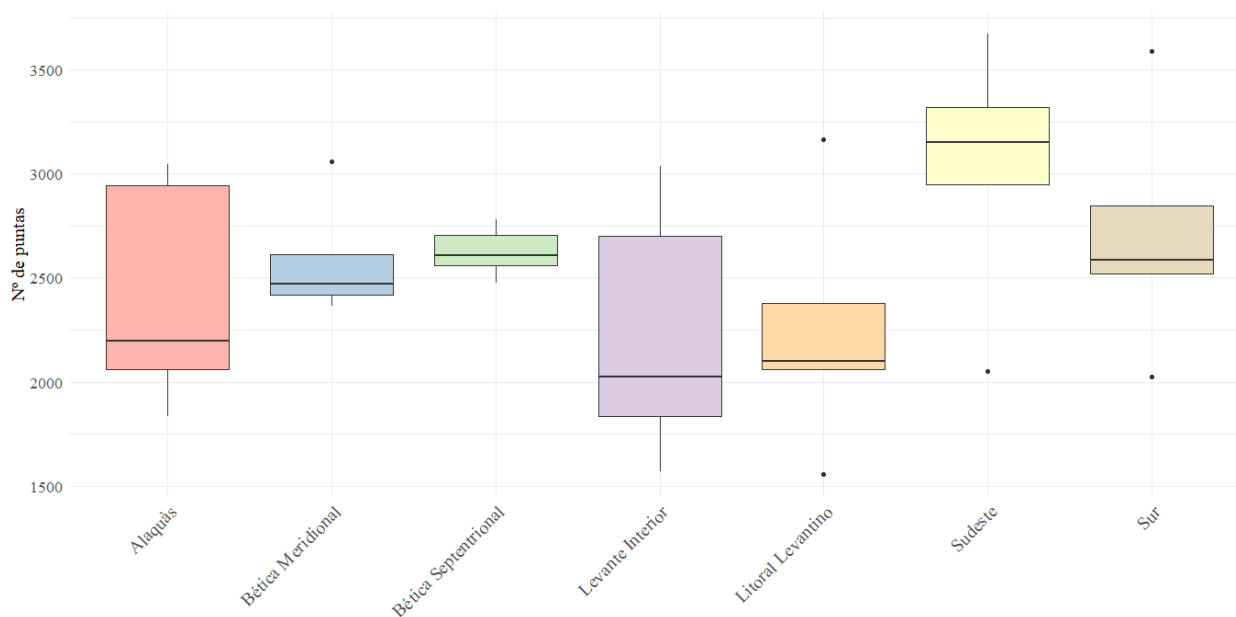
**Tabla 105.** Análisis descriptivo del número de puntas.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	2416,2	2196	544,463	1836	3044	5
Bética meridional	2585,6	2470	280,293	2366	3059	5
Bética septentrional	2625,0	2608	120,420	2474	2780	5
Levante interior	2232,4	2024	614,631	1568	3038	5
Litoral levantino	2251,4	2101	590,910	1554	3165	5
Sudeste	3029,6	3151	608,163	2051	3675	5
Sur	2713,6	2586	573,789	2024	3591	5

2. Con el fin de visualizar la distribución de la variable agrupada por grupo de Material de Base, se ha creado el siguiente gráfico:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 41.** Diagrama de cajas y bigotes del número de puntas para cada Material de Base.



3. Test de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de la variable en cada grupo de Material de Base,

**Tabla 106.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el número de puntas.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,272)
Bética meridional	Normal (p = 0,117)
Bética septentrional	Normal (p = 0,953)
Levante interior	Normal (p = 0,603)
Litoral levantino	Normal (p = 0,688)
Sudeste	Normal (p = 0,548)
Sur	Normal (p = 0,760)

4. Test de Bartlett para evaluar la homogeneidad de varianza de la variable:

**Tabla 107.** Resultados del Test de Bartlett para el número de puntas.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	9,7801	6	0,134

5. Cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson:

**Tabla 108.** Coeficiente de correlación de Pearson entre el número de puntas y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Nº de puntas	Material de Base	0,193

6. Análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de la variable entre diferentes grupos de Material de Base:

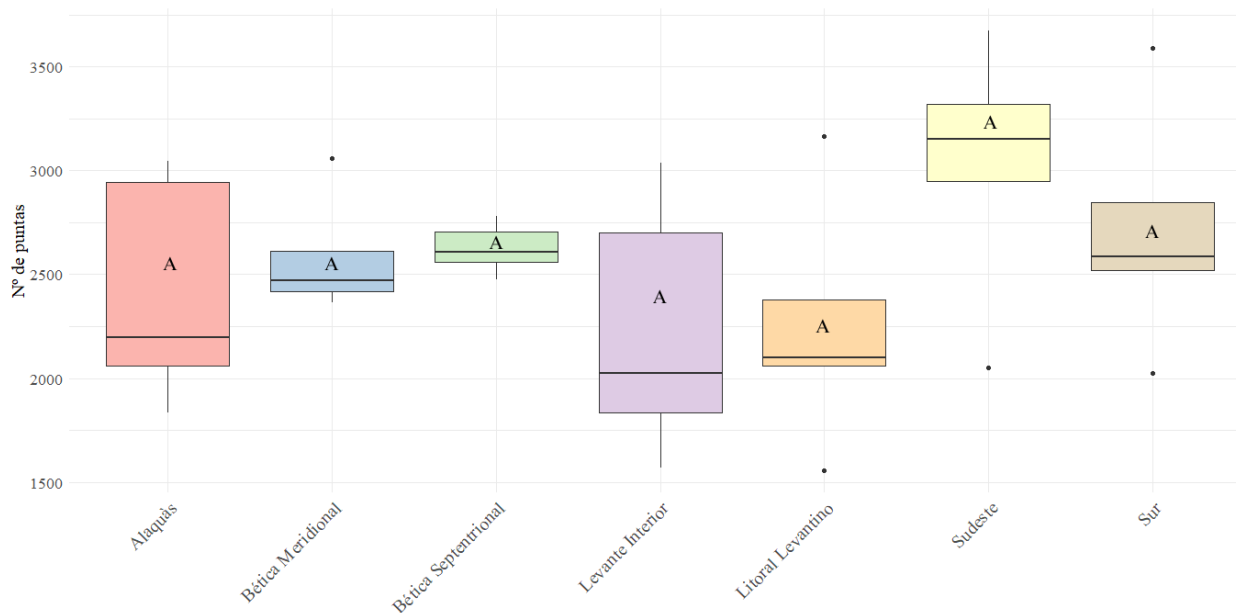
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Tabla 109.** Resultados de la prueba ANOVA del número de puntas.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	2358028	6	393004,6	1,515	0,210
Residuos	7262189	28	259363,9	NA	NA

7. Resultados gráficos:

**Gráfico 42.** Diagrama de cajas y bigotes del número de puntas radicales con significancias.



#### 4.7.5. Fibrosidad

1. Se realiza un análisis descriptivo preliminar de los datos para obtener una idea general de la distribución y estadísticas de las variables,

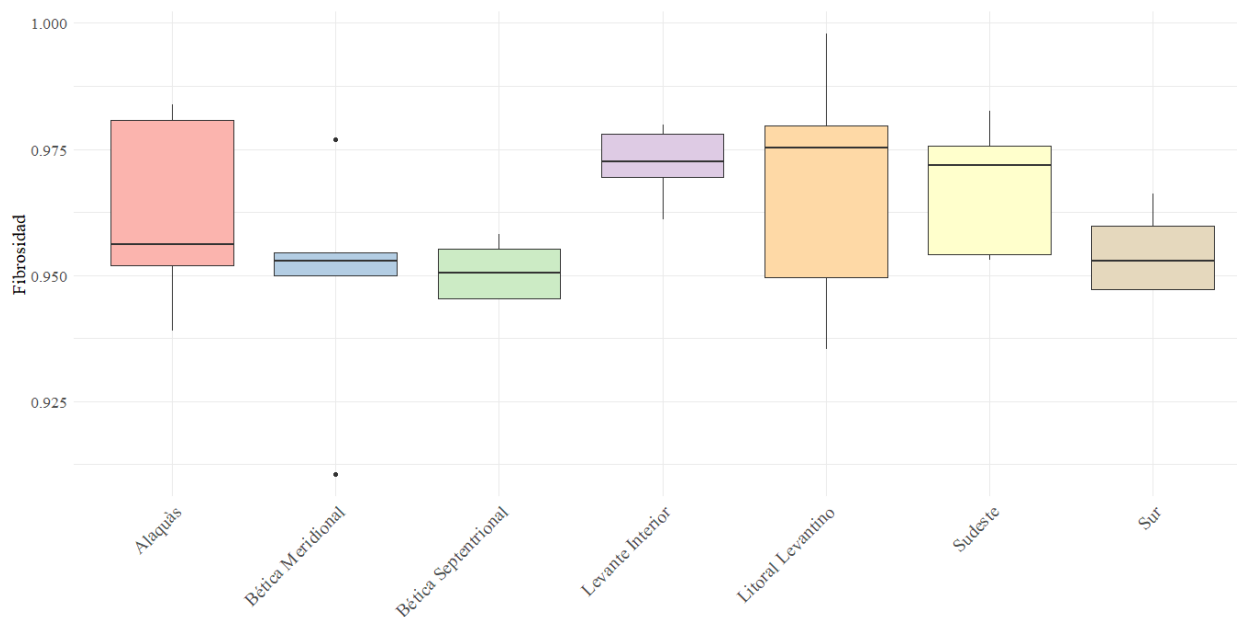
**Tabla 110.** Análisis descriptivo de la fibrosidad.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,962	0,956	0,019	0,939	0,984	5
Bética meridional	0,949	0,953	0,024	0,910	0,977	5
Bética septentrional	0,951	0,951	0,006	0,945	0,958	5
Levante interior	0,972	0,972	0,008	0,961	0,980	5
Litoral levantino	0,968	0,975	0,025	0,935	0,998	5
Sudeste	0,967	0,972	0,013	0,953	0,983	5
Sur	0,955	0,953	0,008	0,947	0,966	5

2. Con el fin de visualizar la distribución de la variable agrupada por grupo de Material de Base, se ha creado el siguiente gráfico:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 43.** Diagrama de cajas y bigotes de la fibrosidad para cada grupo de Material de Base.



3. Test de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de la variable en cada grupo de Material de Base:

**Tabla 111.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la fibrosidad.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,441)
Bética meridional	Normal (p = 0,349)
Bética septentrional	Normal (p = 0,381)
Levante interior	Normal (p = 0,712)
Litoral levantino	Normal (p = 0,796)
Sudeste	Normal (p = 0,321)
Sur	Normal (p = 0,386)

4. Test de Bartlett para evaluar la homogeneidad de varianza de la variable:

**Tabla 112.** Resultados del Test de Bartlett para la fibrosidad.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	13,0755	6	0,042

5. Cálculo del Coeficiente de Correlación de Spearman:

**Tabla 113.** Coeficiente de correlación de Spearman entre la fibrosidad y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Fibrosidad	Material de Base	-0,171

6. Análisis de Kruskal-Wallis:

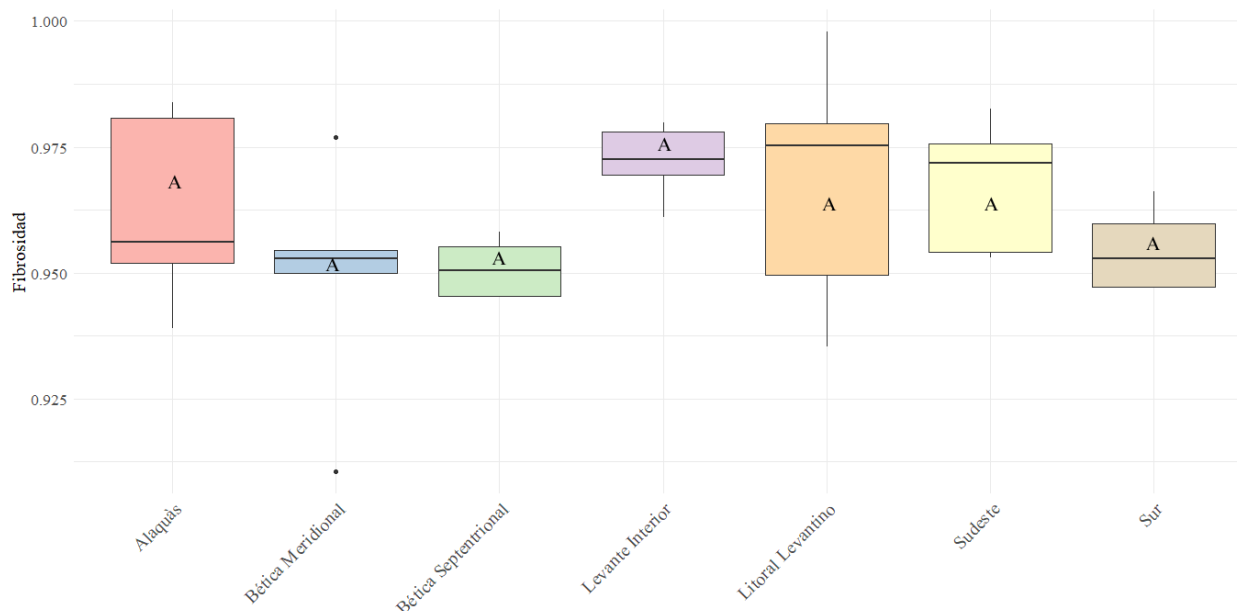
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Tabla 114.** Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis de la fibrosidad.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	8,606	6	0,197

7. Resultados gráficos:

**Gráfico 44.** Diagrama de cajas y bigotes de la fibrosidad de las raíces con significancias.



### 4.8. Superficie foliar proyectada

1. Se realiza un análisis descriptivo preliminar de los datos, expresados en cm<sup>2</sup>, para obtener una idea general de la distribución y estadísticas de las variables:

**Tabla 115.** Análisis descriptivo de la superficie foliar.

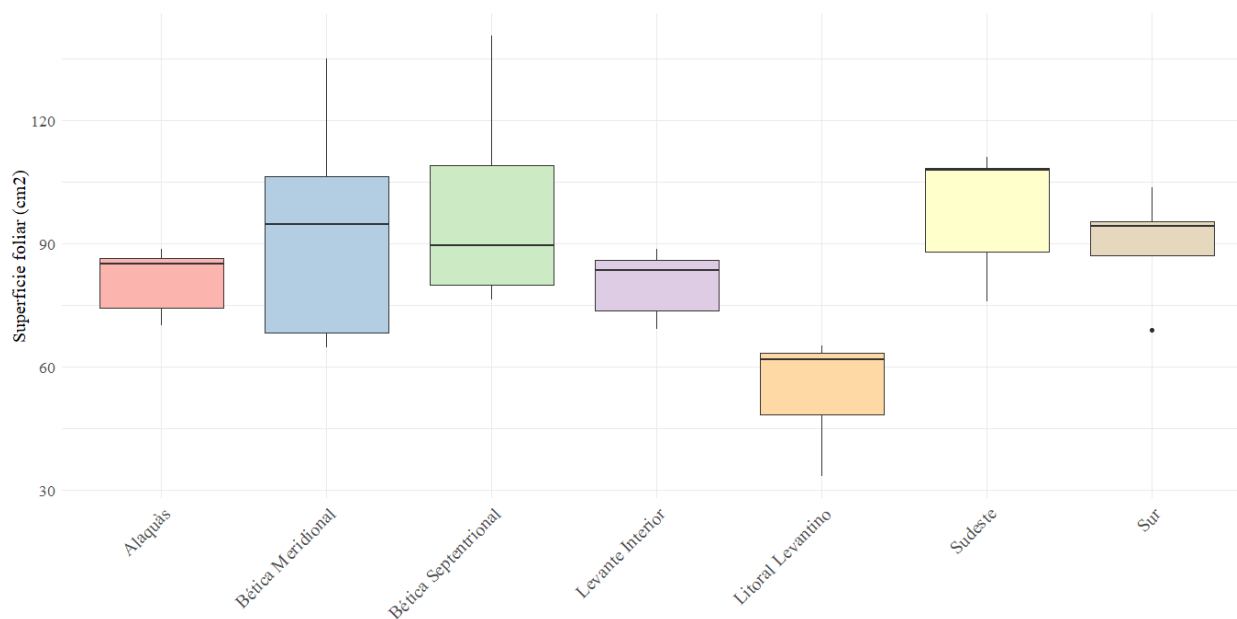
Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	80,896	85,042	8,177	70,068	88,725	5
Bética meridional	93,777	94,709	28,981	64,661	135,029	5
Bética septentrional	99,089	89,593	26,453	76,305	140,648	5
Levante interior	80,185	83,408	8,363	69,185	88,637	5
Litoral levantino	54,397	61,791	13,580	33,201	65,183	5
Sudeste	98,264	107,969	15,515	75,970	111,049	5
Sur	89,792	94,180	13,121	68,816	103,572	5

2. Con el fin de visualizar la distribución de la variable agrupada por grupo de material de se ha creado el siguiente gráfico:



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 45.** Diagrama de cajas y bigotes de la superficie foliar para cada grupo de Material de Base.



3. Test de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de la variable en cada grupo de Material de Base,

**Tabla 116.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la superficie foliar.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,277)
Bética meridional	Normal (p = 0,609)
Bética septentrional	Normal (p = 0,33)
Levante interior	Normal (p = 0,442)
Litoral levantino	Normal (p = 0,163)
Sudeste	Normal (p = 0,135)
Sur	Normal (p = 0,514)

4. Test de Bartlett para evaluar la homogeneidad de varianza de la variable:

**Tabla 117.** Resultados del Test de Bartlett para la superficie foliar.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	10,588	6	0,102

5. Cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson:

**Tabla 118.** Coeficiente de correlación de Spearman entre la superficie foliar y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Superficie foliar	Material de Base	0,309

6. Análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de la variable entre diferentes grupos de Material de Base:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Tabla 119.** Resultados de la prueba ANOVA de la superficie radical.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Valor F	P-valor
Material de Base	7253,652	6	1208,942	3,722	0,008

7. Análisis post-hoc de Tukey HSD para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos:

**Tabla 120.** Resultados de la prueba post-hoc de la superficie foliar.

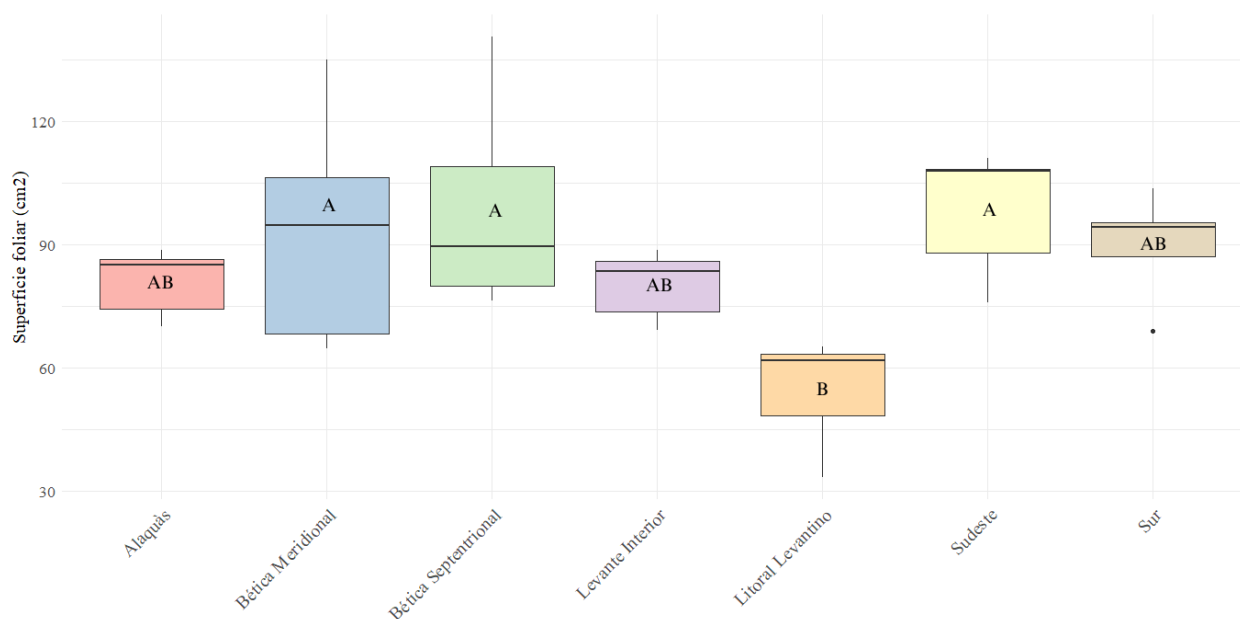
Contraste	Estimado	Mín (Intervalo de confianza)	Máx (Intervalo de confianza)	P-valor
1-2	25,787	-10,370	61,945	0,296
1-3	44,691	8,534	80,845	0,008
1-4	43,867	7,709	80,024	0,009
1-5	39,380	3,222	75,538	0,026
1-6	35,395	-0,762	71,552	0,058
1-7	26,498	-9,658	62,656	0,267
2-3	18,904	-17,253	55,062	0,647
2-4	18,079	-18,078	54,237	0,691
2-5	13,592	-22,564	49,750	0,891
2-6	9,607	-26,550	45,765	0,977
2-7	0,711	-35,446	36,869	1,000
3-4	-0,824	-36,982	35,333	1,000
3-5	-5,311	-41,469	30,846	0,999
3-6	-9,296	-45,454	26,861	0,981
3-7	-18,192	-54,350	17,964	0,685
4-5	-4,486	-40,644	31,671	0,999
4-6	-8,471	-44,629	27,685	0,988
4-7	-17,368	-53,525	18,789	0,728
5-6	-3,985	-40,142	32,172	0,999
5-7	-12,881	-49,039	23,276	0,913
6-7	-8,896	-45,054	27,261	0,985

**Notas:** 9: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

10. Resultados gráficos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 46.** Diagrama de cajas y bigotes de la superficie foliar proyectada con significancias.



#### 4.9. Área foliar específica (SLA)

1. Se realiza un análisis descriptivo preliminar de los datos para obtener una idea general de la distribución y estadísticas de las variables,

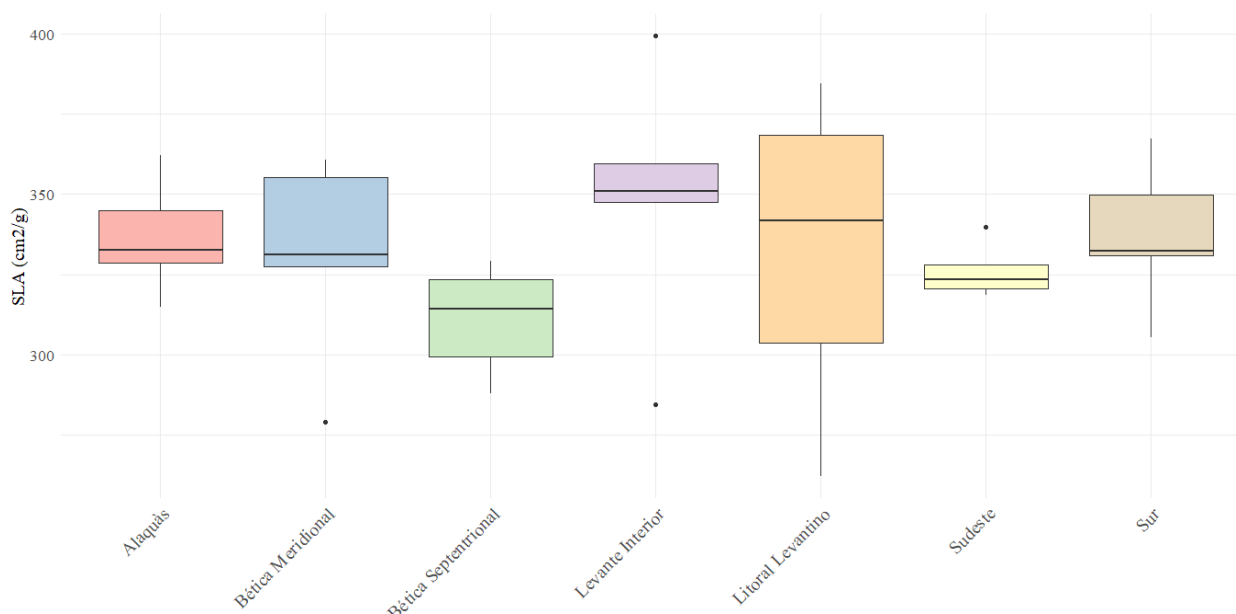
**Tabla 121.** Análisis descriptivo del área foliar específica.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	336,692	332,779	17,728	315,058	362,049	5
Bética meridional	330,892	331,333	32,299	279,266	360,813	5
Bética septentrional	310,907	314,254	17,021	288,091	329,254	5
Levante interior	348,428	351,121	41,290	284,491	399,441	5
Litoral levantino	332,131	341,731	49,633	262,128	384,402	5
Sudeste	326,185	323,639	8,409	318,688	339,856	5
Sur	337,170	332,469	23,109	305,360	367,178	5

2. Con el fin de visualizar la distribución de la variable agrupada por grupo de Material de Base, se ha creado el siguiente gráfico:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 47.** Diagrama de cajas y bigotes del área foliar específica para cada grupo de Material de Base.



3. Test de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de la variable en cada grupo de Material de Base:

**Tabla 122.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el área foliar específica.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0,945)
Bética meridional	Normal (p = 0,352)
Bética septentrional	Normal (p = 0,733)
Levante interior	Normal (p = 0,536)
Litoral levantino	Normal (p = 0,757)
Sudeste	Normal (p = 0,403)
Sur	Normal (p = 0,908)

4. Test de Bartlett para evaluar la homogeneidad de varianza de la variable:

**Tabla 123.** Resultados del Test de Bartlett para el área foliar específica.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	13,112	6	0,0413

5. Cálculo del Coeficiente de Correlación de Spearman:

**Tabla 124.** Coeficiente de correlación de Spearman entre el área foliar específica y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
SLA	Material de Base	0,038

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

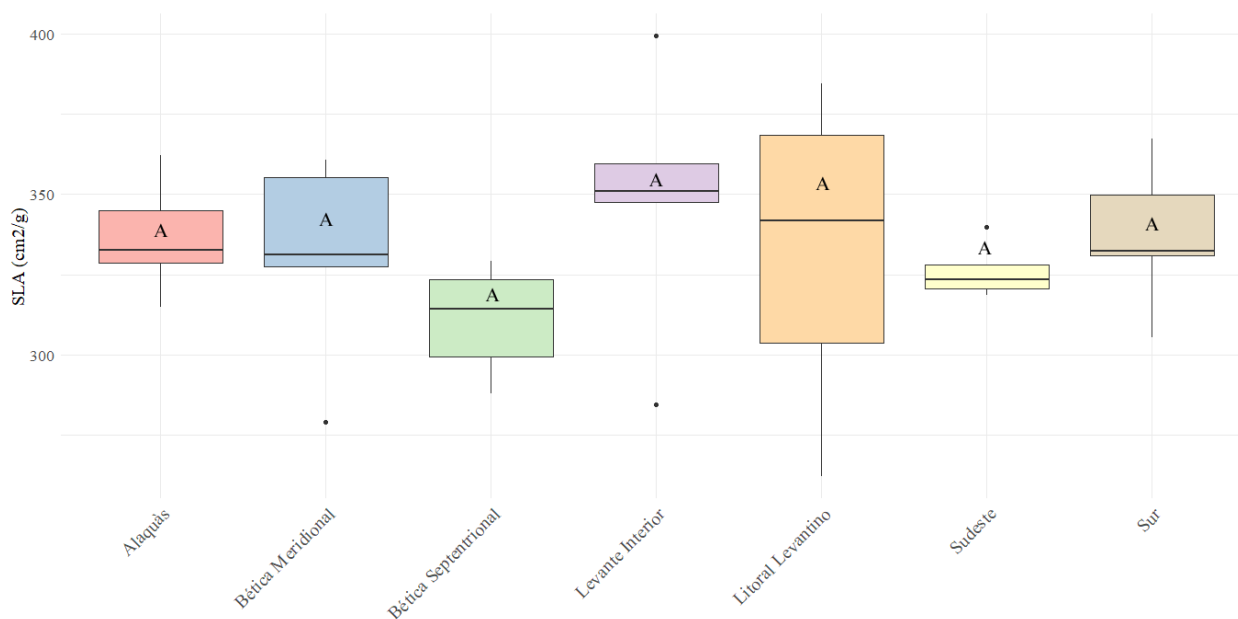
6. Prueba de Kruskal-Wallis:

**Tabla 125.** Resultados de la prueba Kruskal-Wallis del área foliar específica.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	6,640	6	0,355

7. Resultados gráficos:

**Gráfico 48.** Diagrama de cajas y bigotes del área foliar específica con significancias.



#### 4.10. Análisis de la ontogénia

Para el análisis de los estados ontogénicos no se ha realizado eliminación de datos atípicos:

1. Prueba de normalidad:

**Tabla 126.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para los estados ontogénicos.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	No normal (p = 0)
Bética meridional	No normal (p = 0)
Bética septentrional	No normal (p = 0)
Levante interior	No normal (p = 0)
Litoral levantino	No normal (p = 0)
Sudeste	No normal (p = 0)
Sur	No normal (p = 0)

2. Test de Bartlett para evaluar la homogeneidad de varianza de la variable:

**Tabla 127.** Resultados del Test de Bartlett para los estados ontogénicos.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	0,457	2	0,796

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

3. Coeficiente de correlación no paramétrico:

**Tabla 128.** Coeficiente de correlación de Spearman entre los estados ontogénicos y el Material de Base.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
EO	Material de Base	0,029

4. Prueba de significancia Kruskal-Wallis:

**Tabla 129.** Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de los estados ontogénicos.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	1,693	2	0,429

## 5. DESARROLLO Y SUPERVIVENCIA

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en las mediciones hechas en campo (medición de establecimiento y medición pre-estival). Este análisis contiene el tamaño completo de la población, por lo que no se habla de tamaño de la muestra sino de tamaño de la población.

### 5.1. Análisis descriptivo

A continuación, se muestra el resumen de las medias, desviaciones estándar y medianas (en el caso de los estados ontogénicos), de las variables de interés para cada procedencia y fecha de muestreo.

**Tabla 130.** Análisis descriptivo de los resultados obtenidos en campo.

Parcela	Medición	MB	H_m	H_sd	DCR_m	DCR_sd	EO_median	N
Andilla	Establecimiento	LL	13,674	2,238	2,371	0,542	4	201
Andilla	Establecimiento	LI	16,897	14,245	2,304	0,465	4	201
Andilla	Establecimiento	BS	15,837	2,625	2,441	1,452	4	197
Andilla	Establecimiento	SE	15,837	2,912	3,877	19,790	4	201
Andilla	Establecimiento	BM	15,819	2,295	2,485	0,420	4	202
Andilla	Establecimiento	S	14,114	2,755	2,027	0,449	4	199
Andilla	Establecimiento	AQ	15,816	3,102	2,258	0,500	4	196
Andilla	Pre-estival	LL	20,305	4,110	2,831	0,523	6	103
Andilla	Pre-estival	LI	22,219	4,386	2,909	0,509	6	125
Andilla	Pre-estival	BS	23,027	4,616	3,037	0,551	6	111
Andilla	Pre-estival	SE	23,411	4,518	3,097	0,486	6	137
Andilla	Pre-estival	BM	22,762	4,981	3,110	0,540	6	110
Andilla	Pre-estival	S	21,899	4,682	2,819	0,479	5	117
Andilla	Pre-estival	AQ	23,156	4,903	3,056	0,480	6	122
Cortes	Establecimiento	LL	13,209	2,538	3,465	17,057	4	201
Cortes	Establecimiento	LI	14,744	2,387	2,381	0,460	4	201
Cortes	Establecimiento	BS	13,726	2,680	2,199	0,489	4	197
Cortes	Establecimiento	SE	15,541	2,963	2,376	0,476	4	201
Cortes	Establecimiento	BM	15,207	2,194	2,472	0,449	4	202
Cortes	Establecimiento	S	16,105	2,711	2,305	0,432	4	199
Cortes	Establecimiento	AQ	14,536	3,175	2,300	0,441	4	196

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Cortes	Pre-estival	LL	15,916	2,493	3,145	0,509	4	103
Cortes	Pre-estival	LI	17,701	2,709	3,247	0,662	4	125
Cortes	Pre-estival	BS	17,117	3,516	3,240	0,571	5	111
Cortes	Pre-estival	SE	18,429	3,187	3,212	0,586	4	137
Cortes	Pre-estival	BM	17,970	3,437	3,306	0,599	4	110
Cortes	Pre-estival	S	19,014	3,629	3,284	0,613	4	117
Cortes	Pre-estival	AQ	17,667	3,303	3,219	0,569	4	122
Pedralba	Establecimiento	LL	13,463	2,311	2,269	0,388	4	212
Pedralba	Establecimiento	LI	13,648	2,306	2,216	0,372	4	206
Pedralba	Establecimiento	BS	15,082	2,616	2,395	0,391	4	209
Pedralba	Establecimiento	SE	15,151	2,603	2,326	0,440	4	214
Pedralba	Establecimiento	BM	16,485	7,556	2,358	0,392	4	206
Pedralba	Establecimiento	S	14,587	2,279	2,268	0,376	4	200
Pedralba	Establecimiento	AQ	14,980	2,763	2,275	0,361	4	207
Pedralba	Pre-estival	LL	15,571	2,276	2,827	0,582	4	31
Pedralba	Pre-estival	LI	16,220	2,786	2,750	0,463	4	44
Pedralba	Pre-estival	BS	17,144	2,371	2,923	0,372	4	51
Pedralba	Pre-estival	SE	17,567	2,812	2,965	0,471	4	39
Pedralba	Pre-estival	BM	17,255	2,276	2,811	0,574	4	51
Pedralba	Pre-estival	S	16,614	2,729	2,630	0,647	4	32
Pedralba	Pre-estival	AQ	17,246	3,189	2,788	0,515	4	42

**Notas:** MB: Material de Base; AQ: Alaquàs; BM: Bética meridional; BS: Bética septentrional; LI: Levante interior; LL: Litoral levantino; SE: Sudeste; S: Sur; H\_m: Media de la altura (cm); H\_sd: Desviación estándar de la altura (cm); DCR\_m: Media del diámetro del cuello de la raíz (mm); DCR\_sd: Desviación estándar del diámetro del cuello de la raíz (mm); EST\_median: Mediana del estado ontogénico; N: Tamaño de la población.

## 5.2. Análisis de mortalidad en la medición pre-estival

Con el objetivo de realizar un análisis de significancias se obtuvo el porcentaje de mortalidad para cada golpe de 10 plantas del mismo Material de Base, de forma que se obtuviese una media y desviación estándar para cada MB. Para ello, se realizó la transformación logit, utilizada para convertir porcentajes o proporciones en valores que varían entre menos infinito y más infinito, lo que facilita el análisis estadístico de datos proporcionales.

Una vez transformada la variable se realizaron tres análisis estadísticos para cada parcela, incluyendo pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, pruebas de homogeneidad de varianza de Bartlett y pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis. Estas pruebas se realizaron para evaluar la distribución de los datos y la igualdad de varianzas entre grupos, de forma que se obtuviera si existen diferencias significativas entre los grupos de Material de Base.

**Tabla 131.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la mortalidad de Andilla.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	Normal (p = 0, 873)
Bética Meridional	Normal (p = 0,343)
Bética Septentrional	Normal (p = 0,913)
Levante Interior	Normal (p = 0,191)
Litoral Levantino	No normal (p = 0)
Sudeste	No normal (p = 0)

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Resultado
Sur	Normal (p = 0,641)

**Tabla 132.** Resultados del Test de Bartlett para la mortalidad de Andilla.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	34,927	6	4,5e-06

**Tabla 133.** Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de la mortalidad de Andilla.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	7,210	6	0,302

**Tabla 134.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la mortalidad de Pedralba.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	No normal (p = 0)
Bética Meridional	No normal (p = 0)
Bética Septentrional	No normal (p = 0)
Levante Interior	No normal (p = 0)
Litoral Levantino	No normal (p = 0)
Sudeste	No normal (p = 0)
Sur	No normal (p = 0,001)

**Tabla 135.** Resultados del Test de Bartlett para la mortalidad de Pedralba.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	7,935	6	0,243

**Tabla 136.** Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de la mortalidad de Pedralba.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	8,216	6	0,223

**Tabla 137.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para la mortalidad de Cortes de Pallás.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	No normal (p = 0,001)
Bética Meridional	No normal (p = 0,001)
Bética Septentrional	No normal (p = 0)
Levante Interior	No normal (p = 0)
Litoral Levantino	No normal (p = 0)
Sudeste	No normal (p = 0,001)
Sur	No normal (p = 0)



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Tabla 138.** Resultados del Test de Bartlett para la mortalidad de Cortes de Pallás.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	4,260	6	0,642

**Tabla 139.** Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de la mortalidad de Cortes de Pallás.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	3,895	6	0,691

Para evitar sesgos en relación con la mortalidad debido a posibles salidas del vivero de grupos genotípicos con menor altura y diámetro, se llevó a cabo un ANCOVA. El objetivo fue determinar si existe una influencia entre la altura o el diámetro del cuello de la raíz y la mortalidad de las plantas.

El primer paso ha sido filtrar los datos para obtener información específica de las mediciones de establecimiento. Luego, se combinó con los datos de mortalidad de la medición pre-estival, de forma que se obtuvieron tablas cruzadas. Esto se debe a que no se tienen datos de la altura y el diámetro del cuello de la raíz de las plantas muertas en la segunda medición.

**Tabla 140.** Resultados de ANCOVA de Andilla con covariable altura.

Variable	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Estadística	P-valor
Material de Base	6	1219,341	203,224	0,768	0,597
Altura media	1	267,809	267,809	1,012	0,317
Residuos	83	21971,723	264,720	NA	NA

**Tabla 141.** Resultados de ANCOVA de Andilla con covariable DCR.

Variable	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Estadística	P-valor
Material de Base	6	1219,341	203,224	0,766	0,599
DCR medio	1	207,604	207,604	0,782	0,379
Residuos	83	22031,930	265,445	NA	NA

**Tabla 142.** Resultados de ANCOVA de Pedralba con covariable altura.

Variable	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Estadística	P-valor
Material de Base	6	1630,453	271,742	0,486	0,817
Altura media	1	1215,081	1215,081	2,174	0,143
Residuos	105	58696,260	559,012	NA	NA

**Tabla 143.** Resultados de ANCOVA de Pedralba con covariable DCR.

Variable	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Estadística	P-valor
Material de Base	6	1630,453	271,742	0,479	0,822
DCR medio	1	399,859	399,859	0,705	0,403
Residuos	105	59511,481	566,776	NA	NA

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Tabla 144.** Resultados de ANCOVA de Cortes de Pallás con covariable altura.

Variable	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Estadística	P-valor
Material de Base	6	2880,252	480,042	1,060	0,392
Altura media	1	932,328	932,328	2,059	0,155
Residuos	94	42562,135	452,789	NA	NA

**Tabla 145.** Resultados de ANCOVA de Cortes de Pallás con covariable DCR.

Variable	GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Estadística	P-valor
Material de Base	6	2880,252	480,042	1,040	0,404
DCR medio	1	124,166	124,166	0,269	0,605
Residuos	94	43370,298	461,386	NA	NA

El resultado ha sido que la altura y el diámetro de cada golpe de 10 plantas del mismo Material de Base no ha influenciado en la mortalidad.

### **5.3. Análisis del desarrollo: incremento del diámetro del cuello de la raíz**

Dado que no se han obtenido diferencias significativas en la mortalidad, se ha hecho un análisis del incremento del diámetro del cuello de la raíz como indicador de que procedencias se han establecido mejor en campo y así confirmar los resultados obtenidos de la mortalidad.

#### **5.3.1. Parcela de Andilla**

1. Análisis descriptivo del diámetro de cuello de la raíz (diámetro) para cada grupo de Material de Base:

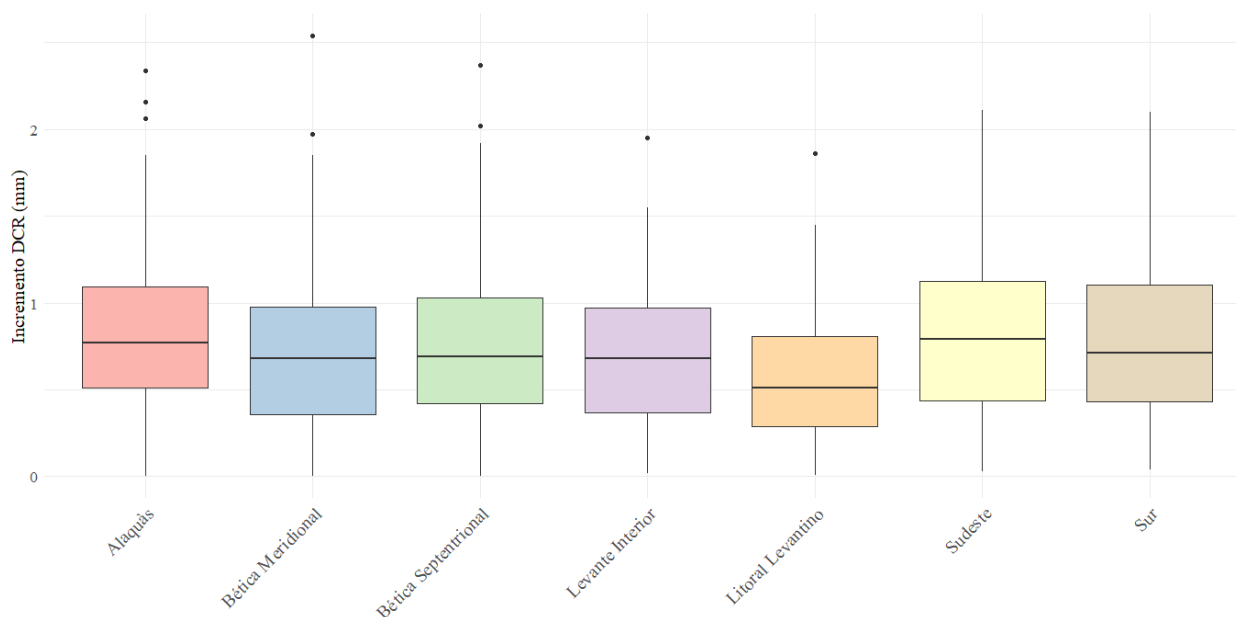
**Tabla 146.** Análisis descriptivo del incremento del diámetro en Andilla.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,833	0,770	0,475	0	2,34	131
Bética meridional	0,730	0,680	0,466	0	2,54	114
Bética septentrional	0,753	0,690	0,463	0	2,37	122
Levante interior	0,707	0,680	0,417	0,02	1,95	121
Litoral levantino	0,566	0,510	0,393	0,01	1,86	111
Sudeste	0,823	0,790	0,472	0,03	2,11	123
Sur	0,805	0,710	0,483	0,04	2,1	151

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

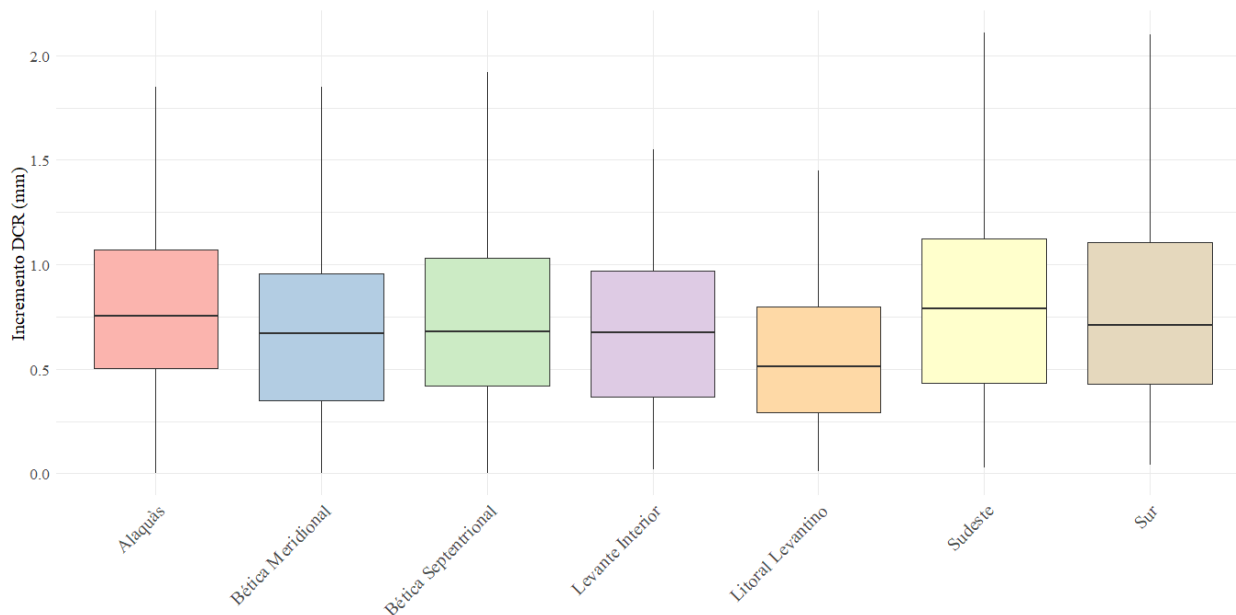
2. Identificación de valores atípicos mediante el diagrama de cajas o bigotes:

**Gráfico 49.** Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros para cada grupo de Material de Base en Andilla.



3. Eliminación de los datos atípicos:

**Gráfico 50.** Diagrama de cajas y bigotes de diámetros sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base en Andilla.



4. Nuevo análisis descriptivo del diámetro sin valores atípicos:

**Tabla 147.** Análisis descriptivo del diámetro sin datos atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,801	0,755	0,432	0	1,85	128
Bètica meridional	0,703	0,670	0,421	0	1,85	112
Bètica septentrional	0,729	0,680	0,426	0	1,92	120

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Levante interior	0,697	0,675	0,403	0,02	1,55	120
Litoral levantino	0,554	0,510	0,374	0,01	1,45	110
Sudeste	0,823	0,790	0,472	0,03	2,11	123
Sur	0,805	0,710	0,483	0,04	2,1	151

5. Prueba de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) en función de cada grupo de procedencia y huerto semillero para determinar si los diámetros siguen una distribución normal:

**Tabla 148.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el incremento del diámetro en Andilla.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	No normal (p = 0)
Bética meridional	No normal (p = 0,009)
Bética septentrional	No normal (p = 0,008)
Levante interior	No normal (p = 0,004)
Litoral levantino	No normal (p = 0,008)
Sudeste	No normal (p = 0)
Sur	Normal (p = 0,099)

6. Prueba de homogeneidad de varianza (Test de Bartlett):

**Tabla 149.** Resultados del Test de Bartlett para el incremento del diámetro en Andilla.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	11,223	6	0,081

7. Dado que no cumple los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el Coeficiente de Correlación de Spearman entre los diámetros y los grupos de Material de Base para verificar la independencia.

**Tabla 150.** Coeficiente de Correlación de Spearman entre el incremento del diámetro y el Material de Base en Andilla.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Incremento del diámetro del cuello de la raíz	Material de Base	0,139

8. Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis:

**Tabla 151.** Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el incremento del diámetro en Andilla.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	28,548	6	7,408e-05

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

9. Prueba post-hoc para identificar los grupos que presentan diferencias significativas:

**Tabla 152.** Resultados de la prueba post-hoc del incremento del diámetro en Andilla.

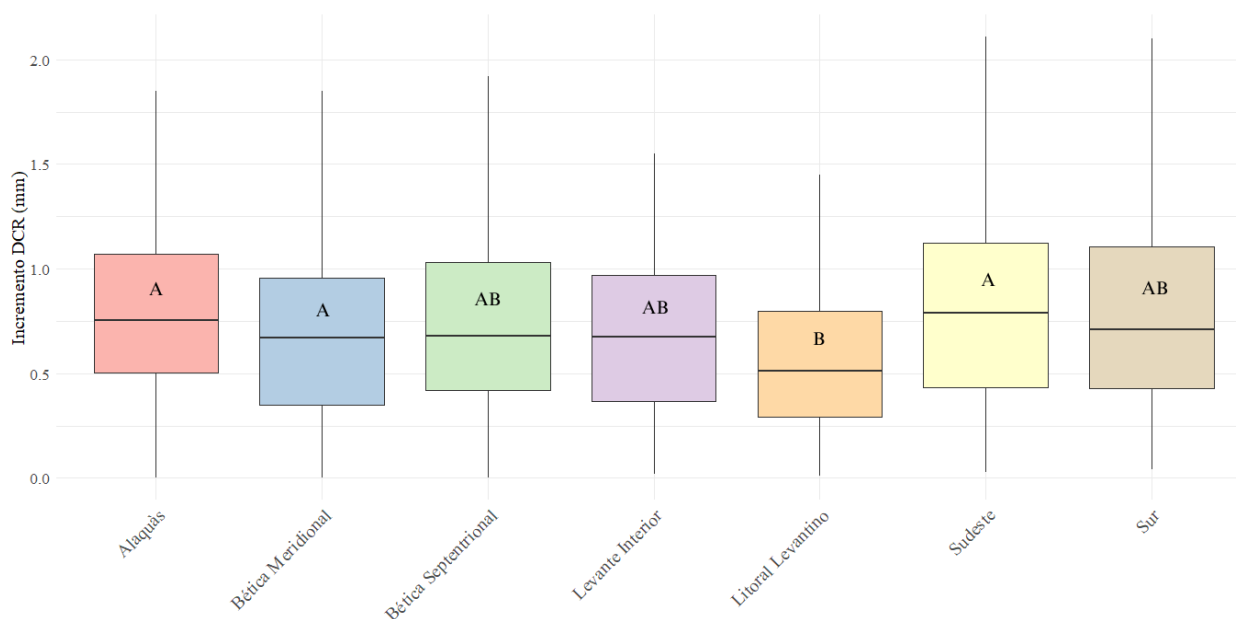
Contraste	Alfa	Diferencias observadas	Diferencias críticas	Diferencias significativas
1-2	0,05	85,999	100,080	FALSE
1-3	0,05	99,720	100,080	FALSE
1-4	0,05	144,644	99,495	TRUE
1-5	0,05	84,253	101,775	FALSE
1-6	0,05	131,748	95,040	TRUE
1-7	0,05	142,476	98,573	TRUE
2-3	0,05	13,720	97,880	FALSE
2-4	0,05	58,644	97,282	FALSE
2-5	0,05	1,7450	99,613	FALSE
2-6	0,05	45,749	92,721	FALSE
2-7	0,05	56,476	96,339	FALSE
3-4	0,05	44,924	97,282	FALSE
3-5	0,05	15,466	99,613	FALSE
3-6	0,05	32,028	92,721	FALSE
3-7	0,05	42,755	96,339	FALSE
4-5	0,05	60,390	99,025	FALSE
4-6	0,05	12,895	92,088	FALSE
4-7	0,05	2,168	95,730	FALSE
5-6	0,05	47,495	94,548	FALSE
5-7	0,05	58,222	98,098	FALSE
6-7	0,05	10,727	91,092	FALSE

**Notas:** 10: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

10. Resultados gráficos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 51.** Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros con significancias en Andilla.



### 5.3.2. Parcela de Pedralba

1. Análisis descriptivo del diámetro de cuello de la raíz (diámetro) para cada grupo de Material de Base:

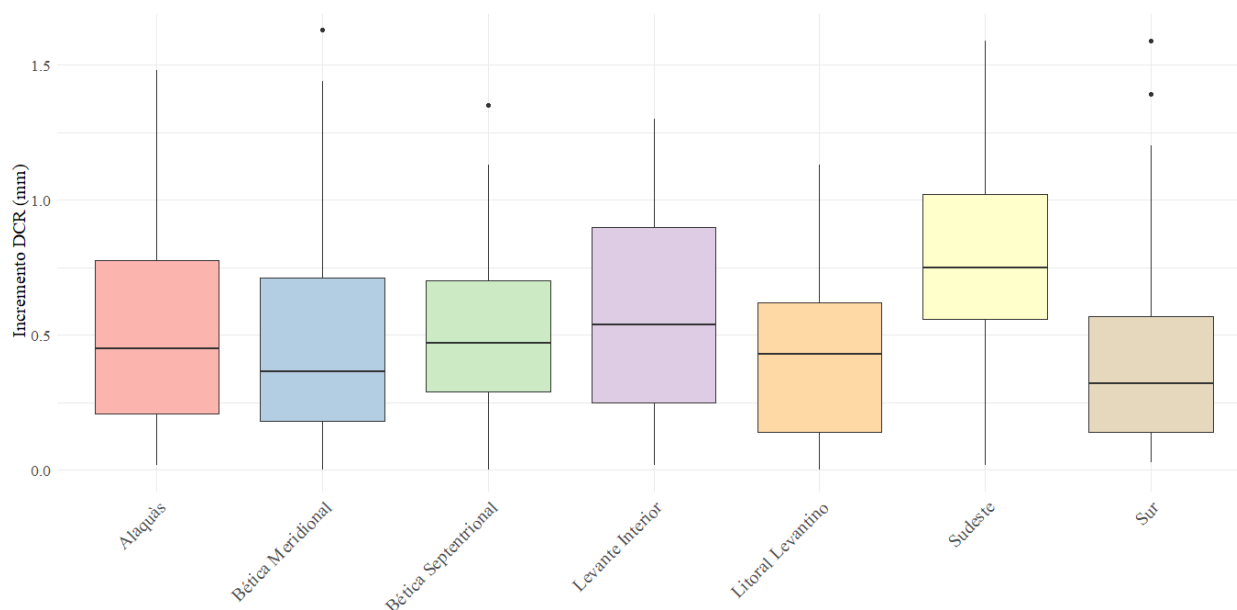
**Tabla 153.** Análisis descriptivo del incremento del diámetro en Pedralba.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,52	0,450	0,410	0,02	1,48	38
Bética meridional	0,455	0,365	0,373	0	1,63	46
Bética septentrional	0,494	0,470	0,323	0	1,35	49
Levante interior	0,592	0,540	0,394	0,02	1,30	45
Litoral levantino	0,418	0,430	0,308	0	1,13	29
Sudeste	0,763	0,750	0,323	0,02	1,59	38
Sur	0,443	0,320	0,428	0,03	1,59	29

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

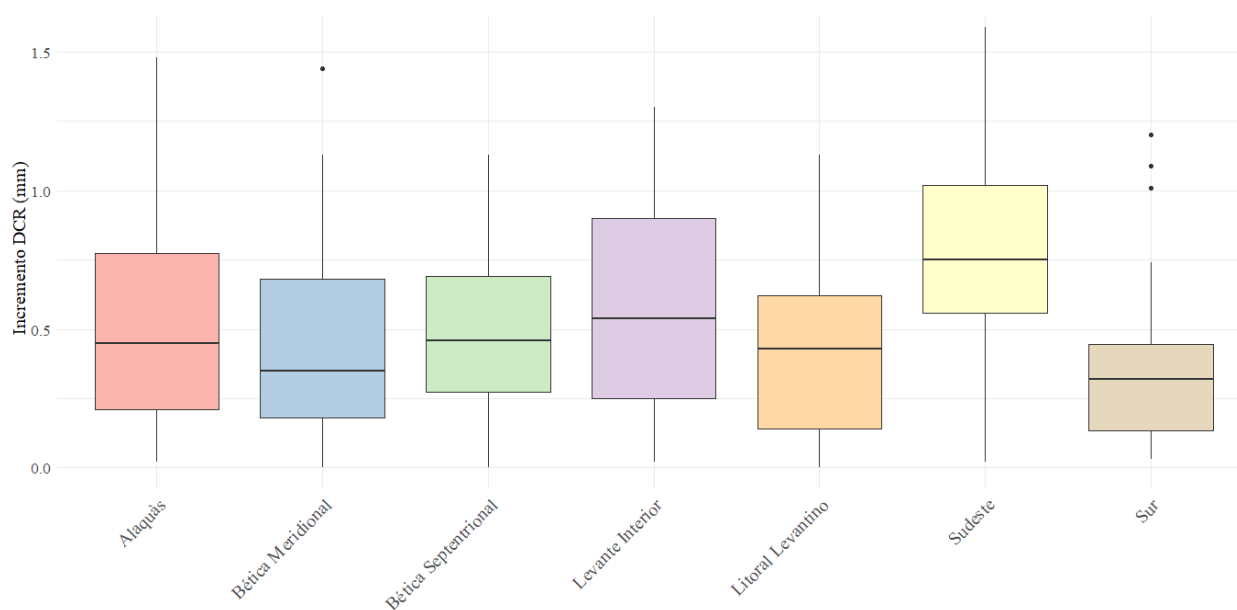
2. Identificación de valores atípicos mediante el diagrama de cajas o bigotes:

**Gráfico 52.** Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros para cada grupo de Material de Base en Pedralba.



3. Eliminación de los datos atípicos:

**Gráfico 53.** Diagrama de cajas y bigotes de diámetros sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base en Pedralba.



4. Nuevo análisis descriptivo del diámetro sin valores atípicos:

**Tabla 154.** Análisis descriptivo del diámetro sin datos atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,520	0,45	0,410	0,02	1,48	38
Bètica meridional	0,428	0,35	0,332	0	1,44	45
Bètica septentrional	0,476	0,46	0,302	0	1,13	48

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Levante interior	0,592	0,54	0,394	0,02	1,30	45
Litoral levantino	0,418	0,43	0,308	0	1,13	29
Sudeste	0,763	0,75	0,323	0,02	1,59	38
Sur	0,366	0,32	0,325	0,03	1,20	27

5. Prueba de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) en función de cada grupo de procedencia y huerto semillero para determinar si los diámetros siguen una distribución normal:

**Tabla 155.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el incremento del diámetro en Pedralba.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	No normal (p = 0,011)
Bética meridional	No normal (p = 0,004)
Bética septentrional	Normal (p = 0,125)
Levante interior	No normal (p = 0,02)
Litoral levantino	Normal (p = 0,158)
Sudeste	Normal (p = 0,884)
Sur	No normal (p = 0,001)

6. Prueba de homogeneidad de varianza (Test de Bartlett):

**Tabla 156.** Resultados del Test de Bartlett para el incremento del diámetro en Pedralba.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	6,977	6	0,323

7. Dado que no cumple los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el Coeficiente de Correlación de Spearman entre los diámetros y los grupos de Material de Base para verificar la independencia.

**Tabla 157.** Coeficiente de Correlación de Spearman entre el incremento del diámetro y el Material de Base en Pedralba.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Incremento del diámetro del cuello de la raíz	Material de Base	-0,061

8. Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis:

**Tabla 158.** Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el incremento del diámetro en Pedralba.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	29,672	6	4,536e-05



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

9. Prueba post-hoc para identificar los grupos que presentan diferencias significativas:

**Tabla 159.** Resultados de la prueba post-hoc del incremento del diámetro en Pedralba.

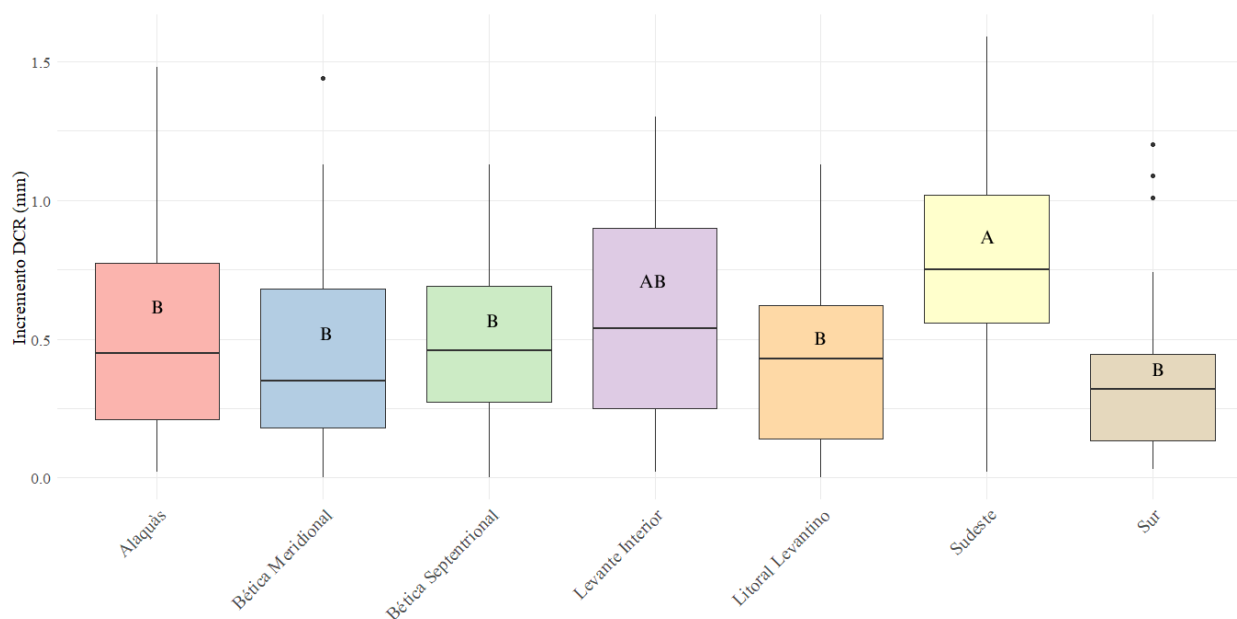
Contraste	Alfa	Diferencias observadas	Diferencias críticas	Diferencias significativas
1-2	0,05	33,430	56,491	FALSE
1-3	0,05	13,376	55,795	FALSE
1-4	0,05	72,504	58,495	TRUE
1-5	0,05	0,247	56,491	FALSE
1-6	0,05	16,369	63,443	FALSE
1-7	0,05	16,096	58,495	FALSE
2-3	0,05	20,053	49,225	FALSE
2-4	0,05	39,074	52,265	FALSE
2-5	0,05	33,678	50,013	FALSE
2-6	0,05	49,800	57,750	FALSE
2-7	0,05	17,333	52,265	FALSE
3-4	0,05	59,127	51,512	TRUE
3-5	0,05	13,624	49,225	FALSE
3-6	0,05	29,746	57,069	FALSE
3-7	0,05	2,719	51,512	FALSE
4-5	0,05	72,752	52,265	TRUE
4-6	0,05	88,874	59,711	TRUE
4-7	0,05	56,407	54,424	TRUE
5-6	0,05	16,122	57,750	FALSE
5-7	0,05	16,344	52,265	FALSE
6-7	0,05	32,466	59,711	FALSE

**Notas:** 11: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

10. Resultados gráficos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 54.** Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros con significancias en Pedralba.



### 5.3.3. Parcela de Cortes de Pallás

11. Análisis descriptivo del diámetro de cuello de la raíz (diámetro) para cada grupo de Material de Base:

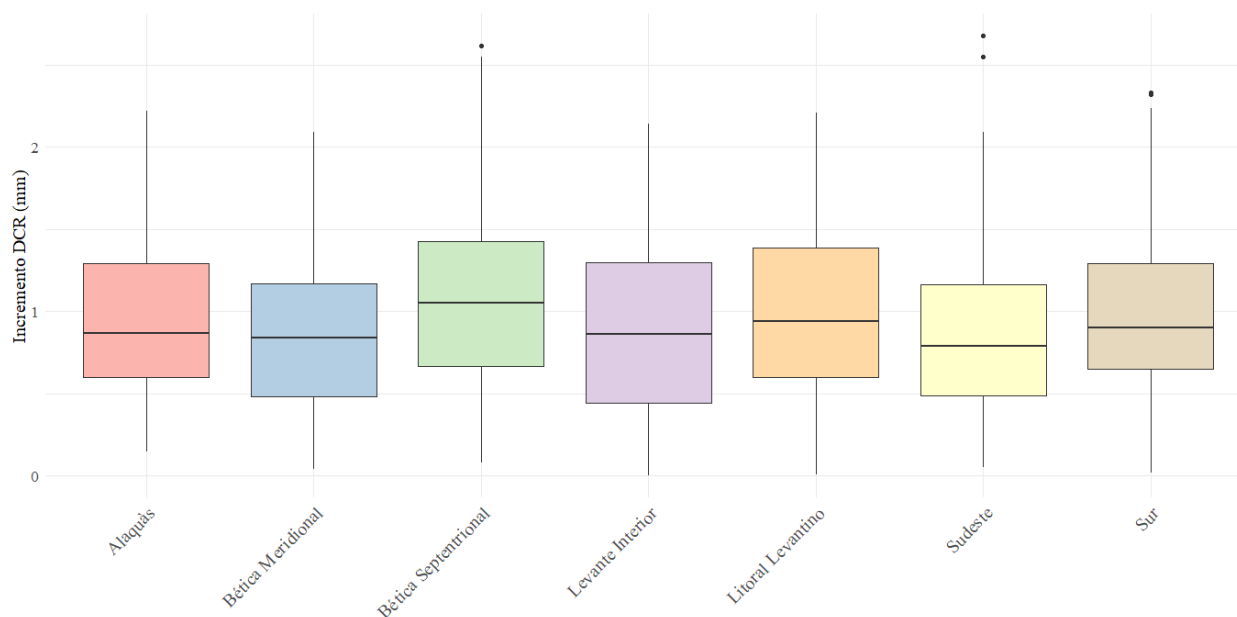
**Tabla 160.** Análisis descriptivo del incremento del diámetro en Cortes de Pallás.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,944	0,870	0,482	0,15	2,22	120
Bética meridional	0,883	0,840	0,492	0,04	2,09	100
Bética septentrional	1,089	1,055	0,535	0,08	2,62	108
Levante interior	0,928	0,865	0,551	0	2,14	118
Litoral levantino	0,981	0,940	0,531	0,01	2,21	98
Sudeste	0,853	0,790	0,499	0,05	2,68	134
Sur	0,985	0,900	0,506	0,02	2,33	115

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

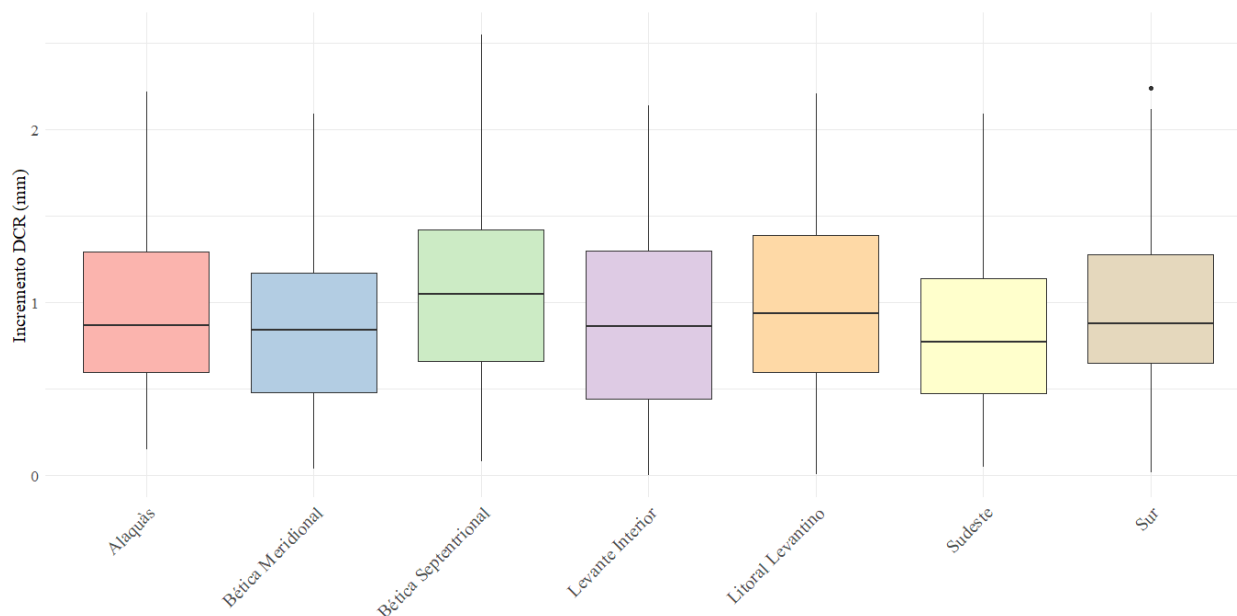
12. Identificación de valores atípicos mediante el diagrama de cajas o bigotes:

**Gráfico 55.** Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros para cada grupo de Material de Base en Cortes de Pallás.



13. Eliminación de los datos atípicos:

**Gráfico 56.** Diagrama de cajas y bigotes de diámetros sin datos atípicos para cada grupo de Material de Base en Cortes de Pallás.



14. Nuevo análisis descriptivo del diámetro sin valores atípicos:

**Tabla 161.** Análisis descriptivo del diámetro sin datos atípicos.

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Alaquàs	0,944	0,870	0,482	0,15	2,22	120
Bética meridional	0,883	0,840	0,492	0,04	2,09	100

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

Material de Base	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	N
Bética septentrional	1,075	1,050	0,516	0,08	2,55	107
Levante interior	0,928	0,865	0,551	0	2,14	118
Litoral levantino	0,981	0,940	0,531	0,01	2,21	98
Sudeste	0,827	0,775	0,452	0,05	2,09	132
Sur	0,961	0,88	0,477	0,02	2,24	113

15. Prueba de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) en función de cada grupo de procedencia y huerto semillero para determinar si los diámetros siguen una distribución normal:

**Tabla 162.** Resultados del Test de Shapiro-Wilk por grupo de Material de Base para el incremento del diámetro en Cortes de Pallás.

Material de Base	Resultado
Alaquàs	No normal (p = 0,002)
Bética meridional	No normal (p = 0,035)
Bética septentrional	Normal (p = 0,089)
Levante interior	No normal (p = 0,002)
Litoral levantino	Normal (p = 0,102)
Sudeste	No normal (p = 0,004)
Sur	Normal (p = 0,228)

16. Prueba de homogeneidad de varianza (Test de Bartlett):

**Tabla 163.** Resultados del Test de Bartlett para el incremento del diámetro en Cortes de Pallás.

Test	Estadístico	Grados de Libertad	P-valor
Test de Bartlett	6,615	6	0,359

17. Dado que no cumple los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se calcula el Coeficiente de Correlación de Spearman entre los diámetros y los grupos de Material de Base para verificar la independencia.

**Tabla 164.** Coeficiente de Correlación de Spearman entre el incremento del diámetro y el Material de Base en Cortes de Pallás.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de Correlación
Incremento del diámetro del cuello de la raíz	Material de Base	-0,025

18. Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis:

**Tabla 165.** Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para el incremento del diámetro en Cortes de Pallás.

Fuente de Variación	X <sup>2</sup>	Grados de Libertad	P-valor
Material de Base	15,918	6	0,014

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

19. Prueba post-hoc para identificar los grupos que presentan diferencias significativas:

**Tabla 166.** Resultados de la prueba post-hoc del incremento del diámetro en Cortes de Pallás.

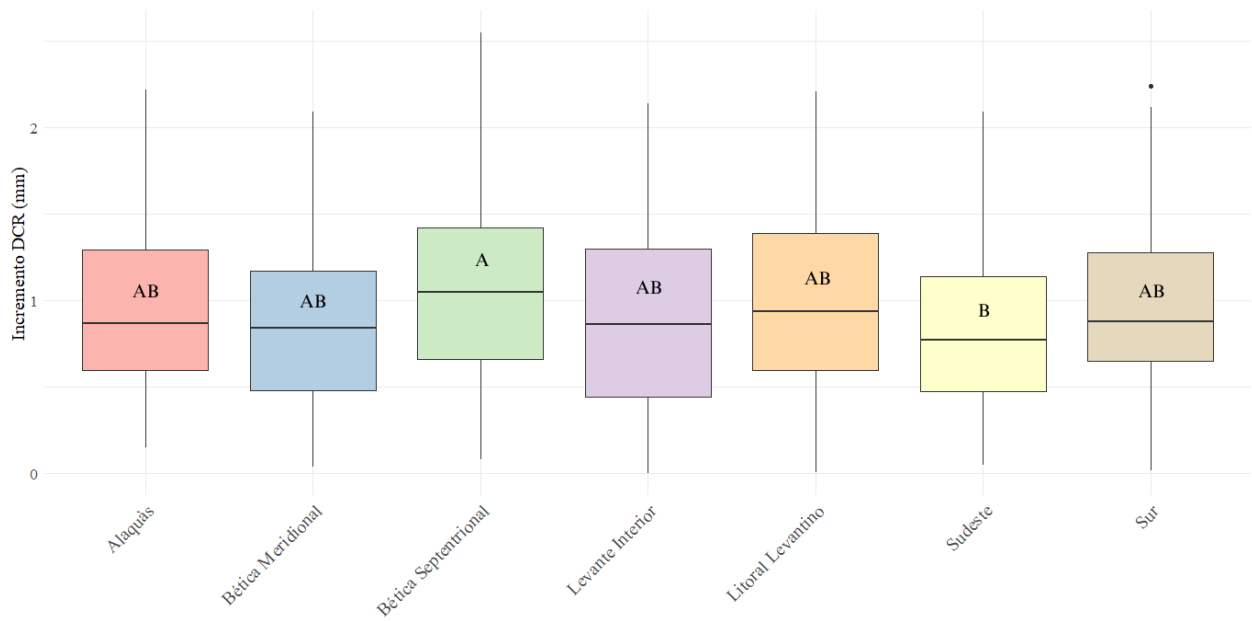
Contraste	Alfa	Diferencias observadas	Diferencias críticas	Diferencias significativas
1-2	0,05	29,228	94,510	FALSE
1-3	0,05	39,556	96,689	FALSE
1-4	0,05	69,039	92,209	FALSE
1-5	0,05	43,815	98,294	FALSE
1-6	0,05	6,274	95,454	FALSE
1-7	0,05	17,991	94,152	FALSE
2-3	0,05	68,784	92,314	FALSE
2-4	0,05	39,811	87,609	FALSE
2-5	0,05	14,587	93,993	FALSE
2-6	0,05	22,953	91,019	FALSE
2-7	0,05	11,236	89,653	FALSE
3-4	0,05	108,596	89,955	TRUE
3-5	0,05	83,372	96,183	FALSE
3-6	0,05	45,831	93,280	FALSE
3-7	0,05	57,547	91,947	FALSE
4-5	0,05	25,223	91,678	FALSE
4-6	0,05	62,764	88,627	FALSE
4-7	0,05	51,048	87,223	FALSE
5-6	0,05	37,540	94,942	FALSE
5-7	0,05	25,824	93,633	FALSE
6-7	0,05	11,716	90,647	FALSE

**Notas:** 12: Litoral levantino; 2: Levante interior; 3: Bética septentrional; 4: Sudeste; 5: Bética meridional; 6: Sur; 7: Alaquàs.

20. Resultados gráficos:

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Gráfico 57.** Diagrama de cajas y bigotes de incrementos de diámetros con significancias en Cortes de Pallás.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

# **ANEXO II. CARTOGRÁFICO**

Curso académico: 2022 – 2023

Autora: Laura Arnal Roig

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

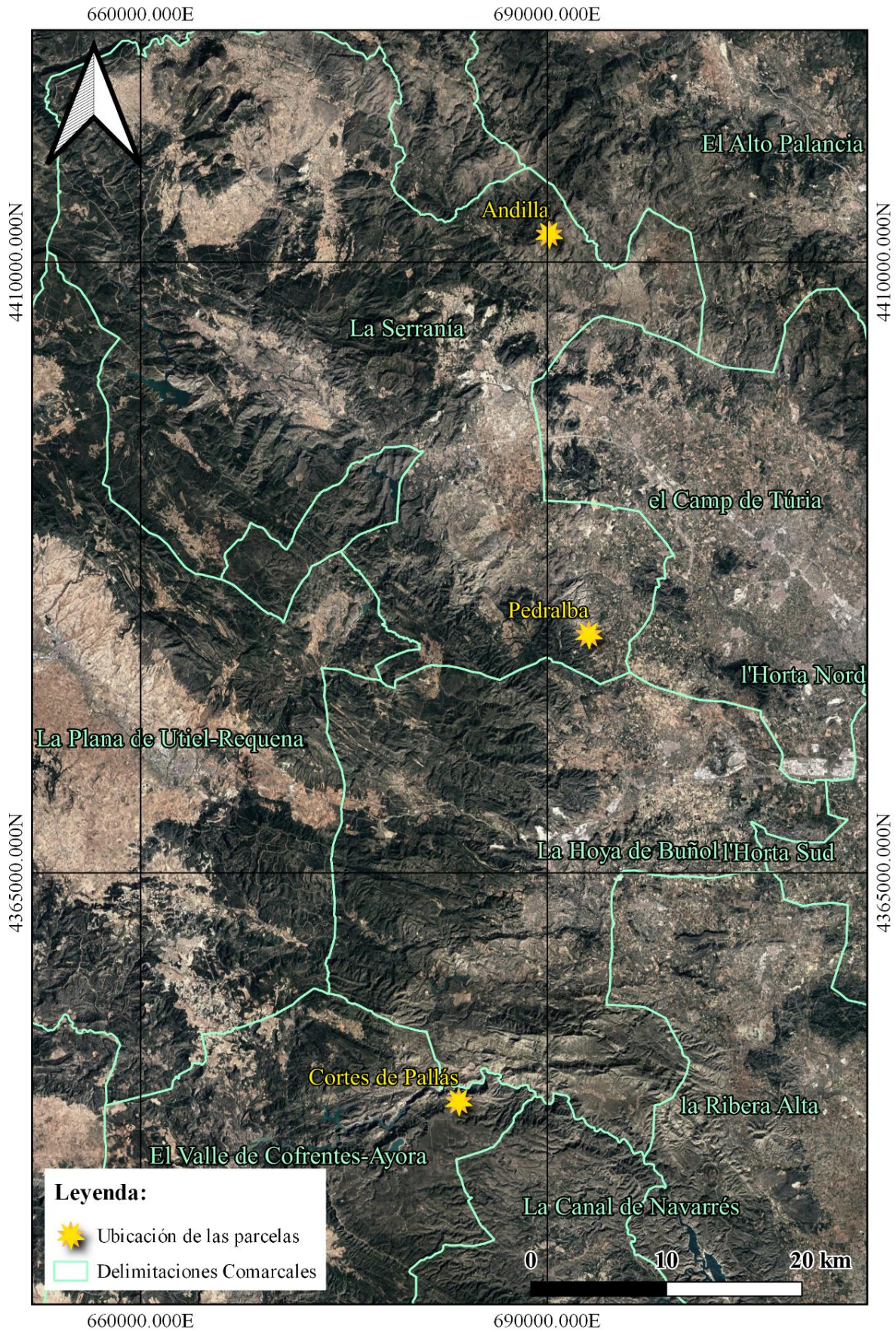
## **ÍNDICE DE MAPAS**

<b>Mapa 1.</b> Ubicación de las tres parcelas. Elaboración propia. Fuente: ICV. ....	1
<b>Mapa 2.</b> Ubicación de las parcelas de Pedralba. Fuente: CNIG. ....	2
<b>Mapa 3.</b> Ubicación de la parcela de Cortes de Pallás. Fuente: CNIG. ....	3
<b>Mapa 4.</b> Ubicación de la parcela de Andilla. Fuente: CNIG. ....	4
<b>Mapa 5.</b> Subtipo fitoclimático de las parcelas de Pedralba. Fuente: ICV. ....	5
<b>Mapa 6.</b> Subtipo fitoclimático de la parcela de Cortes de Pallás. Fuente: ICV. ....	6
<b>Mapa 7.</b> Subtipo fitoclimático de la parcela de Cortes de Pallás. Fuente: ICV. ....	7



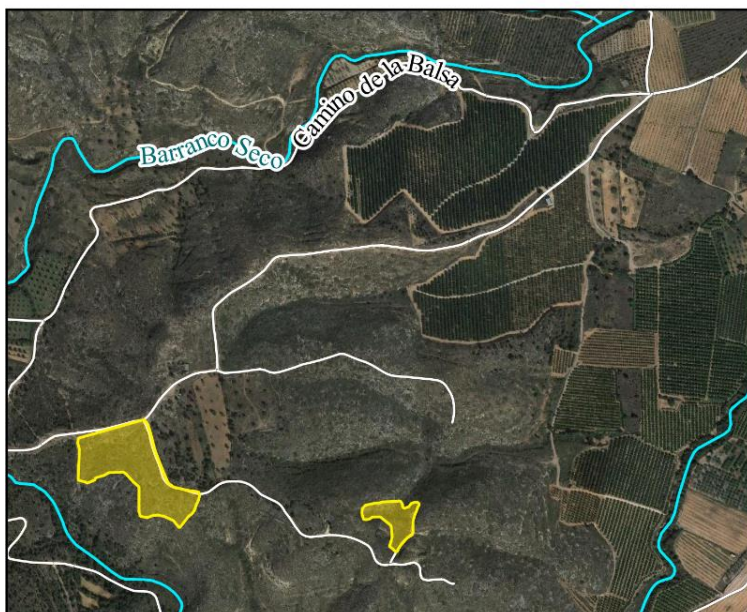
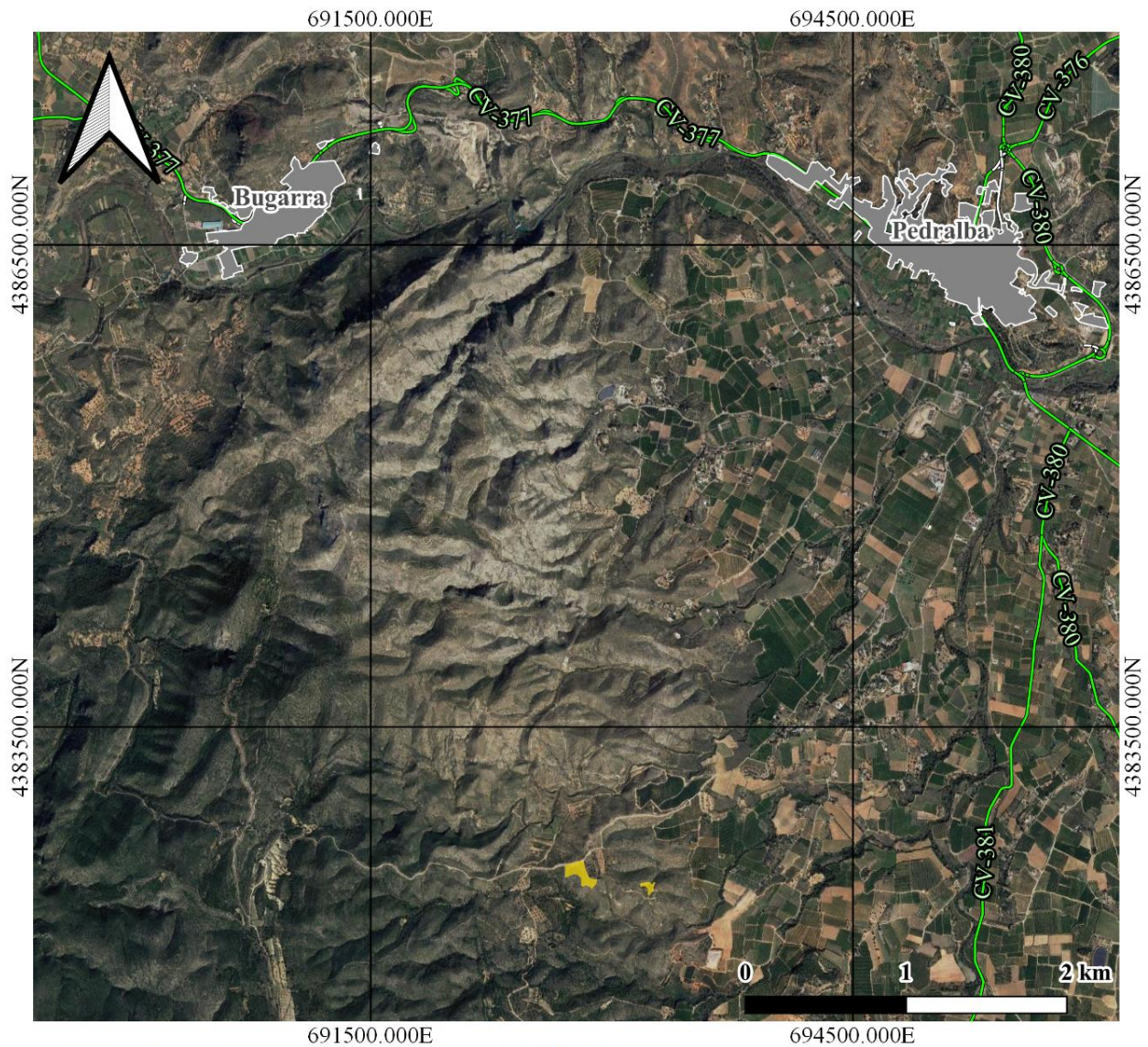
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Mapa 1.** Ubicación de las tres parcelas. *Elaboración propia. Fuente: ICV.*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Mapa 2.** Ubicación de las parcelas de Pedralba. Fuente: CNIG.



**Ubicación de las parcelas de Pedralba**

EPSG: 25830

ETRS89

**Leyenda:**

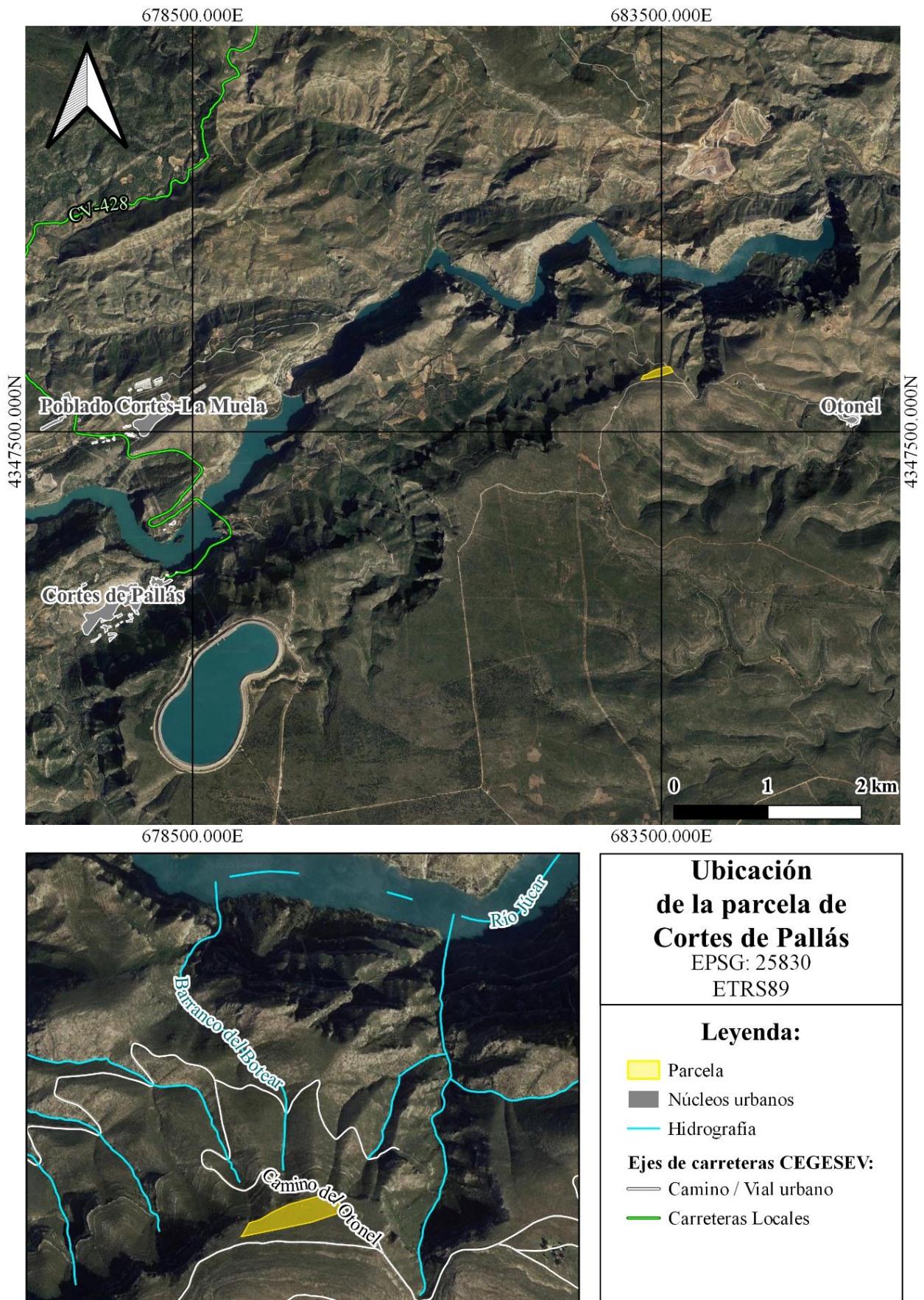
- Parcela
- Núcleos urbanos
- Hidrografía

**Ejes de carreteras CEGESEV:**

- Camino / Vial urbano
- Carreteras Locales

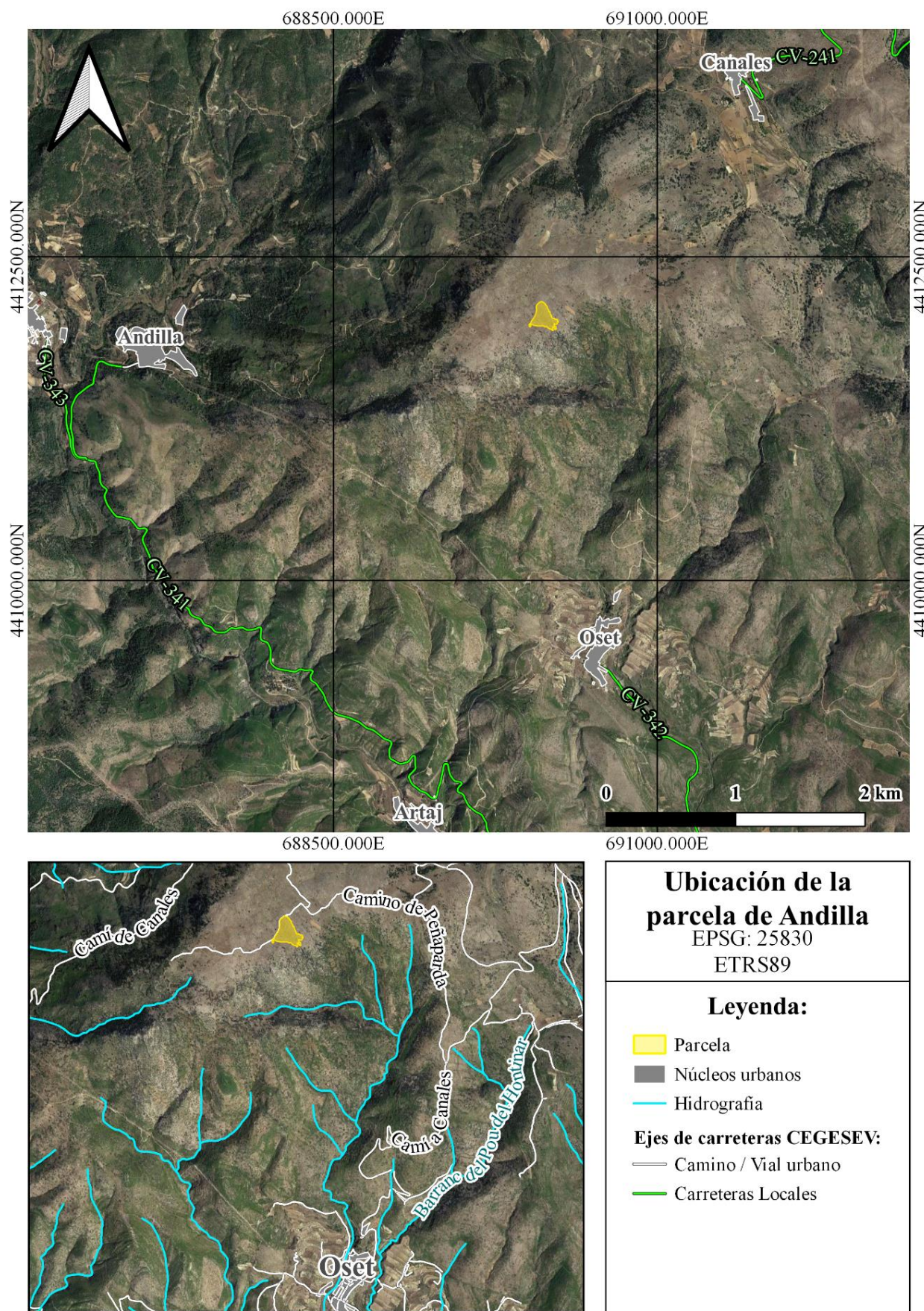
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Mapa 3. Ubicación de la parcela de Cortes de Pallás. Fuente: CNIG.**



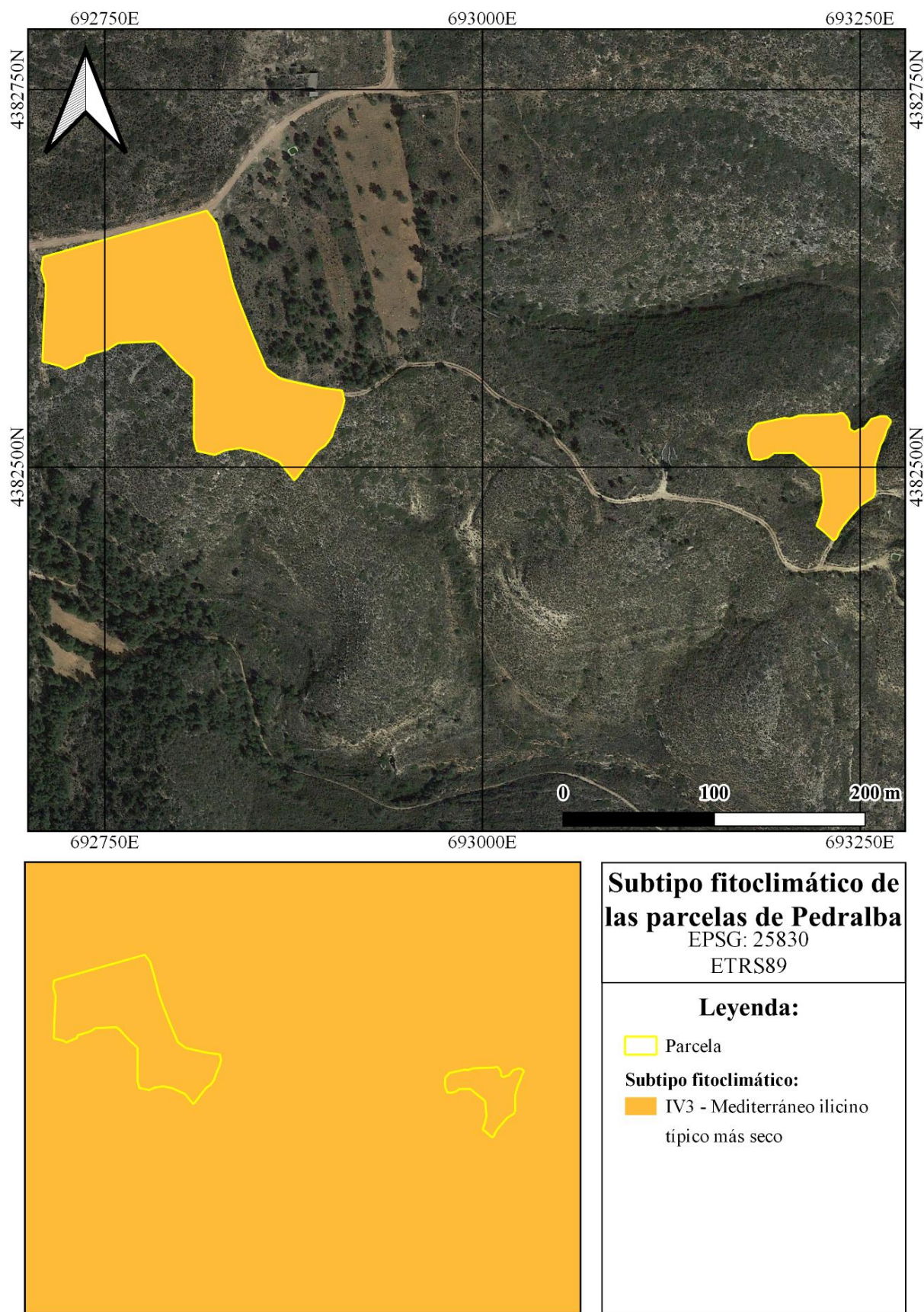
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Mapa 4.** Ubicación de la parcela de Andilla. Fuente: CNIG.



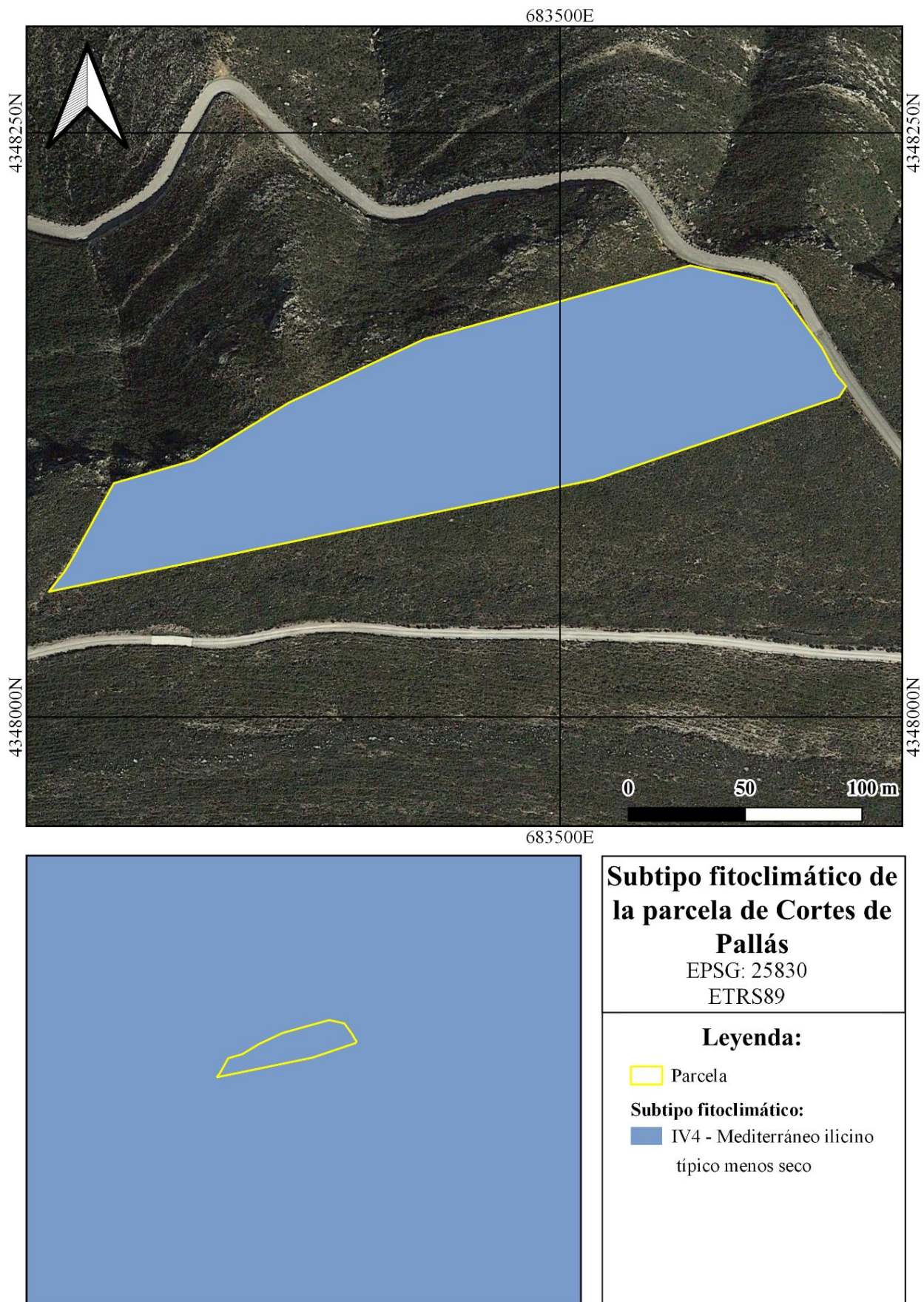
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Mapa 5.** Subtipo fitoclimático de las parcelas de Pedralba. Fuente: ICV.



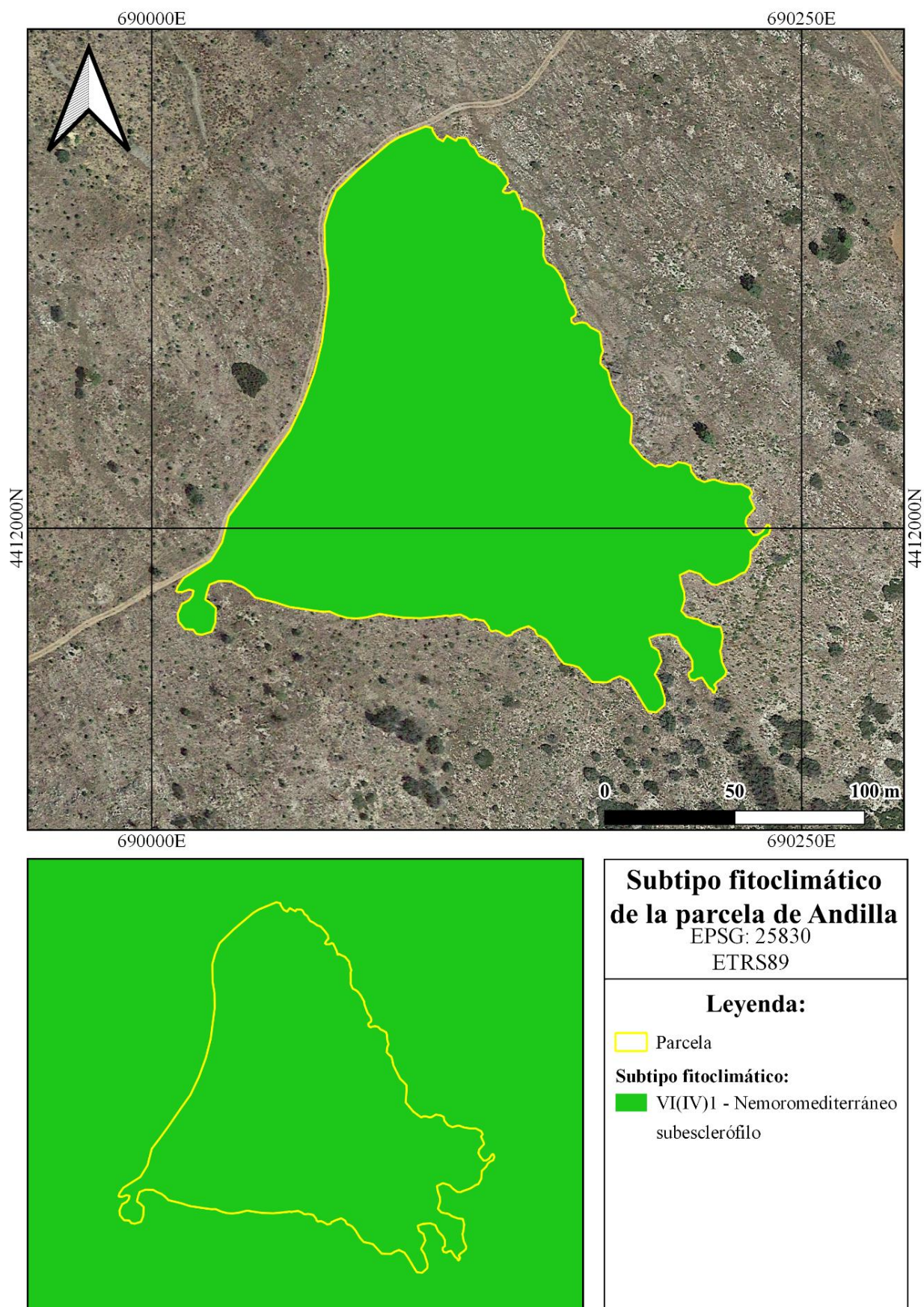
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Mapa 6. Subtipo fitoclimático de la parcela de Cortes de Pallás. Fuente: ICV.*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Mapa 7. Subtipo fitoclimático de la parcela de Cortes de Pallás. Fuente: ICV.*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

# **ANEXO III. FOTOGRAFICO**

Curso académico: 2022 – 2023

Autora: Laura Arnal Roig



## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Planta al inicio de la campaña de medición en La Hunde. Fecha: 22/06/22. ....	1
<b>Imagen 2.</b> Cultivo de <i>Pinus halepensis</i> en el vivero de La Hunde. Fecha: 18/07/22. ....	2
<b>Imagen 3.</b> Campaña de medición en el vivero de La Hunde. Fecha: 29/09/22. ....	2
<b>Imagen 4.</b> Lotes de Material de Base etiquetados por color en el vivero de La Hunde. ....	3
<b>Imagen 5.</b> Etiquetado por lotes de Material de Base en el vivero de La Hunde. Fecha: 23/10/22. ....	4
<b>Imagen 6.</b> Preparación de las plantas para su análisis en laboratorio. ....	5
<b>Imagen 7.</b> Análisis de la parte radical mediante WinRHIZO ©. ....	5
<b>Imagen 8.</b> Inicio de la plantación en Andilla. Fecha: 07/12/22. ....	6
<b>Imagen 9.</b> Plantación en Andilla. Fecha: 07/12/22. ....	7
<b>Imagen 10.</b> Plantación en Pedralba. Fecha: 15/12/22. ....	8
<b>Imagen 11.</b> Planta etiquetada transplantada. Fecha: 16/12/22. ....	9
<b>Imagen 12.</b> Plantación en Cortes de Pallás. Fecha: 22/12/22. ....	10
<b>Imagen 13.</b> Campaña de medición de establecimiento en Pedralba. Fecha: 29/01/23. ....	11
<b>Imagen 14.</b> Planta reetiquetada durante la campaña de medición de establecimiento en Pedralba. Fecha: 30/01/23. ....	12
<b>Imagen 15.</b> Campaña de medición de establecimiento en Cortes de Pallás. Fecha: 23/02/23. ....	13
<b>Imagen 16.</b> Campaña de medición de establecimiento en Andilla. Fecha: 10/03/23. ....	14
<b>Imagen 17.</b> Campaña de medición pre-estival en Andilla. Fecha: 29/06/23. ....	15
<b>Imagen 18.</b> Final de la campaña de medición pre-estival. Fecha: 07/07/23. ....	16
<b>Imagen 19.</b> Ortofotos históricas de Pedralba (años 1956 y 2000). ....	17
<b>Imagen 20.</b> Ortofotos históricas de Pedralba (años 2012 y 2022). ....	18
<b>Imagen 21.</b> Ortofotos históricas de Cortes de Pallás (años 1956 y 2002). ....	19
<b>Imagen 22.</b> Ortofotos históricas de Cortes de Pallás (años 2012 y 2022). ....	20
<b>Imagen 23.</b> Ortofotos históricas de Andilla (años 1956 y 2002). ....	21
<b>Imagen 24.</b> Ortofotos históricas de Andilla (años 2012 y 2022). ....	22

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 1. Planta al inicio de la campaña de medición en La Hunde. Fecha: 22/06/22.*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 2. Cultivo de Pinus halepensis en el vivero de La Hunde. Fecha: 18/07/22.*



*Imagen 3. Campaña de medición en el vivero de La Hunde. Fecha: 29/09/22.*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 4. Lotes de Material de Base etiquetados por color en el vivero de La Hunde.*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 5.** Etiquetado por lotes de Material de Base en el vivero de La Hunde. Fecha: 23/10/22.

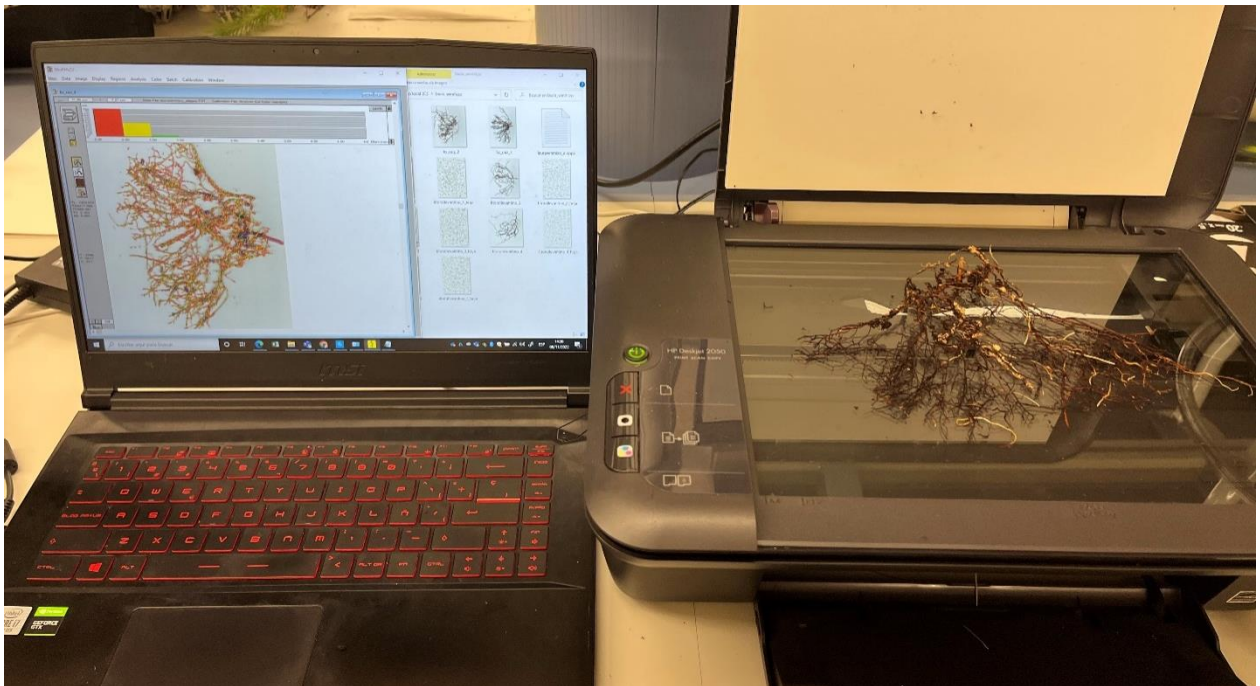


**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 6.** Preparación de las plantas para su análisis en laboratorio.



**Imagen 7.** Análisis de la parte radical mediante WinRHIZO ©.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 8.** Inicio de la plantación en Andilla. Fecha: 07/12/22.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 9. Plantación en Andilla. Fecha: 07/12/22.*





**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 10. Plantación en Pedralba. Fecha: 15/12/22.*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 11. Planta etiquetada transplantada. Fecha: 16/12/22.*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 12. Plantación en Cortes de Pallás. Fecha: 22/12/22.*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 13.** Campaña de medición de establecimiento en Pedralba. Fecha: 29/01/23.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 14.** Planta reetiquetada durante la campaña de medición de establecimiento en Pedralba.  
Fecha: 30/01/23.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 15.** Campaña de medición de establecimiento en Cortes de Pallás. Fecha: 23/02/23.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 16. Campaña de medición de establecimiento en Andilla. Fecha: 10/03/23.*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 17. Campaña de medición pre-estival en Andilla. Fecha: 29/06/23.*





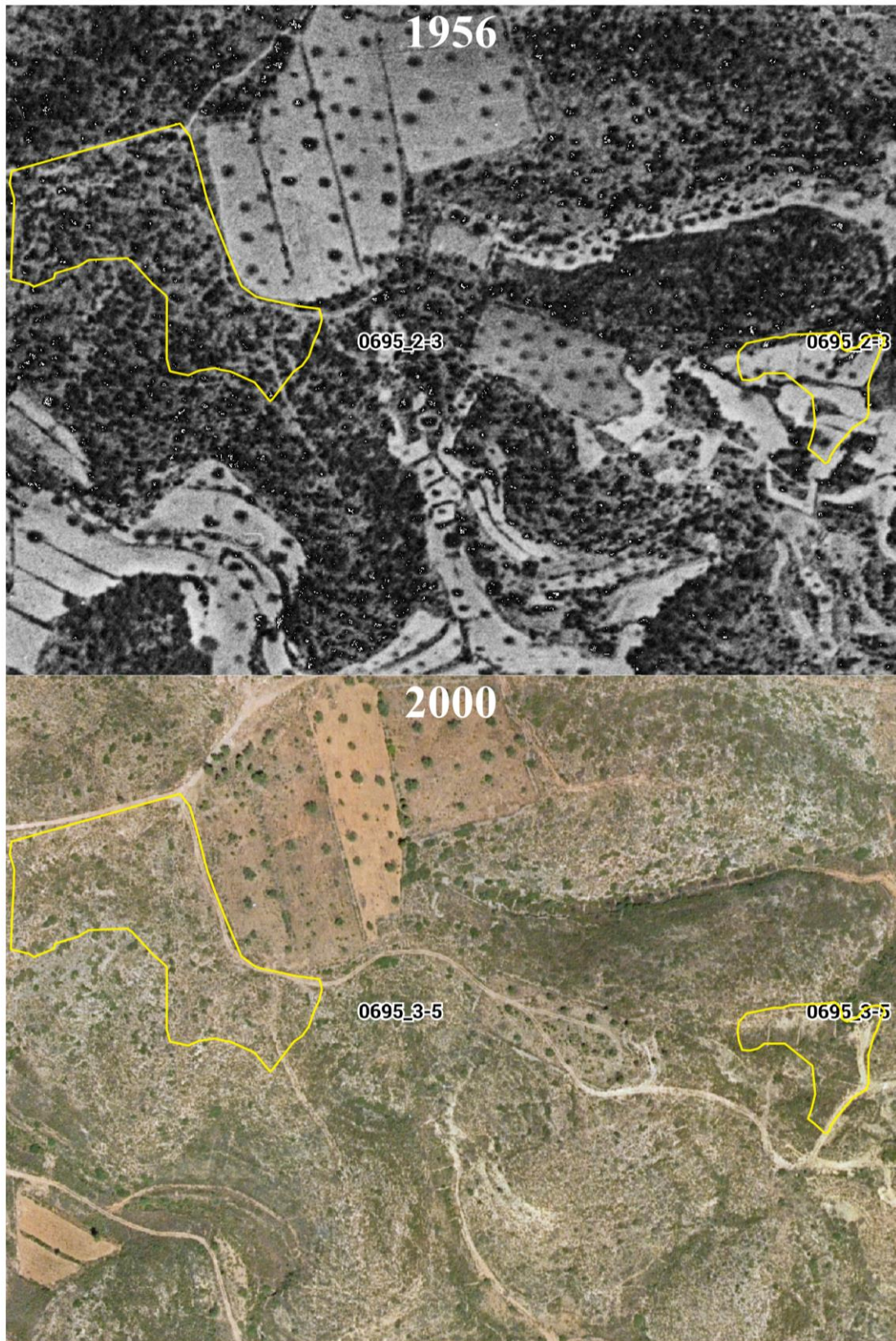
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 18.** Final de la campaña de medición pre-estival. Fecha: 07/07/23.



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 19. Ortofotos históricas de Pedralba (años 1956 y 2000).*



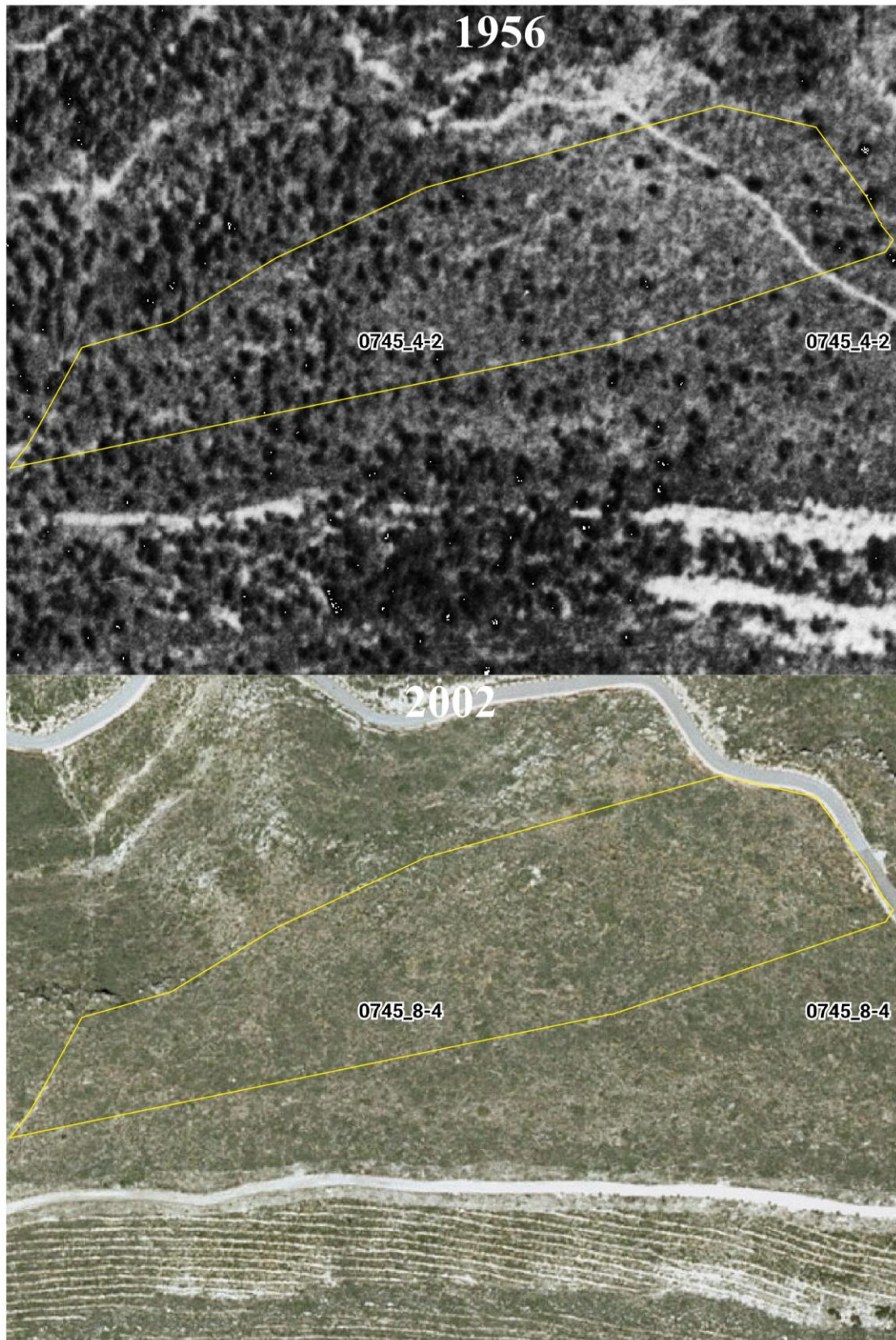
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 20.** Ortofotos históricas de Pedralba (años 2012 y 2022).



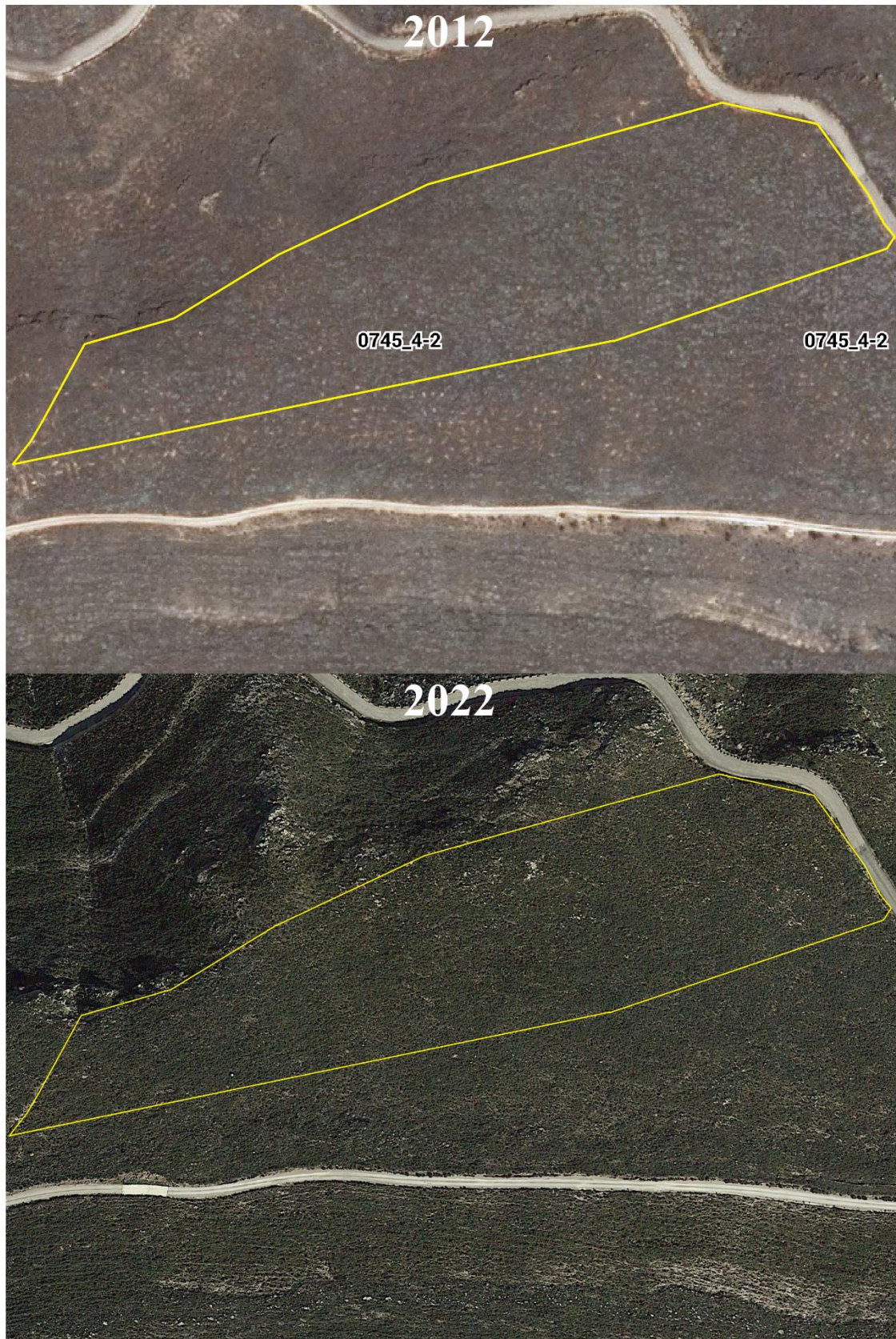
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de  
*Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 21.** Ortofotos históricas de Cortes de Pallás (años 1956 y 2002).



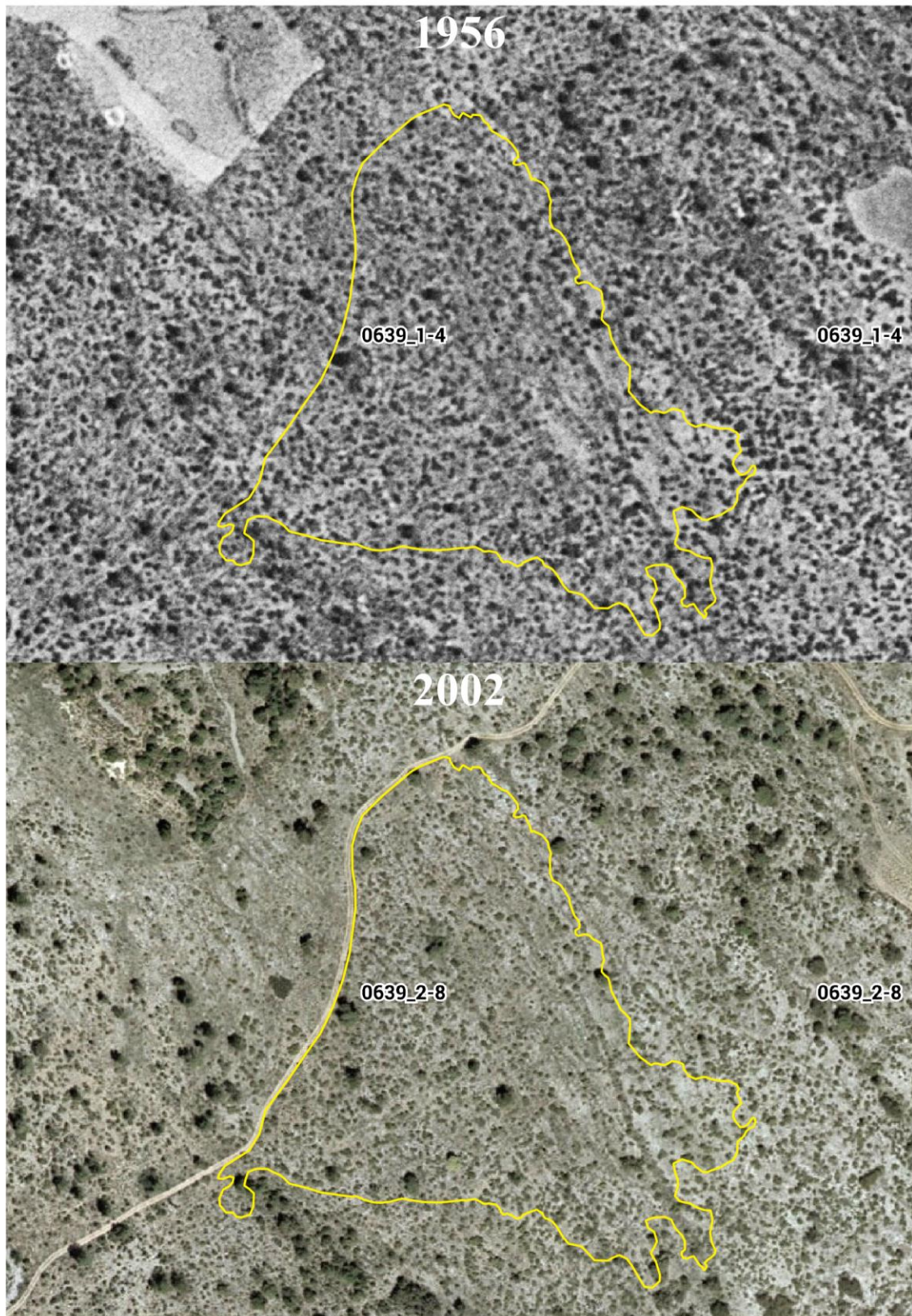
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 22.** Ortofotos históricas de Cortes de Pallás (años 2012 y 2022).



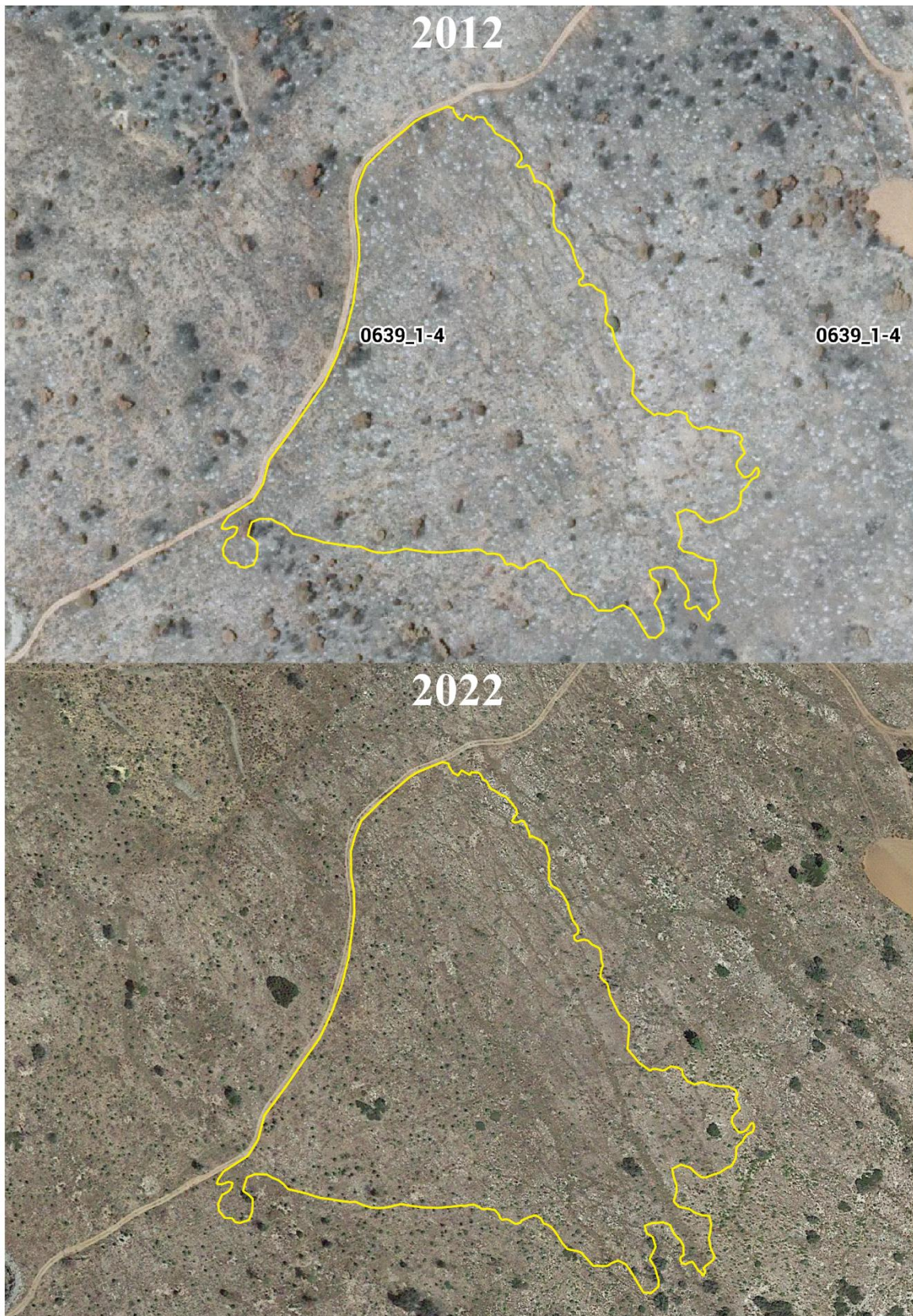
**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

*Imagen 23. Ortofotos históricas de Andilla (años 1956 y 2002).*



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

**Imagen 24.** Ortofotos históricas de Andilla (años 2012 y 2022).



**ANEXO IV. RELACIÓN DEL  
TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE  
DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA  
AGENDA 2030**



**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

La relación entre el Trabajo de Fin de Grado (TFG) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), según muestra la Tabla 1, se debe a varios factores:

- 1. Migración asistida y adaptación al cambio climático:** El trabajo se centra en la migración asistida de *Pinus halepensis* en la provincia de Valencia, que busca adaptar las poblaciones forestales a las condiciones climáticas previstas en el futuro. Esto está directamente alineado con el ODS 13, que se refiere a la acción por el clima, y también con el ODS 15, que se relaciona con la vida terrestre y la conservación de los ecosistemas terrestres.
- 2. Resiliencia ante el cambio climático:** Al evaluar el comportamiento de diferentes grupos de Materiales de Base en vivero y campo, se está contribuyendo a la resiliencia de los bosques frente al cambio climático. Esto se alinea con el ODS 13, que se enfoca en medidas para combatir el cambio climático y sus efectos.
- 3. Uso sostenible de los recursos naturales:** El TFG también puede relacionarse con el ODS 12, que se centra en el consumo y la producción sostenible. Al evaluar el cultivo en vivero y la calidad de las plantas, se contribuye al uso sostenible de los recursos forestales, reducir el desperdicio en la producción de plantas y mejorar la eficiencia en la producción forestal a través de la selección de genotipos adecuados.
- 4. Transferencia de conocimiento y mejora de prácticas:** El objetivo principal del TFG es proporcionar información útil para el técnico forestal, lo que contribuye a la transferencia de conocimiento y la mejora de las prácticas en la gestión forestal. Esto se relaciona con el ODS 4 (educación de calidad) y el ODS 17 (alianzas para lograr los objetivos), ya que se está proporcionando información valiosa para la toma de decisiones informadas en el sector forestal.

*Tabla 1. Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).*

	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>				X
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				X
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>				X
ODS 4. <b>Educación de calidad.</b>		X		
ODS 5. <b>Igualdad de género.</b>				X
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>				X
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b>				X
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b>				X
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras.</b>				X
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades.</b>				X
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b>				X
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables.</b>	X			
ODS 13. <b>Acción por el clima.</b>	X			

**Producción en vivero, calidad de planta y puesta en obra de distintos Materiales de Base de *Pinus halepensis* Mill. en programas de migración asistida**

	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 14. <b>Vida submarina.</b>				X
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b>	X			
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				X
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos.</b>	X			