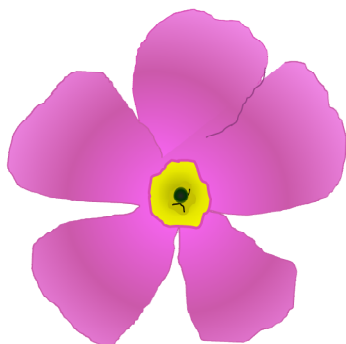


2020

-

2022

PRIO  
CONEX



# INFORME CIENTÍFICO-TÉCNICO



Con el apoyo de:



Cita recomendada:

Tejero et al., 2022. Informe Científico-Técnico del proyecto PRIOCONEX. DIGITAL.CSI.  
<https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/14688>

Colaboran:



Universidade de Vigo



VITORIA  
GASTEIZ  
green capital



ORDESA Y  
MONTE PERDIDO  
PARQUE NACIONAL

Pablo Tejero Ibarra y  
EQUIPO PRIOCONEX

Versión I

30/06/2022

# INFORME

## CIENTÍFICO-TÉCNICO

### DEL PROYECTO PRIOCONEX

para la priorización en la conservación  
*ex situ* de plantas

Pablo Tejero Ibarra<sup>1-2\*</sup>, Maddi Otamendi<sup>1</sup>, Mailaen Arrieta<sup>1</sup>, Mikel Etxeberria<sup>1</sup>, Agustí Agut i Escrig<sup>3</sup>, Brais Hermsilla Lorenzo<sup>3</sup>, Luís Navarro<sup>4</sup>, Montserrat Martínez Ortega<sup>5</sup>, Jorge Calvo Yuste<sup>5</sup>, Teresa Malvar Ferreras<sup>5</sup>, Victor Ezquerro, Angela Ruiz<sup>5</sup>, Luzia Urquiola<sup>1</sup>, Naroa Martínez<sup>1</sup>, Mattin Asiain<sup>3</sup>, Imanol Aguinako<sup>3</sup>, Jon Zabala<sup>3</sup>, José Vicente Ferrández, Sara Palacio<sup>2</sup>, Juan Viruel<sup>6</sup>, Lisa Pokorny<sup>8</sup>, Mario Rincón, Tamara Villaverde<sup>7</sup>, Juan Viruel<sup>6</sup> y Joseba Garmendia Altuna<sup>1</sup>

\*Dirección de contacto: [ptibarr@aranzadi.eus](mailto:ptibarr@aranzadi.eus) o [ptibarra@ipe.csic](mailto:ptibarra@ipe.csic)

<sup>1</sup>Aranzadi Zientzia Elkartea

<sup>2</sup>Instituto Pirenaico de Ecología

<sup>3</sup>Jardín Botánico de Olárizu

<sup>4</sup>Universidad de Vigo

<sup>5</sup>Universidad de Salamanca

<sup>6</sup>Kew Botanic Gardens

<sup>7</sup>Universidad Rey Juan Carlos

<sup>8</sup>Instituto Botànic de Barcelona

Cita recomendada:

Tejero et al., 2022. Informe Científico-Técnico del proyecto PRIOCONEX. DIGITAL.CSI.

<https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/14688>

204 figuras, 36 tablas, 68 fotos y 8 videos.

**Versión I**  
**JACA 30/06/2022**

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





# ÍNDICE

1. Introducción.....	4
1.1 EL PROYECTO PRIOCONEX .....	4
1.2 OBJETIVOS.....	5
2. Materiales y Métodos .....	6
2.1 Especies.....	6
2.1.1 Género <i>Petrocoptis</i> .....	6
2.1.2 Género <i>Androsace</i> .....	9
2.1.2.1 <i>Androsace pyrenaica</i> .....	9
2.1.2.2 <i>Androsace cantabrica</i> .....	11
2.2. Metodología.....	15
2.2.1. FILO COMP .....	16
2.2.1.1 Diseño .....	16
2.2.1.2 Procedimiento.....	20
2.2.1.3. Resultados e interpretación.....	20
2.2.1.3.1 <i>Petrocoptis</i> .....	20
2.2.1.3.2 <i>Androsace cantabrica</i> .....	21
2.2.1.4 Conclusiones generales de FILO-COMP.....	22
2.2.2. GERM COMP .....	23
2.2.2.1 Diseño .....	23
2.2.2.2. Procedimiento.....	24
2.2.2.3. Resultados e interpretación .....	25
2.2.2.3.01 <i>A. cantabrica</i> .....	26
2.2.2.3.02. <i>A. pyrenaica</i> .....	27
2.2.2.3.03 <i>P. crassifolia</i> .....	29
2.2.2.3.04. <i>P. grandiflora</i> .....	32
2.2.2.3.05. <i>P. guarensis</i> .....	35
2.2.2.3.06. <i>P. hispanica</i> .....	38
2.2.2.3.07. <i>P. montserratii</i> .....	41
2.2.2.3.08. <i>P. montsicciana</i> .....	44
2.2.2.3.09. <i>P. pardoii</i> .....	47
2.2.2.3.10. <i>P. pseudoviscosa</i> .....	50
2.2.2.3.11. <i>P. pyrenaica ssp glaucifolia</i> .....	53
2.2.2.3.12. <i>P. pyrenaica ssp pyrenaica</i> .....	58
2.2.2.3.13. <i>P. pyrenaica ssp viscosa</i> .....	61
2.2.2.3.13.1 Seguimiento temporal de la germinación en <i>Petrocoptis pyrenaica ssp viscosa</i> .....	64
2.2.2.3.14 <i>Petrocoptis sp</i> .....	68
2.2.2.4 Conclusiones generales de GERM-COMP.....	70
2.2.3 CULT COMP .....	71
2.2.3.1 Diseño .....	71
2.2.3.2 Procedimientos .....	72
2.2.3.3. Resultados e interpretación .....	74
2.2.3.3.1 Fase I .....	75
2.2.3.3.1.1 Germinación en la Fase 1 de CULT-COMP .....	76
2.2.3.3.1.2 Desarrollo y supervivencia en la Fase 1 de CULT-COMP .....	81
2.2.3.3.1.3 Datos climáticos de la Fase 1 de CULT COMP .....	86
2.2.3.3.2 Fase II .....	89
2.2.3.3.2.1 Germinación en la Fase 2 de CULT-COMP .....	89
2.2.3.3.2.2 Desarrollo y supervivencia en la Fase 2 de CULT-COMP .....	94
2.2.3.3.3 Fase III .....	100
2.2.3.4 Conclusiones generales de CULT-COMP .....	101
3. Discusión de la metodología .....	102
3.1 Aciertos de la metodología .....	102
3.2 Debilidades de la metodología y mejoras necesarias.....	103
3.3 Discusión integrada por grupo de trabajo.....	104
3.4. Recolecciones en Espacios Naturales Protegidos.....	106
4. Propuestas de priorización.....	108
4.1 <i>Petrocoptis sp</i> .....	108
4.2 <i>Androsace cantabrica</i> .....	111
5. Agradecimientos .....	113
6. Bibliografía .....	113
7. ANEXOS: 13 Fichas Técnicas.....	114

# PRIO CONEX

**Priorización para la conservación *ex situ* de poblaciones de plantas de alta vulnerabilidad al cambio climático y con incertidumbre taxonómica.**

*PRIOCONEX cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.*

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



# 1. Introducción

Este documento pretende exponer brevemente la filosofía del proyecto PRIOCONEX, sintetiza los resultados principales y en base a ellos, se realiza una primera propuesta de priorización para la conservación de las especies objeto de estudio. En ella, que se integra toda la información adquirida hasta el momento gracias al proyecto.

## 1.1 EL PROYECTO PRIOCONEX

El proyecto PRIOCONEX, “PRIOrización para la CONservación *EX situ*”, surgió por la necesidad de dotar a la conservación *ex situ* de plantas de herramientas que permitan priorizar esfuerzos laborales y económicos maximizando los objetivos perseguidos. En este sentido, se identificaron diferentes puntos de mejora en los procedimientos de elección de poblaciones y especies para ser conservadas en los bancos de germoplasma, los cuales se enumeran a continuación:

- 1) Existen aún muchas especies de plantas que no están validadas o confirmadas. Acotar especies no siempre es fácil, ya que la evolución es un proceso continuo y en ocasiones nos encontramos poblaciones que se encuentran en un proceso de especiación inconcluso o emergente. Sin entrar en más detalles teóricos, para la gestión y la conservación es fundamental poder delimitar especies. Esta responsabilidad de resolver las incertidumbres taxonómicas existentes recae en el ámbito científico. La ciencia que se encarga de ello es la sistemática y se basa en el estudio morfológico y genómico, en nuestro caso de las plantas, de manera integrada. Las nuevas técnicas moleculares desarrolladas en los últimos años están posibilitando resolver y entender el puzzle evolutivo que algunos grupos de plantas complejos representaban. PRIOCONEX recoge la necesidad largamente apuntada de conocer la validez de las especies que se recogen en los bancos de germoplasma.
- 2) Las colecciones de germoplasma han priorizado tradicionalmente el representar el mayor número de especies. En la actualidad, los mayores bancos de germoplasma del mundo como puede ser el Millenium Seed Bank del Real Jardín Botánico de Kew, albergan un alto número de especies, por lo tanto es el momento de plantearse qué diversidad genética de esa especie se tiene recogida en las colecciones. Intuitivamente se asume que para ampliar la representación de una especie en un banco de germoplasma se debe recurrir a una población geográficamente o ecológicamente distante de las ya guardadas. Esta aproximación puede no ser acertada en todos los casos, ya que los patrones de diversidad genética que presentan las plantas son muy variables y están lejos de ser predecibles con facilidad. En este sentido, los estudios genómicos que desvelen la diversidad genética y rareza genética suponen una herramienta importante para priorizar esfuerzos y concentrarlos en aquellas colecciones que mejor completan el acervo genético global de la especie de interés. PRIOCONEX asume la necesidad de integrar esta aproximación y la pone en marcha con tres grupos de especies.
- 3) El cambio climático es una realidad a la que nos está costando adecuarnos como sociedad. En ese sentido, y aunque se lleva un par de décadas estudiando este fenómeno global en el ámbito de la conservación de plantas, aun no se han cosechado grandes resultados con aplicación directa. Desde luego hay que ser consciente de la

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo

dificultad que entraña pronosticar sobre el futuro, algo arriesgado e incómodo desde el ámbito científico que se basa en hipotetizar, observar, repetir y analizar. La dinámica climática de nuestro planeta transcurre obviamente a tiempo real y no se podrá ajustar nunca a un experimento ajustado a los estándares científicos. Sin embargo, la sociedad y las autoridades demandan de la ciencia respuestas para afrontar la conservación de la biodiversidad en un contexto de cambio climático. PRIOCONEX ha afrontado este reto necesario con dos premisas, entender cómo están las plantas en la actualidad y cómo afrontaron los cambios climáticos pasados. Sólo conociendo el pasado y presente, podemos aspirar a realizar predicciones que se ajusten al futuro y por tanto sirvan para tomar decisiones de gestión en la actualidad que sean efectivas.

La priorización es una tarea esencial para abordar cualquier actividad de conservación de la biodiversidad. Los diferentes catálogos de protección suelen ser los documentos de referencia para ello. A pesar de estar reiteradamente aconsejado por los especialistas, pocas veces se consideran criterios genéticos como la diversidad genética y la capacidad adaptativa de las especies ante el cambio climático. Esto hace que los trabajos de conservación *ex situ* no siempre optimicen la respuesta a las necesidades reales de conservación. El objetivo de este proyecto es desarrollar, con especies catalogadas que presentan incertidumbre taxonómica o alta vulnerabilidad ante el cambio climático, una metodología que incorpore los estudios adaptativos y genómicos inter e intra-poblacionales como criterios para la definición de prioridades de conservación *ex situ* a nivel de población y especie. De esta forma, las administraciones competentes podrán integrar estos criterios en sus programas y estrategias de conservación.



Vídeo 1: Presentación del proyecto PRIOCONEX.

## 1.2 OBJETIVOS

- 1) Resolver las incertidumbres taxonómicas y cuantificar la variabilidad genética poblacional de las especies seleccionadas.
- 2) Conocer la plasticidad y adaptabilidad ante el cambio climático de las especies y poblaciones objeto de estudio.
- 3) Integrar los resultados obtenidos en las estrategias de conservación a nivel regional y estatal.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Especies

Se ha trabajado con un total de 13 especies. 11 de ellas pertenecen al género *Petrocoptis* y las restantes son *Androsace cantabrica* y *Androsace pyrenaica*. A continuación se explica el interés de las especies seleccionadas y por qué son apropiadas para el desarrollo de los objetivos y metodología propuesta en PRIOCONEX.

#### 2.1.1 Género *Petrocoptis*.

*Petrocoptis* A. Braun ex Endl., Gen. Pl. Suppl. 2: 78 (1842) es un género endémico del norte peninsular, no se encuentra en ninguna otra parte del mundo. La palabra *Petrocoptis*, acuñada a mediados del siglo XIX por Braun y Endlicher tiene una etimología curiosa porque se interpreta como un calco griego de la palabra latina *Saxifraga* (otro género de plantas descrito previamente) cuyo significado en ambos casos podríamos traducir como “machaca piedras” [πέτρος (πέτρος) “roca” y κόπτω (κόπτω) "machacar"]. De ahí deriva su nombre castellano de rompedieras. En definitiva, Braun y Endlicher apostaron por este nombre haciendo referencia a que este grupo de especies crece exclusivamente en roquedos y extraplomos calizos.

Muchas especies de *Petrocoptis* están incluidas en listas prioritarias de conservación tanto por su especificidad al hábitat rocoso como por su singularidad y distribución limitada. Seguramente lo restringido de su hábitat y las dificultades de dispersión de sus semillas tiene relación con la reducida distribución del género y sus especies. En este sentido, los acantilados calcáreos son uno de los ambientes más extremos para el desarrollo de la vida en nuestra geografía y las *Petrocoptis* son de las pocas plantas que se han especializado a ellos y de hecho se limita a crecer en los mismos.



Foto 1: Población de *Petrocoptis guarensis*.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





Foto 2: Pequeña roseta de *Petrocoptis crassifolia*.

Conocer a fondo las adaptaciones y mecanismos que han permitido este éxito, o trampa evolutiva, son fundamentales para entender la vida vegetal sobre las rocas. Sin embargo, no hay consenso sobre en la sistemática de las especie (Mayol & Rosselló, 1999; Cirés & Prieto, 2015). Diferentes trabajos apuntan incluso a que el género no es válido y otros sugieren que hay especies aun no reconocidas. Flora iberica (Castroviejo & 1990) reconoce los siguientes 11 taxones que utilizaremos en este informe hasta que la revisión taxonómica que comenzamos con PRIOCONEX llegue a su fin.

- Petrocoptis* A. Braun ex Endl., Gen. Pl. Suppl. 2: 78 (1842)
- P. crassifolia* Rouy, Ill. Pl. Eur. ???: 26, tab. 79 (1895)
- P. grandiflora* Rothm. in Cavanillesia 7: 111 (1935)
- P. guarensis* Fern. Casas in Cuad. Ci. Biol. 2: 43, lám. 1 (1974)
- P. hispanica* (Willk.) Pau in Bol. Soc. Aragonesa Ci. Nat. 15: 65 (1916)
- P. montserratii* Fern. Casas, Exsicc. Quaed. Nobis Distr. II 2 (1979)
- P. montsiciana* O. Bolòs & Rivas Mart. in Anales Inst. Bot. Cavanilles 26: 56 (1970)
- P. pardoii* Pau in Actas Soc. Esp. Hist. Nat. 1898: 196 (1898)
- P. pseudoviscosa* Fern. Casas in Cuad. Ci. Biol. 2: 44, lám. 2 (1973)
- P. pyrenaica* (Bergeret) A. Braun ex Walp., Repert. Bot. Syst. 1: 281 (1842)
- P. pyrenaica* subsp. *glaucifolia* (Lag.) P. Monts. & Fern. Casas in Anales Jard. Bot. Madrid 45: 362 (1988)
- P. pyrenaica* subsp. *pyrenaica* (Bergeret) A. Braun ex Walp., Repert. Bot. Syst. 1: 281 (1842)
- P. pyrenaica* subsp. *viscosa* (Rothm.) P. Monts. & Fern. Casas in Anales Jard. Bot. Madrid 45: 362 (1988)



Vídeo 2: *Petrocoptis* en el Pirineo.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



Desde un punto de vista aplicado, el estudio de este género tiene relevancia en diferentes campos. La gestión y conservación de los roquedos necesita de intensos trabajos científicos aún, para poder gestionar la intensa y creciente presión de escalada, así como las obras civiles en congostos y hoces o las canteras y su restauración.



Foto 3: Flor de *Petrocoptis grandifolia*.

Además, parece que la persistencia de estas especies depende de condiciones concretas de temperatura y humedad, lo cual las convierte en excelentes modelos de estudio para entender cómo afrontan las plantas los cambios climáticos.

Las especies y poblaciones de *Petrocoptis* están geográficamente cercanas pero aparentemente aisladas desde hace mucho tiempo. Debido precisamente a este patrón de distribución, el género *Petrocoptis* con sus especies se presenta como un caso de estudio perfecto para entender los procesos evolutivos en general y de especiación en particular. En el contexto del estudio del cambio climático que nos ocupa, es esencial entender cómo se comportaron estas plantas en ciclos glaciares previos.

Tanto para la conservación, su uso en restauración y el estudio de todos los procesos evolutivos y biológicos mencionados, resultan imprescindibles las colecciones de germoplasma y el desarrollo de protocolos de germinación emprendidos en PRIOCONEX.

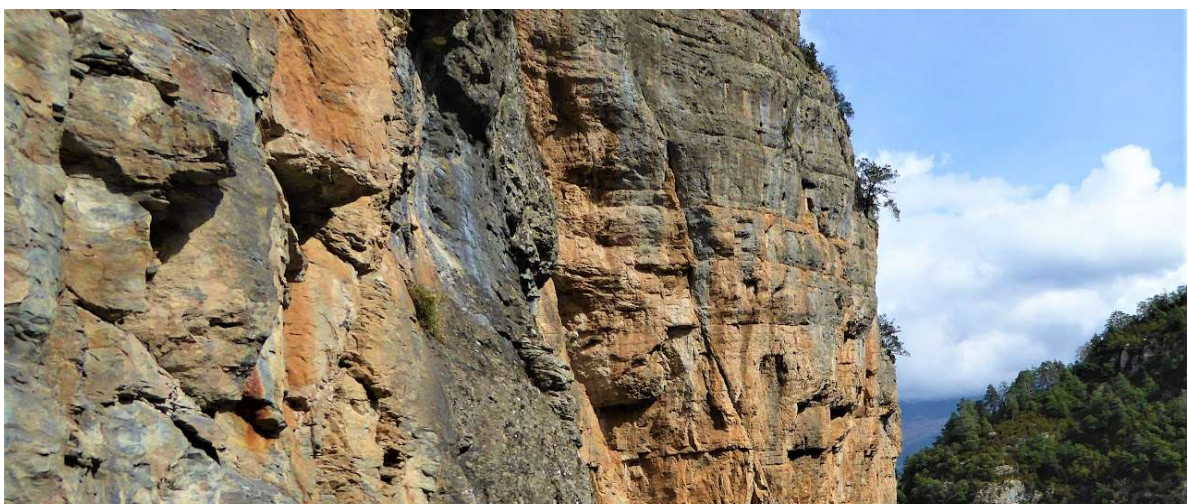


Foto 4: Hábitat de la mayoría de especies de *Petrocoptis*.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



## 2.1.2 Género *Androsace*.

El género *Androsace* L. engloba más de 100 especies de plantas, casi siempre ligadas a ambientes de montaña y en muchos casos de distribución reducida. Es un género que parece haber sufrido una diversificación muy reciente, lo que supone que muchas de las especies aparentemente reconocibles en la actualidad no necesariamente se validen con estudios científicos profundos. El género *Androsace* es muy susceptible a ser objeto de lo que en botánica se conoce como atomización taxonómica y que consiste en la excesiva separación de una especie en varias de distribución más reducida sin bases genéticas sólidas. En este sentido en PRICONEX hemos trabajado con dos especies endémicas ibéricas, *Androsace cantabrica* y *Androsace pyrenaica*.

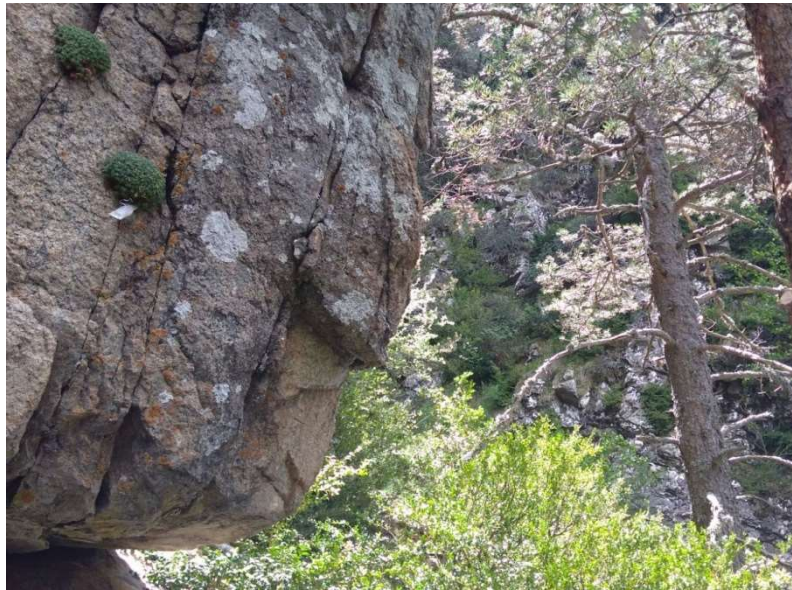


Foto 5: Hábitat preferente de *Androsace pyrenaica*.

### 2.1.2.1 *Androsace pyrenaica*.

*Androsace pyrenaica* Lam., Tabl. Encycl. 1(2): 432 (1792) forma densos cojines y es exclusiva de los roquedos silíceos del Pirineo Central (Castroviejo & 1997). Su carácter restringido la lleva a estar en los catálogos de protección a nivel regional, estatal e internacional. En el presente no parece que la mayoría de sus poblaciones estén en peligro inmediato a pesar del ascenso de temperaturas. Sin embargo, en las poblaciones de especies muy longevas, el vigor de ciertos individuos establecidos en condiciones óptimas en el pasado puede enmascarar las dificultades de persistencia y reemplazamiento de individuos jóvenes, lo cual pone en riesgo la supervivencia a largo plazo. En estas situaciones, las afecciones en las poblaciones se manifiestan bruscamente cuando la cohorte más longeva se ve afectada y no puede ser reemplazada de manera eficaz.

El hecho de que estas plantas vivan prácticamente solas, en grietas y extraplomos generalmente verticales, las convierte en tesoros vivos para el estudio científico, pues permiten investigar cómo una planta es capaz de sobrevivir y completar su ciclo vital en un ambiente hostil y carente de nutrientes, combatiendo incluso la gravedad.

Con el apoyo de:

Colaboran:

Universidad de Vigo





Foto 6: Cojines laxos de *Androsace pyrenaica*.

Además, es una especie que, aunque muy restringida geográficamente, presenta una variación altitudinal en sus poblaciones de unos 1500 metros, pudiendo encontrarla desde las cumbres más altas del Pirineo hasta en roquedos forestales. Esta peculiaridad es también de máximo interés para la ciencia ya que permite estudiar cómo afectan las diferentes condiciones climáticas a las poblaciones extremas y si existe un componente adaptativo.



Vídeo 3: *Androsace pyrenaica*.

Ante este escenario, PRIOCONEX plantea desarrollar un protocolo de germinación eficaz para esta especie, así como conservar sus semillas en los bancos de germoplasma, con el objetivo de estar preparados para posibles refuerzos de poblaciones si los programas de monitorización hacen saltar las alarmas. Además, vamos preparando los análisis genómicos que en el futuro nos permitan conocer más sobre esta fascinante especie.



Foto 7: *Androsace pyrenaica* en flor.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





Foto 8: Crestas donde habita *Androsace cantabrica*.

### 2.1.2.2 *Androsace cantabrica*.

*Androsace cantabrica* (Losa & P. Monts.) Kress in Primulaceen-Stud. 1: 2 (1981) centra nuestra máxima prioridad por su alta vulnerabilidad al cambio climático y su incertidumbre taxonómica.

Exclusiva de las crestas de 2000 metros en las montañas palentinas, cántabras y leonesas, su hábitat se está reduciendo amenazando la persistencia de la especie. En la actualidad crece al abrigo de matorrales ralos de ericáceas (*Calluna vulgaris*, arándanos) y de enebros de porte rastrero en las mencionadas crestas de substrato ácido generalmente silíceo. Cualquier especie que presente distribución restringida, tiene un alto riesgo de afección si las condiciones locales cambian.

El cambio climático y la disminución del pastoreo parecen estar densificando e incrementando el porte de los matorrales de ericáceas y enebro, situación que dificultaría el desarrollo del ciclo vital de *Androsace cantabrica*.

La densificación de la vegetación le perjudicaría incrementando la competencia por la luz al disminuir los espacios óptimos para el crecimiento de *A. cantabrica* y forzando a dedicar más recursos al crecimiento allí donde está establecida.



Foto 9: Crestas donde habita *Androsace cantabrica*.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





Foto 10: Flor de *Androsace cantabrica*.

Además, cada vez resultaría más difícil que los escapos florales sobresalgan de la cobertura vegetal, influyendo negativamente en la polinización y por tanto en las dinámicas demográficas de la especie. A todo esto, hay que unir que no hay margen de migración en altitud, ya que *A. cantabrica* ocupa en la actualidad las crestas más altas de las sierras donde habita.

Tenemos que señalar también, que se desconoce el origen y entidad como especie de *Androsace cantabrica*. Parece que es un híbrido poliploide de dos especies cercanas, *A. halleri* y *A. laggeri*, lo cual quiere decir que habría surgido de la unión del material genético de ambas especies (Castroviejo & al., 1997). No obstante, otros trabajos apuntan a que sus parientes más cercanos están en los Alpes occidentales (Dixon & al., 2008). Esta situación, de confirmarse, abriría un interesante campo de investigación en el marco de las migraciones de las plantas durante los ciclos glaciares.

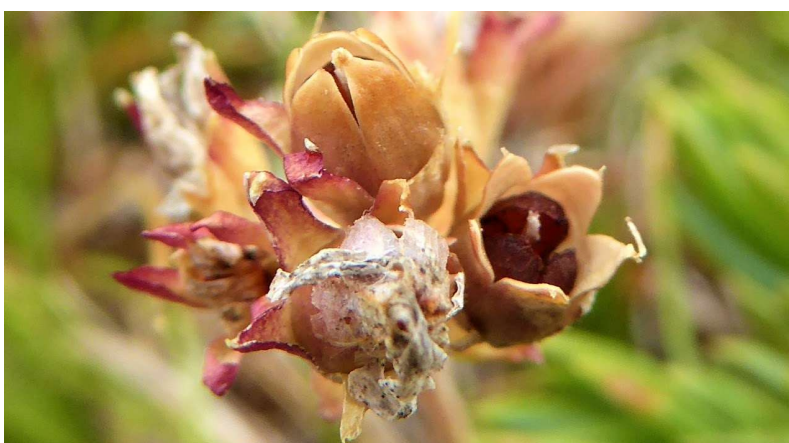


Foto 11: Fruto con semillas de *Androsace cantabrica*.

Por todo ello, el proyecto PRIOCONEX se centra en esclarecer el origen de la especie *Androsace cantabrica* y de la relación entre sus poblaciones conocidas mediante el uso de técnicas genómicas, así como en recabar información sobre la biología reproductiva y producción de semillas para poder desarrollar protocolos de germinación y conservar semillas en los bancos

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



de germoplasma. De esta manera se podrán tomar medidas con margen de tiempo, como el refuerzo de poblaciones, si la amenaza sobre esta especie aumenta como se espera.



Foto 12: Agujas de Cardaño.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





# Metodología

FILO-COMP

GERM-COMP

CULT-COMP

Con el apoyo de:



VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO  
MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



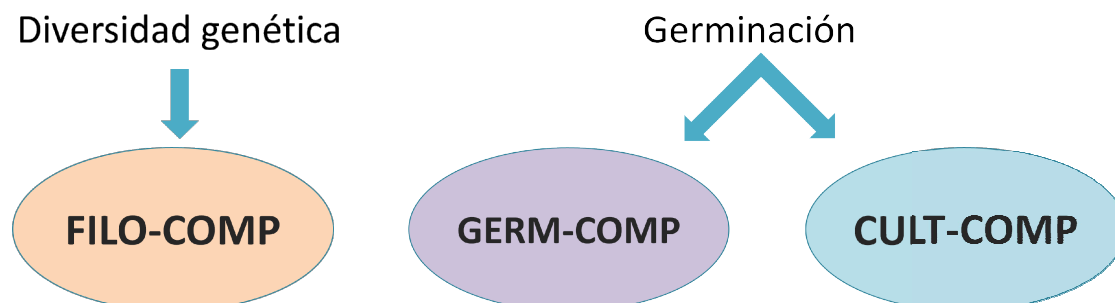
Colaboran:



Universidad de Vigo

## 2.2 Metodología

En el proyecto PRIOCONEX hemos desarrollado una metodología que se asienta en tres pilares: la filogenómica, los ensayos de germinación y los cultivos recíprocos y que se resume en el esquema de la figura 1.



**Figura 1:** Esquema de la metodología PRIOCONEX

El enfoque filogenómico nos ayuda a resolver las incertidumbres taxonómicas, nos permite estimar la diversidad genética de la especie y a reconstruir el parentesco y migraciones pasadas de sus poblaciones. Entender la historia evolutiva de las especies es una de las pocas herramientas que tenemos para predecir cómo pueden actuar en el futuro. Este enfoque desarrollado en FILO-COMP se basa en técnicas genómicas de nueva generación que permiten analizar centenares de genes de centenares de individuos de manera simultánea.

Por otro lado, estudiar la germinación es fundamental, ya que es un proceso necesario para el asentamiento de nuevas poblaciones de plantas y para el rejuvenecimiento de la mayoría de las existentes. Conocer la viabilidad, la tasa y velocidad de germinación es esencial tanto para poder generar individuos a partir de las colecciones de semillas en el futuro, como para evaluar el potencial de reproducción sexual de las poblaciones. Además, las comparaciones de la germinación en diferentes condiciones nos permiten identificar diferencias genéticas potenciales entre poblaciones, información fundamental para una correcta gestión y priorización. Por ejemplo, se puede evaluar si hay poblaciones con óptimos de germinación a temperaturas diferentes e interpretar estos resultados en un contexto de cambio climático. Esta línea de trabajo la hemos denominado GERM-COMP.

Para completar la metodología, en la línea denominada CULT-COMP, se diseñan experimentos recíprocos de jardín común. Es decir, se siembran semillas de diferentes poblaciones o especies en condiciones semejantes para comparar su germinación y crecimiento. A ser posible, esto se repite en tantas condiciones diferentes como sea posible. Idealmente, estos cultivos deberían ser recíprocos, es decir deberían situarse en las mismas localidades de origen de las semillas empleadas, pero no siempre es viable esta aproximación. Este tipo de experimento ayuda a diferenciar entre la plasticidad fenotípica y la fijación genética de los rasgos de interés, por ejemplo la tasa de germinación, la velocidad o forma de crecimiento, etc.

En definitiva, la integración de estas tres líneas aporta una visión completa de las especies en estudio y pretende ayudar a la identificación y gestión de especies y poblaciones amenazadas basada en una metodología con fundamento evolutivo.

A continuación se describen en detalle las tres líneas y se presentan los resultados principales.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



FILO-COMP

2.2.1.1 Diseño

Se ha trabajado con un total de 413 muestras de *Petrocoptis* provenientes de 169 localidades entre recolecciones y muestras de herbario. La tabla 1 resume el número de muestras por taxón destinado a cada tipo de estudio genómico, la filogenia o la genética poblacional.



Vídeo 4: Experimento FILO COMP.

Tabla 1: Material del género *Petrocoptis* utilizado en los análisis genómicos. La X indica que la población ha sido usada para genética de poblaciones.

ACCESIÓN Herbario	Taxón	Código	HUSO	X	Y	Alt.	Individuos filogenia	Gen. Pob.	LIC / Espacio protegido	
JACA R308785	<i>Petrocoptis crassifolia</i>	petcra_ango1	31T	265479	4721580	1680	3		ES0000016/ES241001	
JACA R308786		petcra_ango2	31T	265468	4721721	1700	2	X	ES0000016/ES241001	
JACA R308787		petcra_ango3	31T	265249	4721910	1554	1		ES0000016/ES241001	
JACA R308775		petcra_añis1	31T	260732	4712608	785	1	-	ES0000016/ES241001	
JACA R308776		petcra_añis2	31T	260633	4712888	790	1	-	ES0000016/ES241001	
JACA R308777		petcra_añis3	31T	260633	4712888	802	6	X	ES0000016/ES241001	
JACA R308778		petcra_añis4	31T	258832	4715498	940	1	-	ES0000016/ES241001	
JACA R308781		petcra_card	31T	258558	4721203	1677	6	X	ES0000016/ES241001	
JACA R310260		petcra_cast	31T	263417	4718493	1852	6	X	NA	
JACA R308773		petcra_devo1	31T	270534	4716013	715	3		NA	
JACA R308774		petcra_devo2	31T	270506	4715535	710	3	X	NA	
JACA R308860		petcra_jano1	31T	253852	4705846	639	1	-	ES2410048	
JACA R308861		petcra_jano2	31T	256010	4705368	684	1	-	ES2410068	
JACA R310233		petcra_naba1	31T	257027	4711077	1310	1	-	ES2410050	
JACA R310232		petcra_naba2	31T	256904	4711006	1370	1	-	ES2410050	
JACA R308841		petcra_pard	31T	256153	4722379	1871	1	-	ES0000016/ES241001	
JACA R308782		petcra_puya1	31T	261539	4711130	701	1	-	ES0000016/ES241001	
JACA R308783		petcra_puya2	31T	261206	4711565	718	1	-	ES0000016/ES241001	
JACA R308780		petcra_serc	31T	256384	4716892	988	6	X	NA	
JACA R308784		petcra_sest	31T	259697	4718077	1987	1	-	ES0000016/ES241001	
JACA R308779		petcra_urbe	31T	257935	4716248	950	1	-	ES0000016/ES241001	
LEB103056		<i>Petrocoptis grandiflora</i>	petgra_balo1	29T	681516	4705940	631	1	-	ES4130117/ES413005
JACA R308719			petgra_baro	29T	679006	4707142	551	1	-	NA
JACA R308717			petgra_coba	29T	678388	4704369	488	6	X	ES1130009/ES113004
JACA R308718	petgra_estr		29T	678098	4705978	434	6	X	ES1130009/ES113004	
JACA R308721	petgra_oule		29T	670617	4708788	895	6	X	ES1130009/ES113004	
JACA R308720	petgra_peña		29T	679396	4702647	411	1	-	ES4130117	
JACA R308722	petgra_sobr		29T	676786	4710708	581	1	-	NA	
JACA R308723	petgra_vila		29T	678794	4702997	616	6	X	ES113004	
JACA R308753	<i>Petrocoptis guarensis</i>		patgua_rode	30T	740650	4686103	750	1	-	ES2410025/ES241012
JACA R308748		petgua_alqu1	31T	254875	4673314	544	1	-	ES2410025/ES241012	
JACA R308749		petgua_alqu2	31T	254795	4673323	618	1	-	ES2410025/ES241012	
JACA R287749		petgua_andr	30T	7405**	46861**	708	1	-	ES2410025/ES241012	
JACA R308754		petgua_bier	30T	740623	4674508	580	6	X	ES2410025/ES241012	
JACA R308755		petgua_cuna	31T	257984	4676537	785	1	-	ES2410025/ES241012	
JACA R308750		petgua_leci	31T	255711	4678247	682	6	X	ES2410025/ES241012	
JACA R308751		petgua_naya1	30T	739065	4679533	875	3		ES2410025/ES241012	
JACA R308752		petgua_naya2	30T	738966	4679580	865	3	X	ES2410025/ES241012	
JACA R308811	<i>Petrocoptis hispanica</i>	pethis_ague1	30T	690171	4739780	1713	1		ES2410003/ES241010	
JACA R308812		pethis_ague2	30T	690830	4740133	1861	1	X	ES2410003/ES241010	
JACA R308802		pethis_bini1	30T	680494	4723788	615	3		ES2410057/ES241013	
JACA R308803		pethis_bini2	30T	680133	4723316	610	3	X	ES2410057/ES241013	
JACA R308813		pethis_cucu	30T	687927	4710348	1472	1	-	ES241002/ES2410004	
JACA R308807		pethis_esca	30T	662639	4724772	563	1	-	ES2430047	
JACA R308808		pethis_gues	30T	656059	4739610	642	6	X	ES0000132	
JACA R308804		pethis_leir	30T	651111	4723294	1190	1	-	ES0000125	
JACA R308814		pethis_liza	30T	693778	4737027	1480	1	-	ES2410003/ES241010	
JACA R308806		pethis_lumb	30T	639192	4720748	570	6	X	ES2200025/ES220022	
JACA R308791		pethis_mintx	30T	669121	4749954	824	1	-	NA	
JACA R308800		pethis_oroe	30T	702243	4710473	1425	7	-	ES2410061/ES241002	

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



**Tabla 1:** Material del género *Petrocoptis* utilizado en los análisis genómicos. La X indica que la población ha sido usada para genética de poblaciones.

ACCESION Herbario	Taxón	Código	HUSO	X	Y	Alt.	Individuos filogenia	Gen. Pob.	LIC / Espacio protegido
JACA R308801	<i>Petrocoptis montserratii</i>	pethis_sanj	30T	691165	4708759	1140	6	X	ES2410004/ES241002
JACA R308805		pethis_zuri	30T	677202	4741771	880	1	-	ES2410001
ARAN59563		petmts_ague1	30T	681***	4691***	800	1	-	NA
JACA R308796		petmts_canc1	30T	735405	4705425	1868	3	-	NA
JACA R308797		petmts_canc2	30T	735133	4705503	1891	3	X	NA
JACA R308798		petmts_isun1	30T	722717	4710584	1622	1	-	NA
JACA R308863		petmts_peña	30T	686257	4694906	541	1	-	ES2410064
JACA R308862		petmts_rigl1	30T	689420	4689758	821	3	-	ES2410064
JACA R308795		petmts_rigl3	30T	689442	4689754	820	3	X	ES2410064
JACA R308789		petmts_yebr2	30T	724792	4709580	1364	3	-	NA
JACA R308790		petmts_yebr3	30T	724938	4709605	1348	3	X	NA
JACA R308769		petmon_ana	31T	298865	4639004	320	1	-	NA
JACA R308761		petmon_bera	31T	302054	4692935	1138	6	X	NA
JACA R308757		petmon_cama1	31T	325226	4641598	369	1	-	ES5130014/ES510077
JACA R308758	petmon_cama2	31T	324853	4641120	350	1	-	ES5130014/ES510077	
JACA R308756	petmon_cell	31T	324813	4656116	317	6	X	ES5130015/ES510192	
JACA R308762	petmon_chir1	31T	308542	4663528	524	2	-	ES2410042	
JACA R308763	petmon_chir2	31T	308540	4663521	534	3	X	ES2410042	
JACA R308764	petmon_chir3	31T	308601	4663440	528	1	-	ES2410042	
JACA R308759	petmon_comd1	31T	364516	4665366	1200	1	-	ES5130009/ES510189	
JACA R308760	petmon_comd2	31T	364485	4665402	1200	1	-	ES5130009/ES510189	
JACA R308765	petmon_mont	31T	307950	4660638	531	1	-	ES2410042	
JACA R308766	petmon_salt1	31T	304751	4659703	842	3	-	ES2410042	
JACA R308768	petmon_salt3	31T	304614	4659852	3	3	X	ES2410042	
JACA R308770	petmon_tell1	31T	320474	4687086	1643	3	-	ES5130012/ES510272	
JACA R308772	petmon_tell3	31T	320671	4687059	1704	3	X	ES5130012/ES510272	
JACA R310231	petmon_trem	31T	318746	4674907	938	1	-	ES5130012/ES510272	
JACA R308868	petpar_agua	30T	738846	4520201	550	6	X	NA	
JACA R308745	petpar_arca	30T	745935	4516445	726	6	X	NA	
JACA R308739	petpar_balm1	30T	738373	4514320	695	1	-	ES5223029	
JACA R308743	petpar_balm2	30T	738286	4514212	697	1	-	ES5223029	
JACA R308744	petpar_berg	30T	740849	4518767	526	1	-	ES5223029	
JACA R308747	petpar_fron	30T	740422	4519469	540	1	-	ES2420117	
JACA R308742	petpar_long	30T	737309	4514519	685	6	X	ES5223029	
JACA R308746	petpar_monr	30T	743562	4520124	629	1	-	NA	
JACA R308741	petpar_negr	30T	741665	4516184	883	6	X	NA	
JACA R308740	petpar_rigo	30T	738682	4516102	638	1	-	ES5223029	
JACA R308732	petpse_argo1	31T	285185	4701686	773	3	-	ES2410056	
JACA R308733	petpse_argo2	31T	285106	4701791	735	3	X	ES2410056	
JACA R308734	petpse_argo3	31T	284972	4701905	714	1	-	ES2410056	
JACA R308735	petpse_camp	31T	285721	4696700	648	1	-	NA	
JACA R308729	petpse_gava	31T	291712	4705427	1593	6	X	ES2410056	
JACA R308736	petpse_run1	31T	290935	4706834	920	1	-	ES2410009	
JACA R308737	petpse_run2	31T	291170	4707193	1033	1	-	ES2410009	
JACA R308738	petpse_run3	31T	291852	4707555	973	6	X	ES2410009	
JACA R308730	petpse_vent1	31T	290285	4706473	828	6	X	ES2410009	
JACA R308731	petpse_vent2	31T	291415	4707243	850	1	-	ES2410009	
JACA R308832	petgla_ali	30T	353411	4780763	1973	6	X	ES1300001/ES801001	
VIT84090	petgla_ason	30T	45***	478***	460	1	-	ES1300002/ES130007	
JACA R308849	petgla_beje1	30T	367914	4789910	296	3	-	ES1300001	
JACA R308851	petgla_beje3	30T	368519	4790074	287	3	X	ES1300001	
JACA R308829	petgla_boyu	30T	308140	4783300	655	1	-	ES1200008/ES120020	
SALA173130	petgla_cald	30T	267130	4757372	1220	1	-	ES4130035/ES413001	
JACA R308833	petgla_care	30T	351571	4794441	189	1	-	NA	
JACA R308831	petgla_cigu	30T	325284	4758853	1151	6	X	ES4130003/ES413004	
JACA R308842	petgla_coli	30T	440631	4741769	623	1	-	ES4120089/ES412006	
VIT87433	petgla_cov	30T	434***	4732***	700	1	-	ES4120089/ES412006	
JACA R308838	petgla_cova	30T	333447	4797009	249	1	-	ES1200001/ES801001	
JACA R309274	petgla_dobr	30T	366353	4769003	936	1	-	ES1300001	
JACA R308844	petgla_emil	29T	744563	4760342	1158	6	X	ES4130035/ES413001	
LEB19334	petgla_forc	30T	-	-	-	1	-	NA	
JACA R310262	petgla_gord	30T	281848	4749500	1020	1	-	NA	
JACA R308830	petgla_gove	30T	307824	4786355	578	1	-	ES1200008/ES120020	
JACA R308855	petgla_lint	30T	443103	4792077	236	6	X	ES1300002	
JACA R308834	petgla_llan	30T	360199	4777045	614	1	-	NA	
SALA173129	petgla_luna	30T	264975	4755599	1120	1	-	ES4130035/ES413001	
JACA R308835	petgla_nise	30T	363918	4798066	66	1	-	NA	
JACA R308837	petgla_parc	30T	324409	4793702	183	1	-	ES1200009	
JACA R308845	petgla_parm	29T	739966	4778040	685	1	-	ES1200010/ES120053	
JACA R308848	petgla_pind	30T	375862	4806101	43	1	-	ES0000319	
JACA R308836	petgla_ponc	30T	349982	4790417	321	6	X	ES1200001/ES801001	
JACA R308840	petgla_pont	30T	335095	4777151	840	1	-	ES0000003/ES801001	
MA324325	petgla_port	30T	348***	4748***	1275	1	-	NA	
JACA R308852	petgla_pote	30T	370836	4784157	236	1	-	ES1300001	
JACA R308846	petgla_proa	29T	740691	4790685	227	1	-	ES1200012	
VAL75107	petgla_pven	29T	69***	477***	1370	1	-	NA	
SALA173125	petgla_raba1	30T	257751	4758111	1120	1	-	ES4130035/ES413001	
SALA173126	petgla_raba4	30T	257596	4758110	1130	1	-	ES4130035/ES413001	
MA395163	petgla_riba	30T	-	-	-	1	-	NA	
SALA173132	petgla_rob1	30T	262910	4757436	1170	1	-	ES4130035/ES413001	

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



**Tabla 1:** Material del género *Petrocoptis* utilizado en los análisis genómicos. La X indica que la población ha sido usada para genética de poblaciones.

ACCESION Herbario	Taxón	Código	HUSO	X	Y	Alt.	Individuos filogenia	Gen. Pob.	LIC / Espacio protegido	
MA324328		petgla_saja	30T	-	-	-	1	-	NA	
JACA R308839		petgla_sell	30T	331296	4783474	353	6	X	ES1200009/ES120049	
JACA R308843		petgla_sil	29T	712782	4752650	1051	1	-	ES0000210	
JACA R308853		petgla_somi	29T	723348	4777403	700	1	-	ES0000054/ES1200003	
JACA R308828		petgla_tana	30T	316918	4777034	902	1	-	ES1200008/ES120020	
LEB420		Petgla_tras	30T	-	-	-	1	-	NA	
JACA R310261		petgla_tres	30T	365524	4791054	750	1	-	ES1300001/ES801001	
JACA R308847		petgla_tuño	30T	257976	4797801	181	6	X	ES1200052	
MA246734		petgla_ubíñ	30T	-	-	-	1	-	NA	
MA337067		petgla_vald	30T	451***	4746***	725	1	-	ES4102294	
JACA R308827		petgla_vega2	30T	292708	4753201	1071	1	-	ES4130037	
JACA R308821		petpyr_aia	30T	598467	4793773	598	6	X	ES2120016/ES212007	
JACA R308822		petpyr_aral	30T	579322	4761832	1096	1	-	ES2120011	
JACA R308815		petpyr_arce1	30T	489428	4737515	1220	3	-	ES2110024	
JACA R308817		petpyr_arce3	30T	489840	4737542	1229	3	X	ES2110024	
JACA R308819		petpyr_arri	30T	631154	4785171	892	6	X	ES0000122	
JACA R308824		petpyr_aspe	30T	699773	4737937	2100	1	-	NA	
JACA R308877		petpyr_aubi	30T	718684	4761417	1515	1	-	NA	
JACA R308820		petpyr_bela	30T	674443	4755569	968	1	-	ES2200009	
JACA R308873	<i>Petrocoptis pyrenaica ssp pyrenaica</i>	petpyr_beri	30T	584383	4748676	1300	6	X	ES220118/ES2200021	
JACA R21105		petpyr_bisa	30T	694***	4740***	2200	1	-	ES241010/ES2410003	
JACA R95382		petpyr_coll	30T	705***	4731***	2025	1	-	ES2410023	
JACA R309040		petpyr_etsa	30T	697927	4754416	487	1	-	NA	
JACA R310230		petpyr_ip	30T	704***	4733***	1560	1	-	ES2410023	
JACA R308823		petpyr_lako	30T	676796	4757761	1615	6	X	ES0000123	
JACA R99656		petpyr_larr	30T	669***	4765***	430	1	-	NA	
JACA R54114		petpyr_laxi	30T	629***	4796***	250	1	-	NA	
JACA R308818		petpyr_leni	30T	683913	4743959	2056	6	X	ES241010/ES2410003	
JACA R308875		petpyr_lito1	30T	721014	4759465	1360	3	-	NA	
JACA R308876		petpyr_lito2	30T	720968	4759699	1361	3	X	NA	
JACA R308874		petpyr_orhi	30T	662615	4761172	1920	1	-	ES0000126	
JACA R309285		petpyr_petr	30T	683100	4751821	1783	1	-	ES241010/ES2410003	
JACA R308825		petpyr_sarr	30T	695331	4769233	286	1	-	NA	
JACA R308728		<i>Petrocoptis pyrenaica ssp viscosa</i>	petvis_chan	29T	686006	4705067	613	6	X	ES4130117/ES413005
JACA R308724			petvis_corn	29T	689575	4706511	818	6	X	ES4130117
JACA R308725	petvis_ferr1		29T	692504	4703700	1409	3	-	ES4130117	
JACA R308726	petvis_ferr2		29T	692505	4703695	1411	3	X	ES4130117	
JACA R308727	petvis_ferr3		29T	692702	4703705	1453	1	-	ES4130117	
JACA R310263	petvis_pria		29T	689714	4706270	650	1	-	ES4130117	
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>169</b>	-	-	-	-	<b>413</b>	<b>52</b>		



**Foto 13:** Cojines de *Petrocoptis pyrenaica ssp pyrenaica* en el Parque Nacional de Los Picos de Europa.

Con el apoyo de:



Colaboran:



UniversidadeVigo

FILO-COMP

Se ha trabajado con un total de 37 muestras de *Androsace cantabrica* de 12 localidades diferentes. La tabla 2 resume el número de muestras por taxón destinado a cada tipo de estudio genómico

**Tabla 2:** Material de *Androsace cantabrica* utilizado en los análisis genómicos. La X indica que la población ha sido usada para genética de poblaciones.

ACCESION Herbario	Taxón	Código	HUSO	X	Y	Alt.	Individuos filogenia	Gen. Pob.	LIC / Espacio protegido
JACA-R308670	<i>Androsace cantabrica</i>	andcan_sest1	30T	389672	4758177	2044	6	X	ES4140011/ES414001
JACA-R308692		andcan_asti	30T	390825	4758494	1948	1	-	ES1300021
JACA-R308668		andcan_loma	30T	357541	4764167	2331	6	X	ES1300003/ES413004
JACA-R308667		andcan_cori	30T	353494	4772162	2084	6	X	ES1300001/ES801001
JACA-R308672		andcan_labra1	30T	386971	4763968	2087	6	X	ES1300021
JACA-R308671		andcan_labra2	30T	386580	4764775	2147	1	-	ES4140011/ES414001
JACA-R308693		andcan_labra3	30T	386088	4765616	2051	1	-	ES1300021
JACA-R308694		andcan_labra4	30T	385808	4766304	2047	1	-	ES1300021
JACA-R309275		andcan_cord1	30T	390529	4767171	2036	1	-	ES1300021
JACA-R309276		andcan_cord2	30T	390278	4767241	2052	6	X	ES1300021/ES130004
JACA-R309277		andcan_hoya1	30T	360252	4760498	2172	1	-	ES4140011/ES414001
JACA-R309279		andcan_hoya3	30T	360231	4760452	2204	1	-	ES4140011/ES414001
<b>Total</b>		<b>12</b>	-	-	-	-	<b>37</b>	<b>5</b>	

En la tabla 3 se resume el número de muestras de *Androsace pyrenaica* que se encuentran en la actualidad en los laboratorios del Instituto Pirenaico de Ecología para su análisis próximo como continuación del presente proyecto. Por el momento se dispone de 66 muestras de 16 localidades, y ya se están secuenciando 10 muestras con las que obtener una filogenia preliminar.

**Tabla 3:** Material de *Androsace pyrenaica* disponible para análisis genómicos. Los números sin paréntesis son muestras procesadas y entre paréntesis las muestras recolectadas que se espera analizar en el futuro. La X indica que la población ha sido usada para genética de poblaciones.

ACCESION Herbario	Taxón	Código	HUSO	X	Y	Alt.	Individuos filogenia	Gen. Pob.	LIC / Espacio protegido
JACA-R308660	<i>Androsace pyrenaica</i>	andpyr_sest1	31T	259653	4717498	2000	1 (6)	X	ES0000016/ES241001
JACA-R309400		andpyr_sen1	31T	285906	4722194	2405	1 (6)	X	ES0000149/ES241011
JACA-R310254		andpyr_bar1	31T	276929	4724897	2450	1 (6)	X	-
JACA-R310252		andpyr_trig2	31T	275603	4731352	2455	1 (6)	X	ES2410052
JACA-R310255		andpyr_aigu1	31T	289379	4721137	2147	1 (6)	X	ES0000149/ES241011
JACA-R310253		andpyr_barr1	31T	268388	4731516	1595	1 (6)	X	ES2410052
JACA-R310250		andpyr_sets2	31T	259871	4717527	1982	1	-	ES2410051
JACA-R310251		andpyr_sest3	31T	259949	4716925	2002	1	-	ES2410051
JACA-R310248		andpyr_muni1	31T	264731	4731137	2461	1 (6)	X	ES2410052
JACA-R310249		andpyr_muni2	31T	264197	4732668	2599	(6)	X	ES2410052
JACA-R310256		andpyr_robi	31T	264996	4731069	2576	(6)	X	ES2410052
JACA-R310257		andpyr_coma	31T	266767	4730153	2266	(1)	-	-
JACA-R310258		andpyr_mota	31T	268550	4729836	2535	(6)	X	ES2410052
JACA-R310259		andpyr_urdi	31T	276890	4726454	2634	(6)	X	ES2410052
JACA-R310264		andpyr_barb1	31T	287067	4720445	2330	(1)	-	ES0000149/ES241011
JACA-R310264		andpyr_barb2	31T	287455	4720664	2652	(1)	-	ES0000149/ES241011
<b>Total</b>		<b>16</b>	-	-	-	-	<b>71</b>	<b>11</b>	

FILO-COMP

### 2.2.1.2 Procedimiento

Tras la extracción de ADN, se realizaron librerías usando el Kit NEBNext Ultra II con fragmentasa para Illumina, marcando el ADN de cada muestra con índices dobles en combinación única. Posteriormente se realizó la captura genómica usando el kit MyBates Angiosperms 353 de Arbor Bioscience (Johnson & al., 2018), para proceder a la secuenciación en NovaSeq6000 enviando las muestras a la compañía Macrogen.

Este trabajo lo hemos realizado en las instalaciones del Biobanco de ADN de la Universidad de Salamanca, en el Jardín Botánico de Kew y en el Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC.

### 2.2.1.3. Resultados e interpretación.

#### 2.2.1.3.1 *Petrocoptis*.

Se han enviado a secuenciar 411 secuencias en el experimento de *Petrocoptis* (403 individuos de *Petrocoptis* y 8 fuera de grupo) que representan 162 localidades para el estudio filogenético y 51 localidades para estimas de variabilidad genética poblacional. En el momento de la redacción de la primera versión del presente informe se acaban de recibir las secuencias de los primeros 250 individuos.



Foto 14: Anteras y granos de polen de *Petrocoptis crassifolia* cultivada en PRIOCONEX. Efecto negativo.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





FILO-COMP

2.2.1.3.2 *Androsace cantabrica*.

La reconstrucción filogenética y los cálculos de diversidad poblacional de *Androsace cantabrica* se hicieron con 3400 posiciones variables. La figura 2 muestra que *A. cantabrica*, en azul, es una especie monofilética, estrechamente emparentada con *A. halleri*, *A. laggeri* y *A. pyrenaica*. En la figura 3 se muestra el análisis de componentes principales, donde se aprecian tres grandes grupos que corresponden. uno de ellos al macizo de Curavacas y Peña Prieta y los otros dos a la zona de Sierra Labra y Sierra del Cordel. Hay individuos intermedios entre los dos grupos diferenciados en la zona este de ocupación de la especie (Sierra Labra y Cordel), lo cual tiene sentido debido a la conectividad existente hoy día.

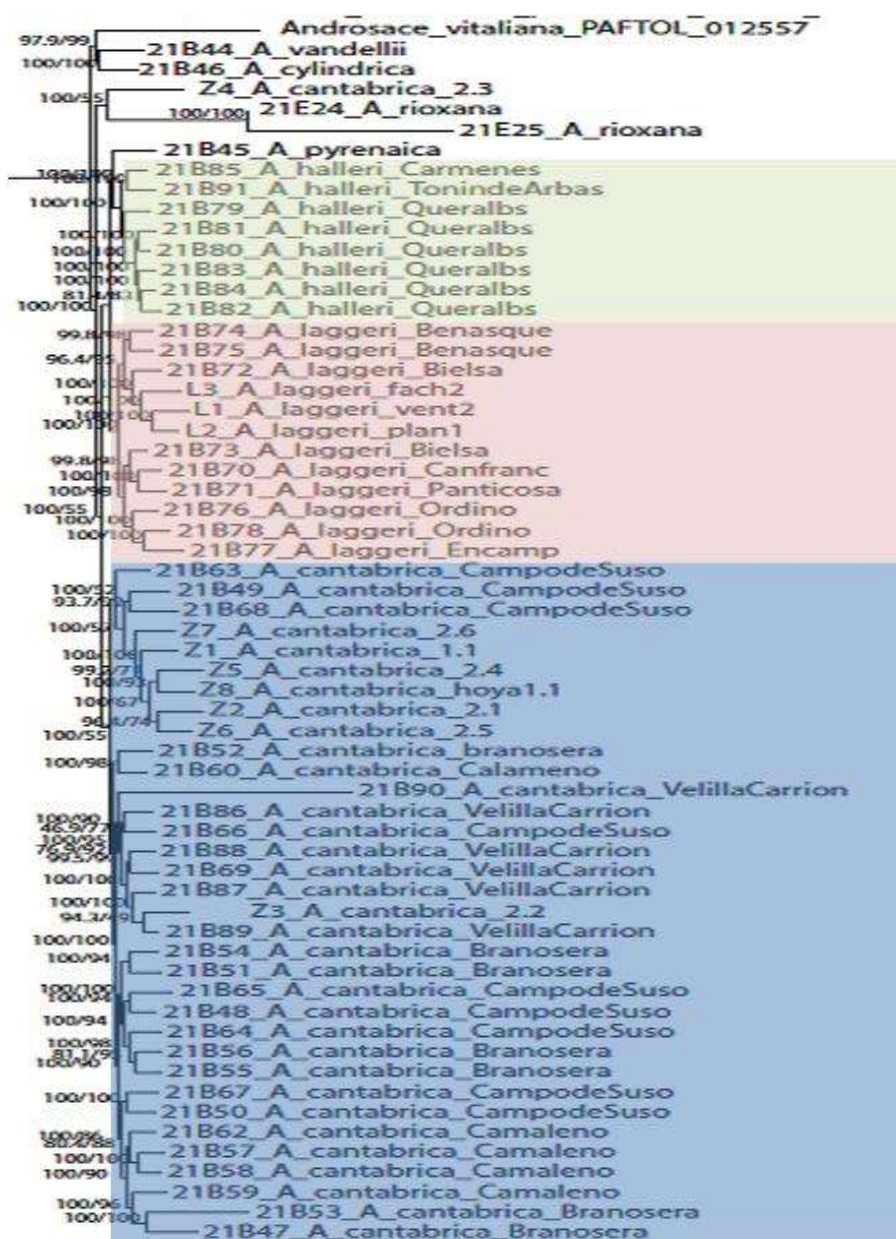


Figura 2: Filogenia resultante del experimento FILO-COMP para *Androsace cantabrica* y sus especies emparentadas.

FILO-COMP

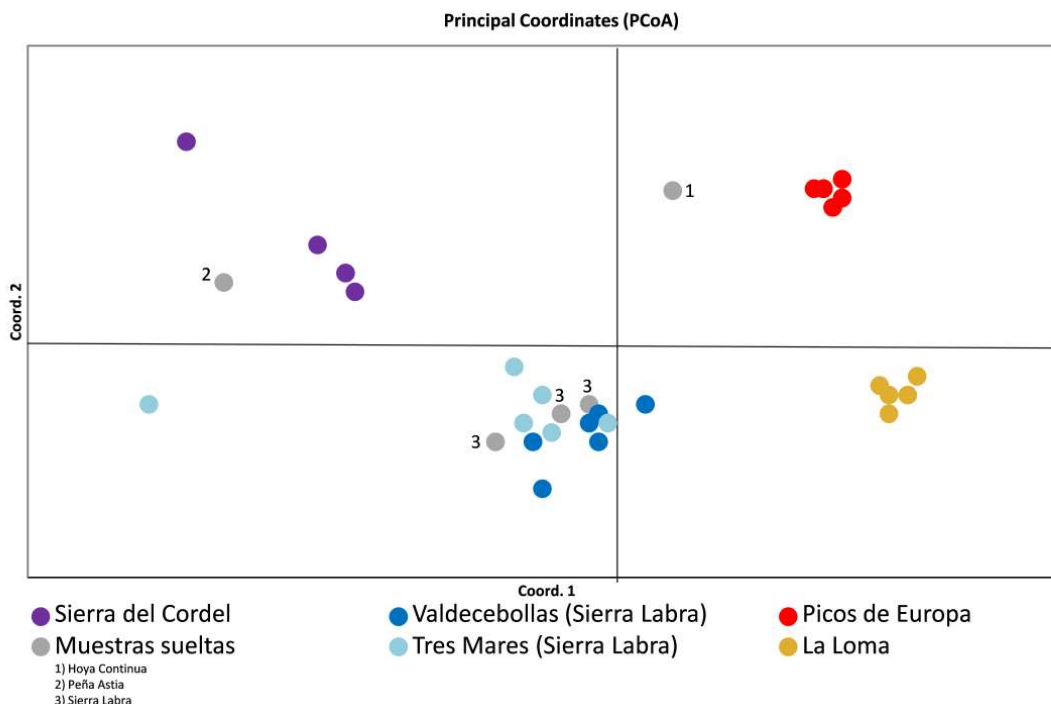


Figura 3: Análisis de componentes principales para las poblaciones de *Androsace cantabrica* resumiendo la variabilidad nucleotídica.

Finalmente, la tabla 4 muestra los diferentes valores de diversidad genética estimados para las diferentes poblaciones. En general son valores bastante homogéneos, indicando que hay alta diversidad genética, aunque las dos poblaciones occidentales (Picos de Europa y La Loma) presentan valores menores para la mayoría de los índices. Estos altos valores de diversidad están reflejando seguramente el origen poliploide de la especie, apoyado por la notoriamente mayor heterocigosidad observada que esperada, algo altamente improbable en situaciones diploides cercanas al equilibrio Hardy Weinberg y completamente opuesto a lo esperado para poblaciones pequeñas, donde la deriva promueve la pérdida de heterocigosidad al favorecer la fijación de alelos.

Tabla 4: Diversidad genómica estimada para 5 poblaciones de *Androsace cantabrica*.

Población	N	Na	I	Ho	He	%P
Picos de Europa	6	1.67 (0.008)	0.42 (0.005)	0.53 (0.007)	0.30 (0.004)	66.68
Pico La Loma	5	1.68 (0.008)	0.43 (0.005)	0.53 (0.007)	0.30 (0.004)	68.65
Valdecebollas	6	1.77 (0.007)	0.45 (0.005)	0.52 (0.007)	0.31 (0.003)	77.24
Tres Mares	6	1.78 (0.007)	0.46 (0.005)	0.53 (0.007)	0.32 (0.003)	78.41
Sierra del Cordel	5	1.74 (0.008)	0.43 (0.005)	0.47 (0.007)	0.30 (0.004)	73.53
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>1.73 (0.003)</b>	<b>0.44 (0.002)</b>	<b>0.51 (0.003)</b>	<b>0.30 (0.001)</b>	<b>73.09</b>

### 2.2.1.4 Conclusiones generales de FILO-COMP.

Estos resultados son útiles para la gestión pues confirma la validez de la especie, identifica 3 grupos genéticamente diferenciables, apoya su origen autoploide y refleja un escenario para *Androsace cantabrica* con alta diversidad general pero con un descenso en las poblaciones del oeste de la distribución. Además, estos resultados trabajarán en profundidad en una publicación científica revisada por pares.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



GERM-COMP

2.2.2.1 Diseño

GERM COMP es un estudio que compara la germinación en placa de las semillas que producen las especies objeto de estudio. Con él, queremos entender cómo puede afectar el ascenso de temperaturas a la germinación y por tanto a la viabilidad y futuro de las poblaciones de las especies vulnerables que estudiamos: género *Petrocoptis*, *Androsace cantabrica* y *Androsace pyrenaica*.



Figura 4: Semillas de las diferentes especies con las que se ha trabajado en PRIOCONEX.

Hemos trabajado con 360 semillas por población en el caso de *Petrocoptis* y con 600 en el caso de *Androsace*. En el caso de *Androsace*, hemos trabajado con una población por especie. En el caso de las *Petrocoptis*, hemos trabajado con dos poblaciones de cada taxón reconocido en Flora iberica, menos para *P. pyreneica ssp glaucifolia* que hemos incluido 4 poblaciones.

GERM-COMP se basa en la comparación de la tasa y tiempo de germinación de las semillas a diferentes temperaturas (figura 5). Para ello, hemos dividido las semillas de cada población en 3 tratamientos, que consisten en incubar durante 6 semanas las semillas en temperaturas diferentes, tras dos semanas previas de estratificación fría a 4 C°:

\*FRIO: 14/4 C°

\*TEMPLADO: 22/12 C°

\*CALIDO: 30/20 C°

Diferenciamos dos temperaturas, la primera corresponde a la simulación del día (con luz) y la segunda a la de la noche (sin luz), es decir, el fotoperiodo ha sido de 12/12 horas.

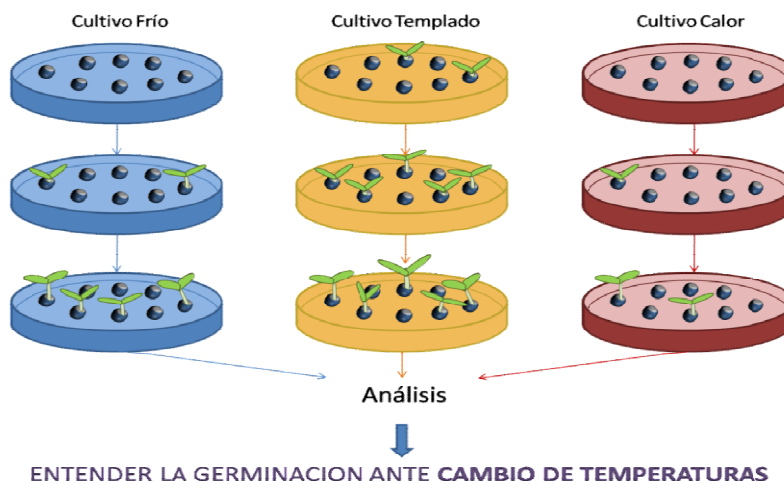


Figura 5: Diseño experimental básico de GERM-COMP.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo

\*Para *Androsace*, además, hemos cuadruplicado el tratamiento para probar el efecto del fotoperiodo y la giberelina (hormona que favorece la germinación) con el objetivo de poner a punto un protocolo eficiente en el mismo experimento basado en experiencias previas (Arslan & al., 2011) con *Androsace villosa* (figura 6).

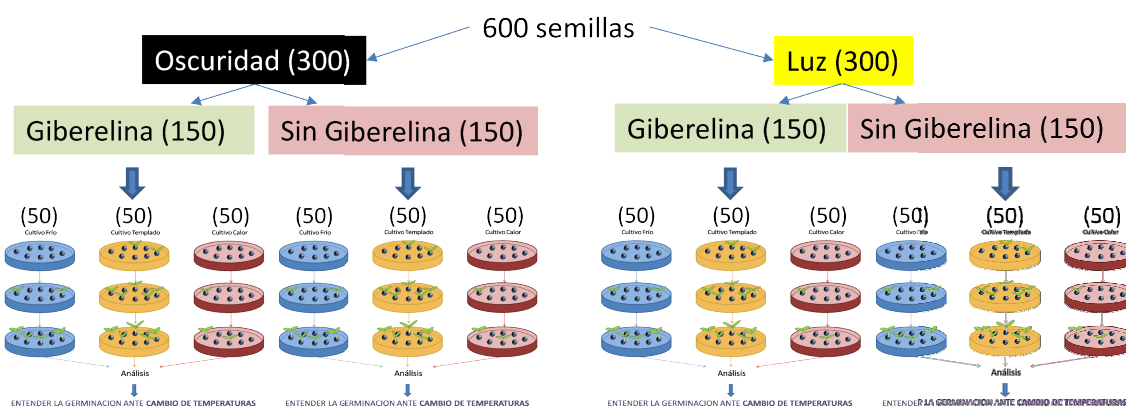


Figura 6: Diseño experimental de GERM-COMP.

\*Para las poblaciones de *Petrocoptis* hemos controlado el efecto de la planta madre, distribuyendo las semillas de igual manera en tres tratamiento atendiendo a su planta productora.



Vídeo 5: Importancia de los Bancos de Germoplasma.

### 2.2.2.2. Procedimiento

- 1) Se sembraron las semillas en placas Petri, de manera ordenada y controlada
- 2) Se cultivaron en las cámaras programadas con los ciclos de luz y temperatura requeridos.

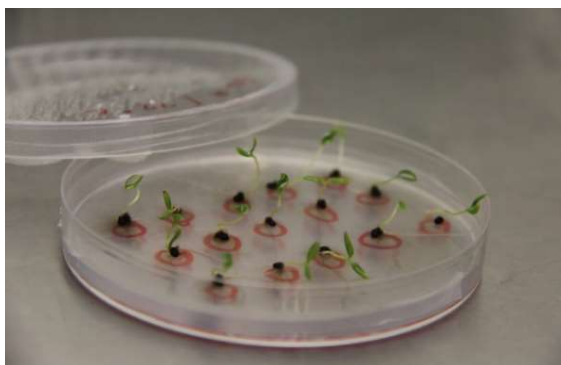


Foto 15: Germinación en placa de *Petrocoptis guarensis*.

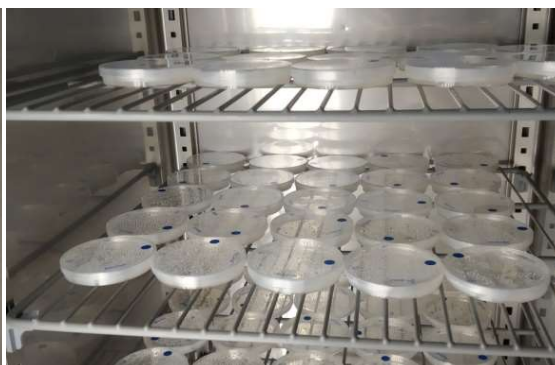


Foto 16: Cámara de cultivo con placas de germinación.

3) Cada lunes, miércoles y viernes se contabilizaron el numero de semillas germinadas en cada placa.

4) Al final del periodo establecido se comprobó la viabilidad de las semillas restantes con la ayuda de la lupa microscópica.

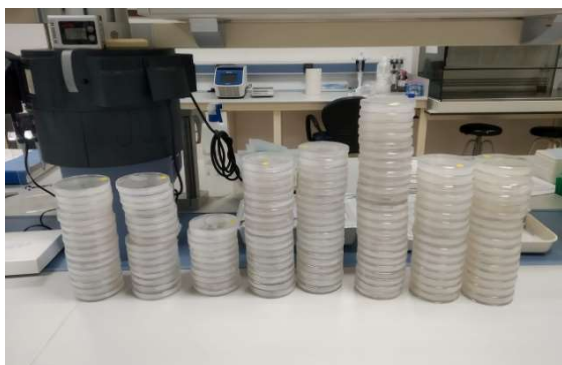


Foto 17: Placas germinadas por población un día de conteo.



Foto 18: Germinación de *Petrocoptis crassifolia*.

Este trabajo lo hemos realizado en las instalaciones de los Bancos de Germoplasma colaboradores del proyecto: Diputación de Gipuzkoa en Fraisoro (Zizurkil) y Jardín Botánico de Olarizu en Vitoria-Gasteiz.



Foto 19: Brais Hermosilla (Olárizu) contando germinaciones.



Foto 20: Maddi Otamendi (Aranzadi) repicando semillas germinadas.

### 2.2.2.3. Resultados e interpretación

El patrón general, acorde con lo esperado, es que a altas temperaturas la germinación es menor. Además en muchos casos, también se retrasa la germinación. Sin embargo, en la comparación entre especies, el género *Petrocoptis* han resultado ser menos sensibles a la temperatura que las especies de *Androsace*. A continuación, se muestran los resultados resumidos por especies y poblaciones que se pueden encontrar de forma detallada en las fichas técnicas adjuntas.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



*Androsace cantabrica*



andcan\_labr1

En la figura 7 se muestra como la germinación de la población de *Androsace cantabrica* de Sierra Labra (andcan\_labr1) sólo fue óptima combinando el tratamiento frío con giberelina y oscuridad. En ausencia de giberelina, solo semillas puntuales germinaron, indicando que el uso de esta hormona es trascendental para la germinación rápida de la especie *in vitro*. La figura 8 muestra claramente la interacción positiva entre el frío y la oscuridad.

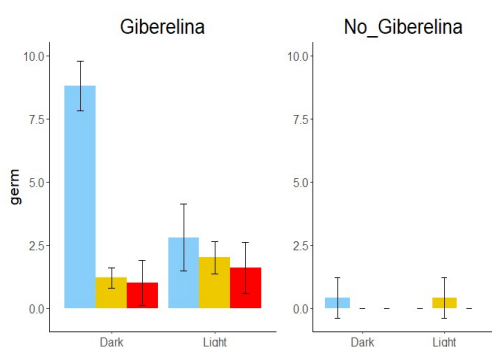


Figura 7: Germinación media de *Androsace cantabrica* por tratamientos de Temperatura con y sin giberelina en luz y oscuridad.

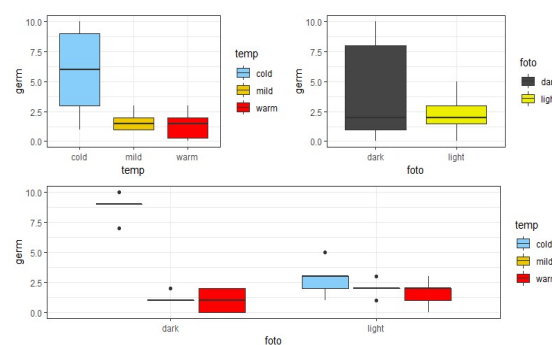


Figura 8: Boxplot de la germinación de *A. cantabrica* en base a temperatura, fotoperiodo e interacción entre ambos factores en presencia de giberelina.

En cuanto al tiempo de germinación, en la figura 9 se puede ver que está muy concentrado en torno a los 20 días (entre dos semanas y media y 3) desde la siembra con giberelina. Con temperaturas frías la tendencia es encontrar germinaciones notoriamente más tardías que desaparecen según incrementa la temperatura del tratamiento. Concretamente en el tratamiento frío se observa un segundo pico de germinación para este tratamiento entre las 4 y 5 semanas. Como el grueso de la germinación se concentra en el mencionado primer pico, parece que la mayor germinación en frío no viene determinada por la necesidad de un periodo de estratificación mucho mayor al aplicado.

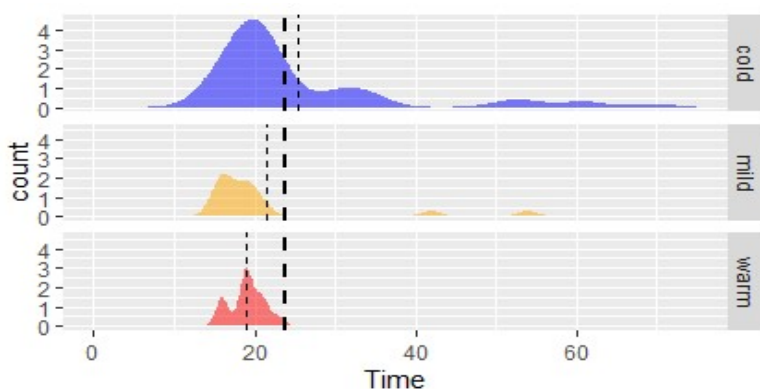


Figura 9: Gráfico de densidad del tiempo de germinación de *A. cantabrica* con giberelina.

La evaluación de la viabilidad realizada con el test de tetrazolio tras los tratamientos, nos indica que el incremento de la temperatura afecta a la viabilidad de las semillas, llevando a la muerte de sus tejidos en muchas de ellas. Estos resultados indican que la principal causa por la que la tasa de germinación es tan baja a temperaturas elevadas es la muerte de las propias semillas.



*Androsace pyrenaica*



andpyr\_sest1

En la figura 10 se muestra como la germinación de la población de *Androsace pyrenaica* de Sestrales 1 (andpyr\_sest1) fue óptima combinando el tratamiento frío con giberelina y oscuridad. En ausencia de giberelina solo germinaron semillas en tasas importantes en el tratamiento frío. A diferencia de *A. cantabrica*, en el caso de *A. pyrenaica* la dependencia de la giberelina para la germinación *in vitro* es menor, aunque recomendable.

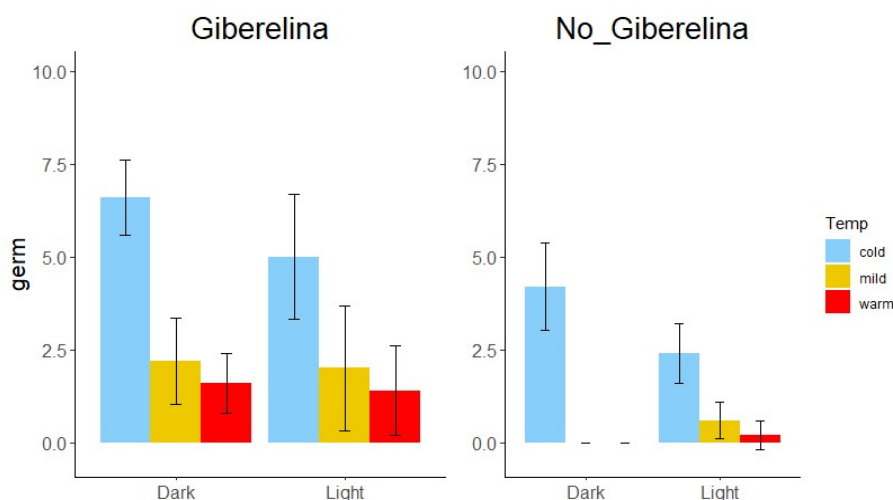


Figura 10: Germinación media de *Androsace pyrenaica* por tratamientos de Temperatura con y sin giberelina en luz y oscuridad.

Las figuras 11 y 12 muestran que la oscuridad supone una leve mejoría en la germinación *in vitro* de *A. pyrenaica* y existe una leve interacción positiva entre el frío y la oscuridad, algo más acentuada en ausencia de giberelina. De la misma manera, se aprecia que en presencia de giberelina, la oscuridad proporciona respuestas menos variables y por lo tanto más fáciles de pronosticar.

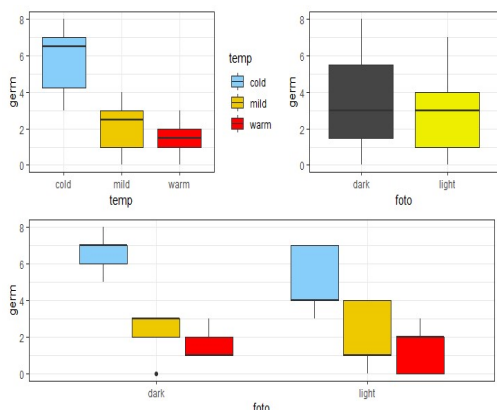


Figura 11: Boxplot de la germinación de *A. pyrenaica* en base a temperatura, fotoperiodo e interacción entre ambos factores en presencia de giberelina.

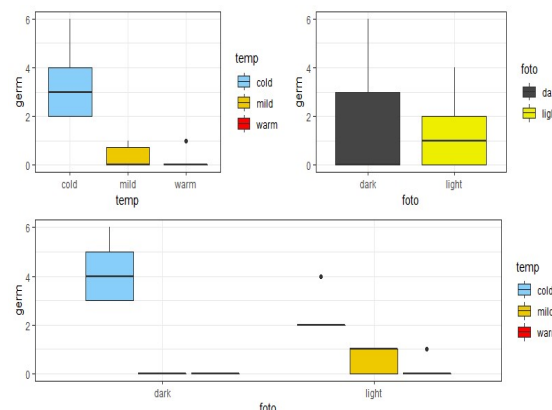


Figura 12: Boxplot de la germinación de *A. pyrenaica* en base a temperatura, fotoperiodo e interacción entre ambos factores en ausencia de giberelina.

En las figuras 13 y 14 se muestra como la germinación en temperaturas frías ocurrió en dos oleadas. El primer pico de germinación se produce a los 30 días (estratificación incluida), pero el segundo se adelanta de los 60 días en ausencia de giberelina a los 40 días cuando se aplica la hormona. El hecho de que el tratamiento frío sin giberelina proporcione este segundo pico de germinación retardado podría indicar la necesidad de mayores tiempos de estratificación para mejorar la germinación de *A. pyrenaica*, situación que se iría dando de manera intermitente en los ciclos nocturnos a 4 grados del tratamiento frío.

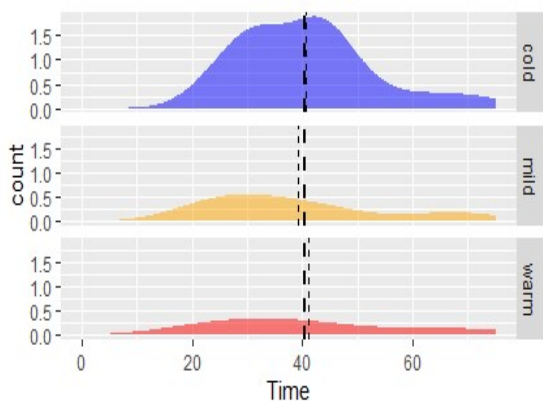


Figura 13: Gráfico de densidad del tiempo de germinación de *A. pyrenaica* con giberelina.

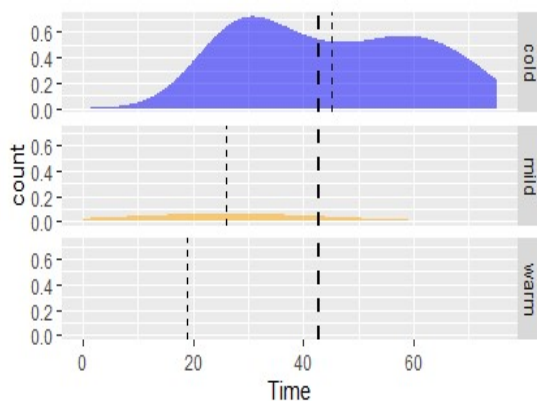


Figura 14: Gráfico de densidad del tiempo de germinación de *A. pyrenaica* sin giberelina.

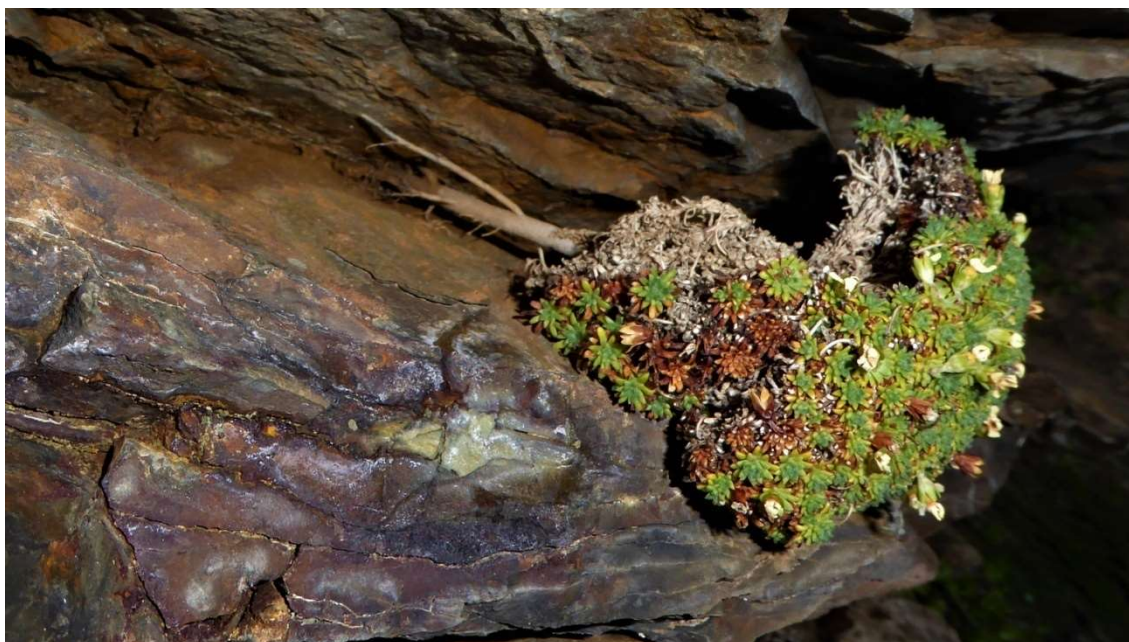
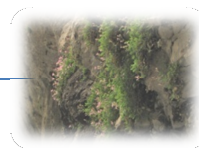


Foto 21: *Androsace pyrenaica* anclada en la roca.

*Petrocoptis crassifolia*



Se estudiaron dos poblaciones para esta especie, Añisclo y Carduso que presentan en conjunto una germinación del 81.1%, aunque en los tratamientos cálidos la germinación disminuye significativamente por debajo del 70% (figuras 15,16 para Añisclo y 19, 20 para Carduso). En ambas localidades se han encontrado 2 plantas madre donde la tendencia a la menor germinación de sus semillas en temperaturas cálidas ha resultado significativa (figuras 16 y 20). Destaca la planta 4.2 de Añisclo con un porcentaje de germinación general inferior al 50% (figura FT3.2 en la Ficha Técnica III).

Hay una alta similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones (90.5%) y las diferencias más importantes en la germinación se encuentran en el tratamiento templado donde la similitud baja al 87.5% (90% para tratamiento frío y 96% para cálido, tabla FT3.1 en la Ficha Técnica III).

La viabilidad de las 720 semillas estudiadas en los ensayos de germinación para la especie es prácticamente del 100%, coincidente con la estima hecha con 164 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica III).

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido ha sido de casi 5 semanas, mostrándose muy parecido en las dos poblaciones y tratamientos (figuras 17 y 21). Destaca una leve aceleración en la germinación en temperaturas intermedias así como un retraso de hasta una semana para la germinación en temperaturas cálidas de la población de Carduso (figura 21).



Foto 22: Acantilado con *P. crassifolia* en Añisclo.



Foto 23: *P. crassifolia* en flor.

La planta madre explica hasta un 43% de la variación en el tiempo de germinación en la población de Añisclo (tabla 5) y un 17% en la de Carduso, donde el tratamiento explica hasta un 30% de la variación (tabla 6). En la figura 18 se observa el retardo en la germinación a temperaturas frías y templadas de la planta madre 4.2 de Añisclo, de forma diferente al patrón poblacional. En la figura 22 se comprueba que la ralentización en la germinación a temperaturas cálidas de Carduso se debe especialmente al efecto de 3 plantas madre y que la respuesta no es homogénea entre las mismas a temperaturas cálidas. Incluso la planta 3 muestra un claro retraso en la germinación a temperaturas frías en contra del patrón general.

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica III correspondiente a la especie.

Con el apoyo de:

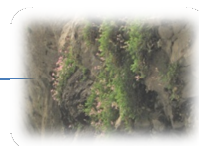


Colaboran:



Universidad de Vigo

*Petrocoptis crassifolia*



Petkra\_añis

Tasa de germinación

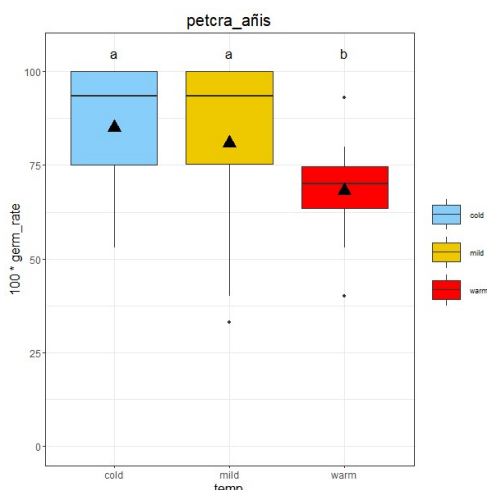


Figura 15: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
2.2	NS	*	*
2.4	NS	*	*
2.5	NS	NS	NS
3.1	NS	NS	NS
3.6	NS	NS	NS
4.2	NS	NS	NS
Petkra AÑIS	NS	***	*

Figura 16: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 5: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	7.1	43.1	49.8

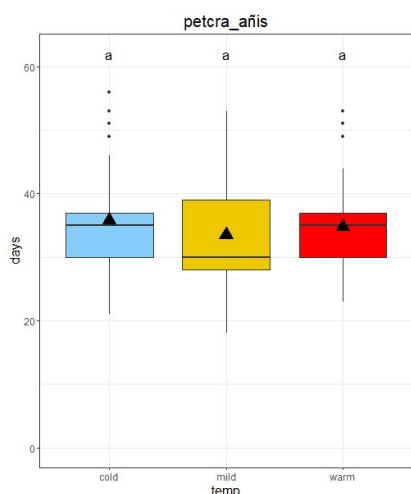


Figura 17: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

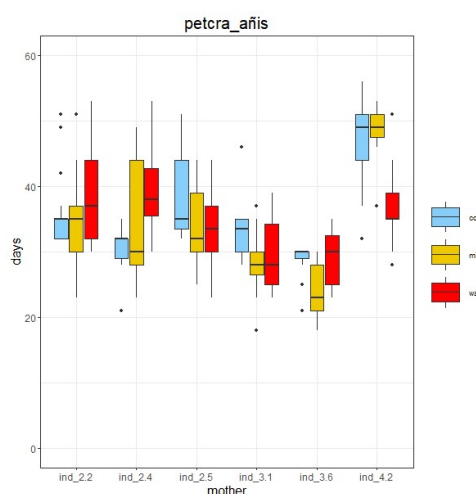
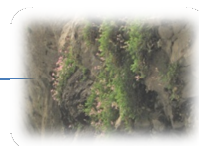


Figura 18: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.



*Petrocoptis crassifolia*



Petkra\_card

Tasa de germinación

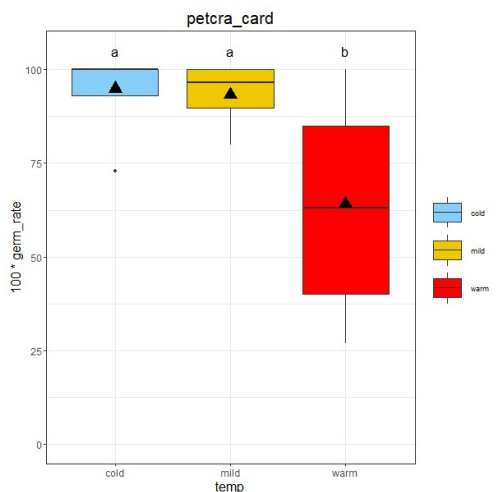


Figura 19: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
3	NS	NS	NS
4	NS	NS	NS
8	NS	***	**
9	NS	***	***
10	NS	NS	NS
11	NS	NS	NS
Petkra CARD	NS	***	***

Figura 20: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 6: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	29.1	16.7	54.2

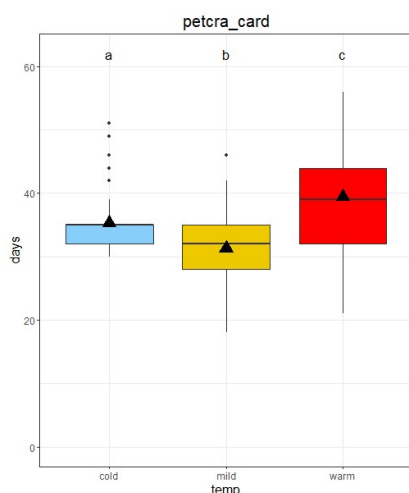


Figura 21: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

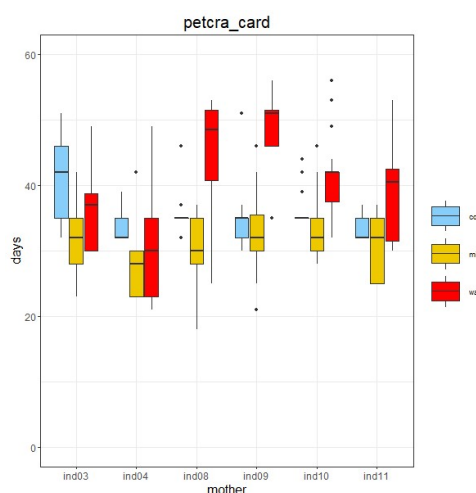


Figura 22: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis grandiflora*



Se estudiaron dos poblaciones para esta especie, Oulego y Vilar de Silva, que presentan en conjunto una germinación del 78.9% aunque en los tratamientos cálidos la germinación disminuye significativamente por debajo del 65% (figuras 23,24 para Oulego y 27, 28 para Vilar de Silva). En Oulego se han encontrado 5 plantas madre donde la tendencia a la menor germinación en temperaturas cálidas ha resultado significativa (figura 25). En Vilar de Silva se han encontrado dos plantas madre con diferencias significativas solo entre los tratamientos cálidos y fríos de sus semillas (figura 29).

Hay una alta similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones (82%) y las diferencias más importantes en la germinación se encuentran en el tratamiento templado donde la similitud baja al 75% (84% para tratamiento frío y 91% para cálido, tabla FT4.1 en la Ficha Técnica IV).

La viabilidad de las 720 semillas estudiadas para la especie es prácticamente del 94%, siendo del 98% en Oulego y del 89% en Vilar de Silva, coincidente con la estima hecha con 90 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica IV).

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido ha sido de casi 4 semanas, mostrándose una semana más lento en Vilar de Silva que en Oulego. Destaca un retraso de hasta una semana para la germinación en temperaturas cálidas en ambas poblaciones, que en el caso de Vilar de Silva también se produce a temperaturas intermedias (figuras 25 y 29).



Foto 24: Acanitilado con *P. grandiflora* en El Bierzo.



Foto 25: *P. grandiflora* en flor.

Entre las variables temperatura y planta madre se explica un 40% de la variación en el tiempo de germinación en ambas poblaciones, siendo el efecto de la planta madre la mitad de intenso en Vilar de Silva que en Oulego (tablas 7 y 8). En la figura 26 se comprueba que no todas las plantas madre de Oulego experimentan un retardo en la germinación a temperaturas cálidas (ej. individuos 3, 8 o 10). Además, en Vilar de Silva el comportamiento de las plantas madres para el tiempo de germinación es más homogéneo (Figura 30).

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica III correspondiente a la especie.

*Petrocoptis grandiflora*



Petgra\_oule

Tasa de germinación

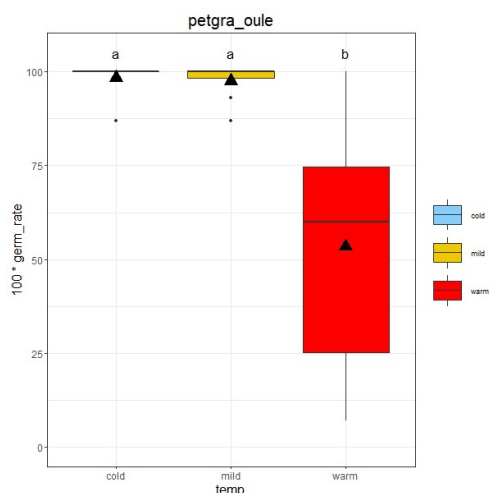


Figura 23: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.







Mother	&  	 & 	 & 
1	NS	***	***
3	NS	*	*
4	NS	NS	NS
6	NS	*	*
7	NS	***	***
8	NS	NS	NS
9	NS	***	***
10	NS	NS	NS
Petgra OULE	NS	***	***

Figura 24: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 7: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	21.4	19.4	59.2

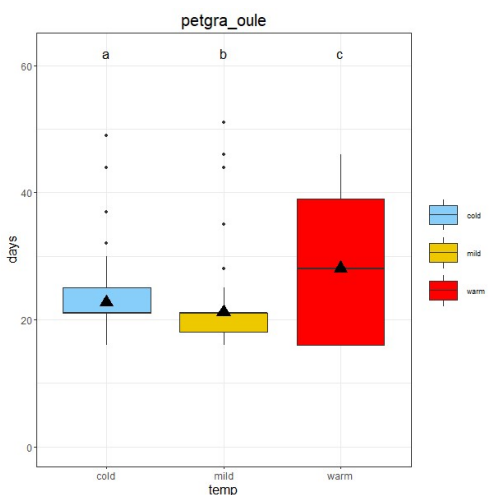


Figura 25: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

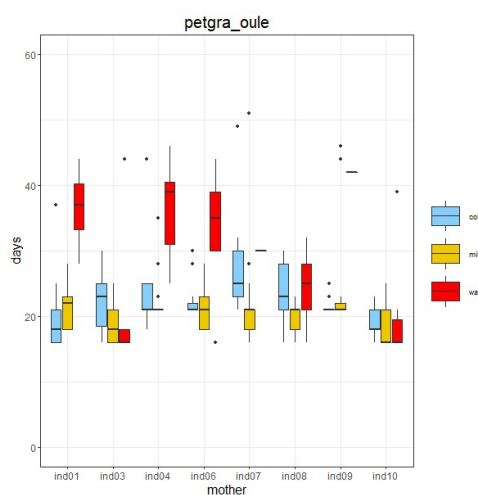


Figura 26: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.



*Petrocoptis grandiflora*



Petgra\_vila

Tasa de germinación

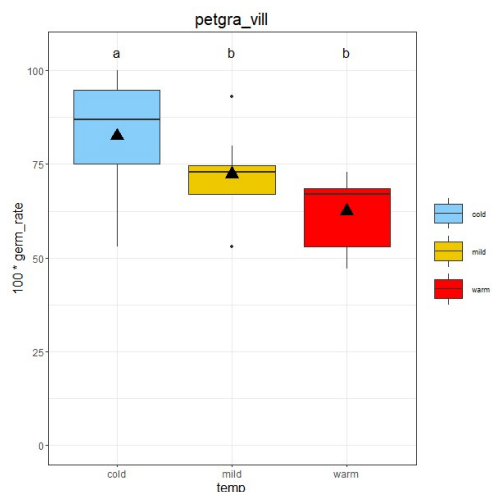


Figura 27: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.







Mother	 & 	 & 	 & 
1	NS	NS	NS
3	NS	***	NS
6	NS	*	NS
7	NS	NS	NS
8	NS	NS	NS
9	NS	NS	NS
<b>Petgra VILA</b>	<b>NS</b>	<b>***</b>	<b>NS</b>

Figura 28: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 8: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	29.6	9.8	60.6

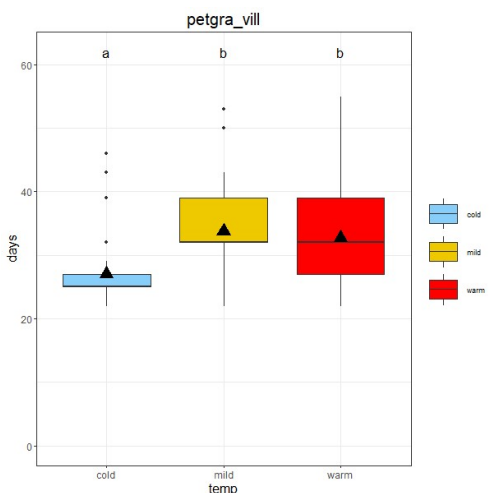


Figura 29: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

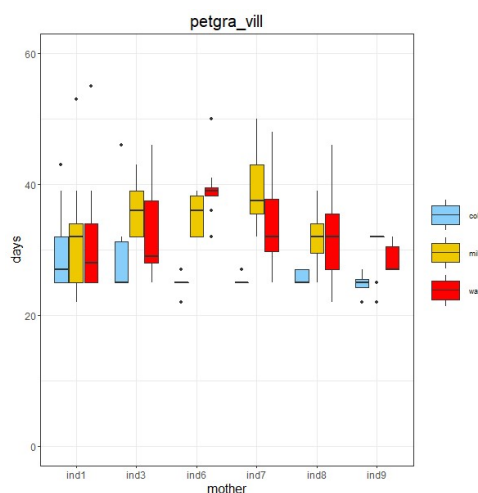


Figura 30: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis guarensis*



Se estudiaron dos poblaciones para esta especie, Lecina y Naya que presentan en conjunto una germinación del 68.1% con una tendencia a que la germinación disminuya significativamente en tratamientos cálidos, especialmente en Lecina (figuras 31,32 para Lecina y 35, 36 para Naya). En Lecina se han encontrado 4 plantas madre donde la tendencia a la menor germinación en temperaturas cálidas ha resultado significativa (figura 32), mientras que solo una en Naya (Figura 36) donde el porcentaje de germinación es más homogéneo.

Debido a estas diferencias la similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones es intermedia (75%), detectándose las diferencias más importantes en el tratamiento cálido donde la similitud baja al 60% (85% para tratamiento frío y 93.4% para templado, tabla FT5.1 en la Ficha Técnica V).

La viabilidad de las 720 semillas estudiadas para la especie es prácticamente del 96%, siendo del 100% en Naya y del 91% en Lecina, valores similares a los estimados con 56 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica V).

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido ha sido de 3 semanas en Naya y 5 en Lecina. La diferencia en el tiempo de germinación se acentúa en los tratamientos templado y cálido donde es más de 2 semanas, siendo de una semana en el tratamiento frío. En Lecina la germinación se dio significativamente más rápido en el tratamiento frío pero en Naya fue en el tratamiento templado (figuras 33 y 37).



Foto 26: Acantilado con *P. guarensis* en Guara.



Foto 27: *P. guarensis* en flor.

Entre las variables temperatura y planta madre se explica más de un 50% de la variación en el tiempo de germinación en el caso de Lecina, siendo el efecto de la planta madre la mitad de intenso en Naya (tablas 9 y 10). Las diferencias en el tiempo de germinación entre el tratamiento frío y cálido se observan en todos los individuos de Lecina (figura 34). En Naya, destaca el individuo 6 con una tendencia a retardar la germinación, especialmente en temperaturas frías (figura 38), mientras que otros individuos (8 y 10) presentan germinaciones siempre a las 3 semanas independientemente del tratamiento.

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica V correspondiente a la especie.

*Petrocoptis guarensis*



Petgua\_lecti

Tasa de germinación

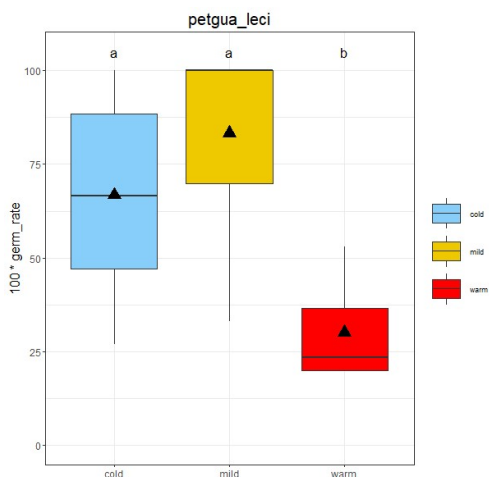


Figura 31: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
1	NS	NS	NS
2	*	***	***
3	NS	NS	NS
4	NS	*	***
5	NS	NS	**
6	NS	**	***
Petgua LECI	***	***	***

Figura 32: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 9: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	35.4	12.1	52.5

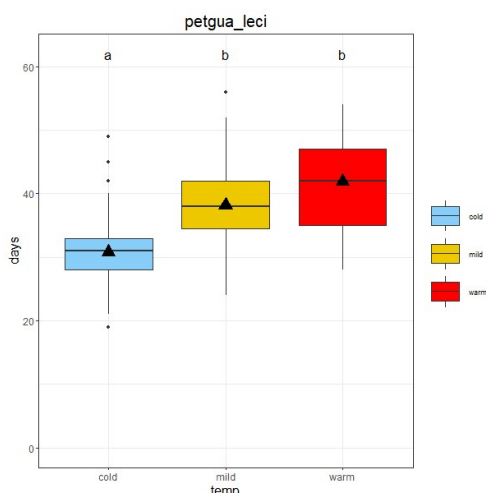


Figura 33: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

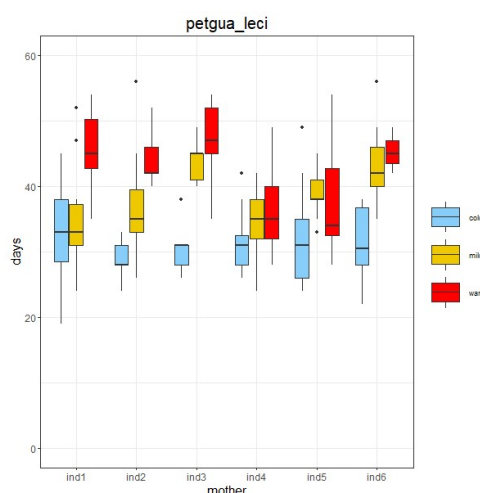


Figura 34: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis guarensis*



Petgua\_naya

Tasa de germinación

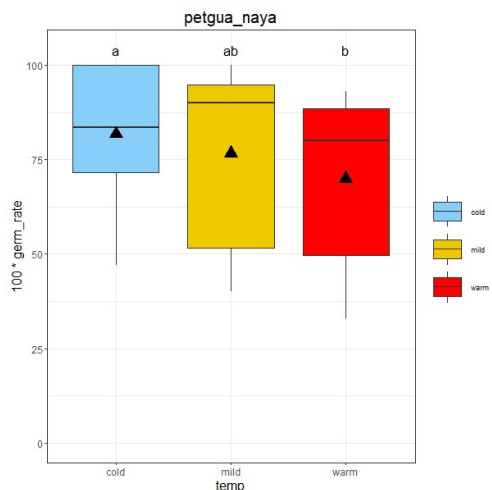


Figura 35: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
6	NS	NS	NS
7	NS	*	NS
8	NS	NS	NS
9	NS	NS	NS
10	NS	NS	NS
Petgua NAYA	NS	*	NS

Figura 36: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 10: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	21.3	5.2	73.5

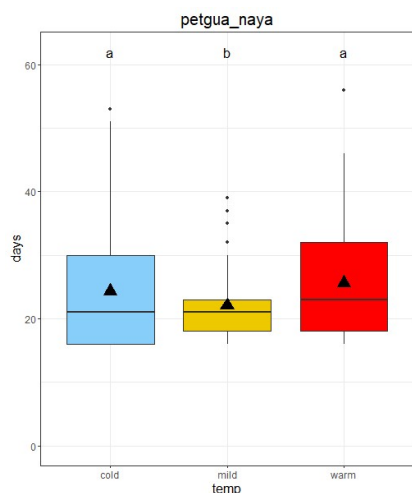


Figura 37: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

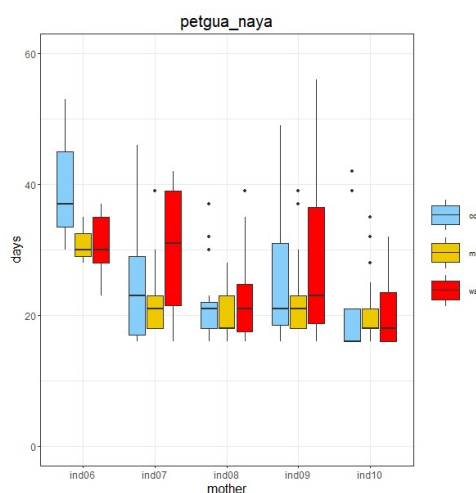


Figura 38: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.



*Petrocoptis hispanica*



Se estudiaron dos poblaciones para esta especie, Güesa y San Juan de la Peña, que presentan en conjunto una germinación del 91.1% con una leve tendencia a que la germinación disminuya en tratamientos cálidos, solo significativa en Güesa (figuras 39,40 para Güesa y 43, 44 para San Juan de la Peña). Entre todos los individuos estudiados de la especie, solo el individuo 6 de San Juan de la Peña muestra significativamente menor germinación de sus semillas en el tratamiento cálido que en el frío (figura 40).

La similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones es alta (90.2%) oscilando entre el 85.8% del tratamiento cálido y el 95.8% del tratamiento frío (91.7% para el tratamiento templado, tabla FT6.1 en la Ficha Técnica VI).

La viabilidad de las 720 semillas estudiadas para la especie es prácticamente del 96%, siendo del 98% en Güesa y del 93% en San Juan de la Peña, valores similares a los estimados con 89 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica VI).

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido ha sido de poco más de 3 semanas, mostrándose una semana más lento en Güesa que en San Juan de la Peña. En ambas poblaciones, la germinación en el tratamiento cálido se retrasó significativamente, especialmente en el caso de San Juan de la Peña, donde el retraso fue de una semana (figuras 41 y 45). Es destacable la velocidad en la germinación de los tratamientos frío y templado de San Juan de la Peña en los que la mitad de las semillas habían germinado a los 2 días de terminar la estratificación fría (Ficha Técnica VI).



Foto 28: Acantilado con *P. hispanica* en el río Irati.

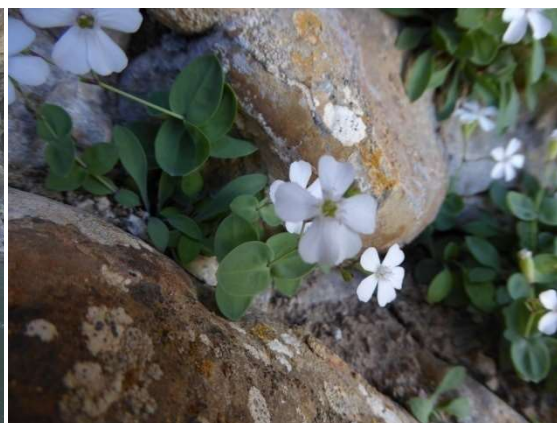


Foto 29: *P. hispanica* en flor.

Entre las variables temperatura y planta madre se explica cerca de un 35% de la variación en el tiempo de germinación de *P. hispanica*. Mientras que en Güesa el efecto de la temperatura y la planta madre tiene el mismo peso, en San Juan de la Peña, la temperatura es tres veces más explicativa (tablas 11 y 12). En concordancia con el anterior resultado, el retraso en el tiempo de germinación a temperaturas más cálidas se debe solo a algunos individuos en el caso de Güesa (ej, individuos 6, 9, 11 en figura 42) y es general en San Juan de la Peña (figura 46).

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica VI correspondiente a la especie.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



*Petrocoptis hispanica*



Pethis\_gues

Tasa de germinación

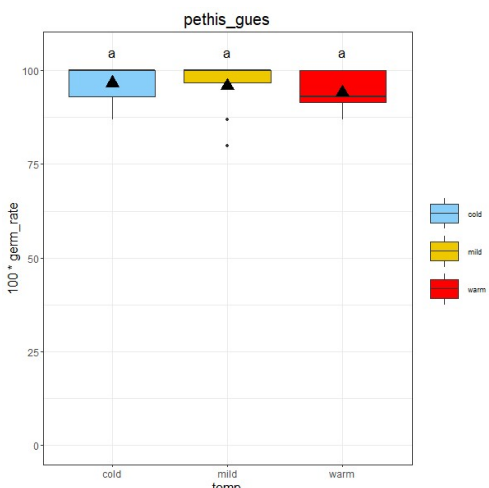


Figura 39: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
3	NS	NS	NS
6	NS	NS	NS
7	NS	NS	NS
8	NS	NS	NS
9	NS	NS	NS
11	NS	NS	NS
12	NS	NS	NS
13	NS	NS	NS
Pethis GUES	NS	NS	NS

Figura 40: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 11: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	18.6	18.2	63.2

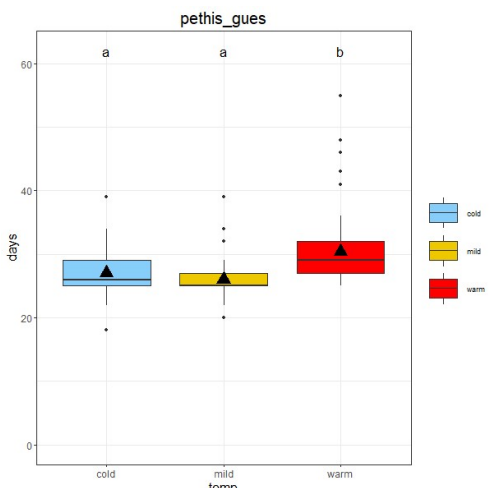


Figura 41: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

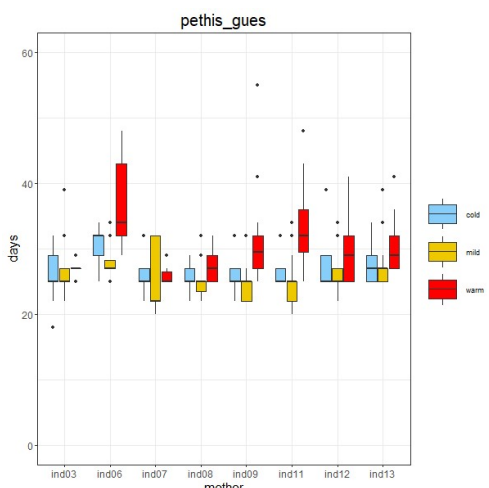


Figura 42: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis hispanica*



Pethis\_sanj

Tasa de germinación

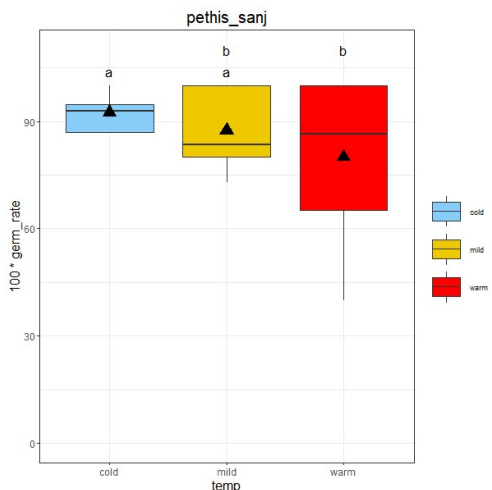


Figura 43: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.







Mother	 & 	 & 	 & 
1	NS	NS	NS
2	NS	NS	NS
3	NS	NS	NS
4	NS	NS	NS
6	NS	*	NS
7	NS	NS	NS
8	NS	NS	NS
9	NS	NS	NS
Pethis SANJ	NS	**	NS

Figura 44: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 12: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	23.9	9.3	66.8

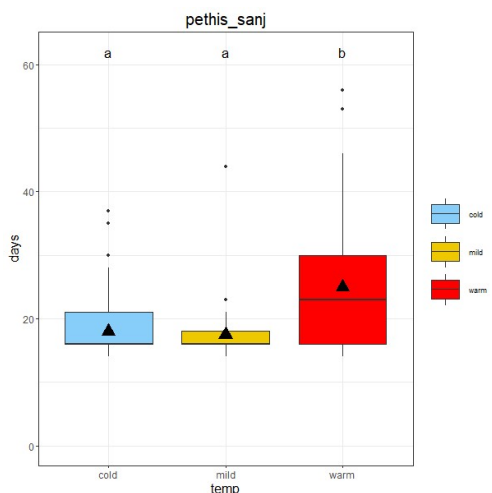


Figura 45: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

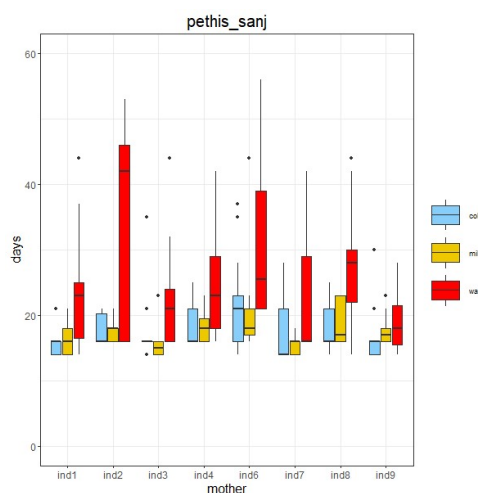


Figura 46: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis montserratii*



Se estudiaron dos poblaciones para esta especie, Riglos y Yebra de Basa, que presentan una germinación del 71%. En ambos casos la germinación disminuye significativamente en el tratamiento cálido a valores inferiores al 50% (figuras 47, 48 para Riglos y 51, 52 para Yebra de Basa). Concretamente, 4 de los 5 individuos en Riglos y 5 de los 6 individuos de Yebra de Basa presentaron de manera significativa menor germinación en el tratamiento cálido (figuras 48 y 52). Tanto en Riglos como en Yebra de Basa se encuentra un individuo cuyas semillas han germinado por debajo del 50% (Ficha Técnica VII). Destacan el individuo 1 de Riglos como el 7 de Yebra de Basa por presentar una germinación altísima en los tratamientos cálidos y fríos, pero nula o prácticamente nula en el tratamiento cálido.

La similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones es alta (88.5%) oscilando entre el 82.5% del tratamiento frío y el 98.3% del tratamiento templado (90.8% para el tratamiento frío, tabla FT7.1 en la Ficha Técnica VII).

La viabilidad de las 600 semillas estudiadas para la especie es del 95%, siendo del 97% en Yebra de Basa y del 92% en Riglos, valores altos cercanos al 100% estimado con 80 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica VII).

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido ha sido algo superior a 5 semanas, mostrándose ligeramente más lento en Riglos que en Yebra de Basa. En el caso de Riglos, la germinación en el tratamiento frío fue significativamente más rápida (figura 49) y en el de Yebra de Basa el que se adelantó significativamente unos días fue el tratamiento templado (figura 53).



Foto 30: Mallos de Riglos con *P. montserratii*.



Foto 31: Díptero (*Melangyna*) en flor *P. montserratii*.

Entre las variables temperatura y planta madre se explica hasta un 56% de la variación en el tiempo de germinación de *P. montserratii* en Riglos (tabla 13) que se reduce al 30% en el caso de Yebra de Basa (tabla 14). En ambas poblaciones la temperatura tiene un efecto en torno al 10%, pero es destacable el efecto de la planta madre, que asciende hasta el 45% en Riglos (tabla 13). En las figuras 50 y 54 se aprecia la alta variabilidad en el tiempo de germinación entre los individuos de las dos poblaciones estudiadas.

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica VII correspondiente a la especie.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





*Petrocoptis montserratii*



Petmts\_rigl

Tasa de germinación

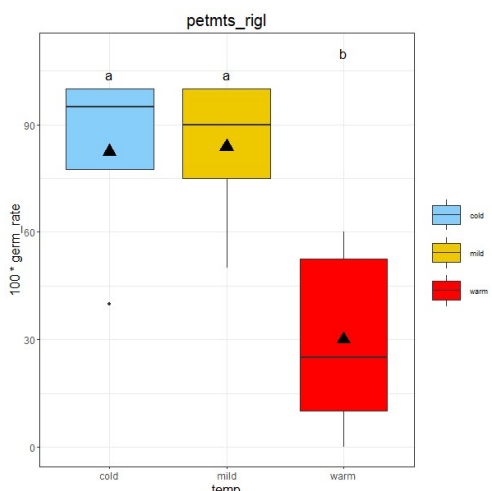


Figura 47: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
1	NS	***	***
2	NS	***	***
3	NS	***	***
7	NS	**	**
8	NS	NS	NS
Petmon RIGL	NS	***	***

Figura 48: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 13: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	11.1	45.1	43.8

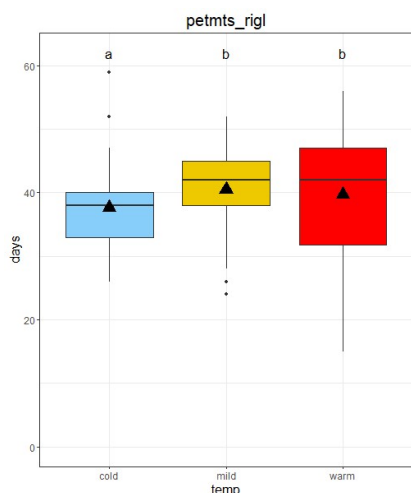


Figura 49: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

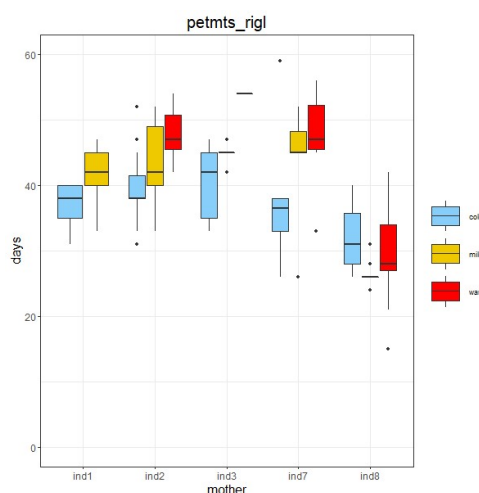


Figura 50: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis montserratii*



Petmts\_yebr

Tasa de germinación

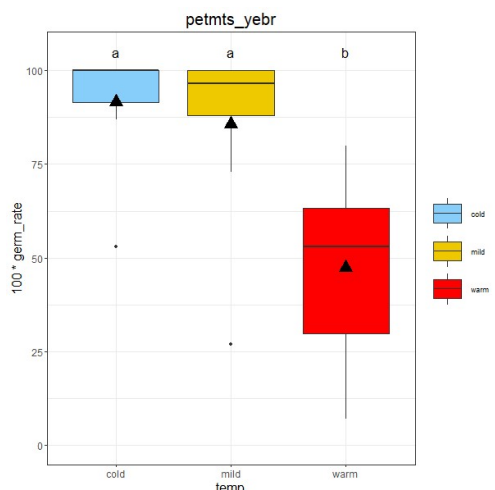


Figura 51: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
1	NS	*	*
4	NS	NS	**
5	NS	*	NS
7	NS	***	***
8	NS	NS	NS
10	NS	***	***
Petmon YEBR	NS	***	***

Figura 52: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 14: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	7.6	22.7	69.7

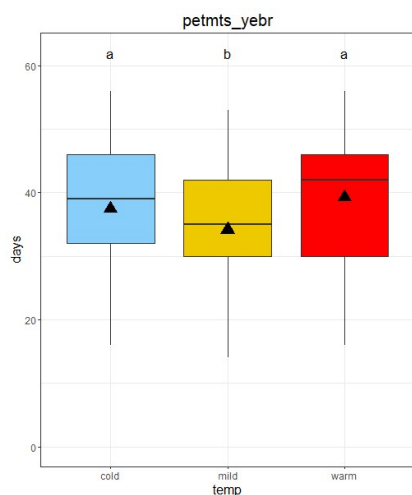


Figura 53: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

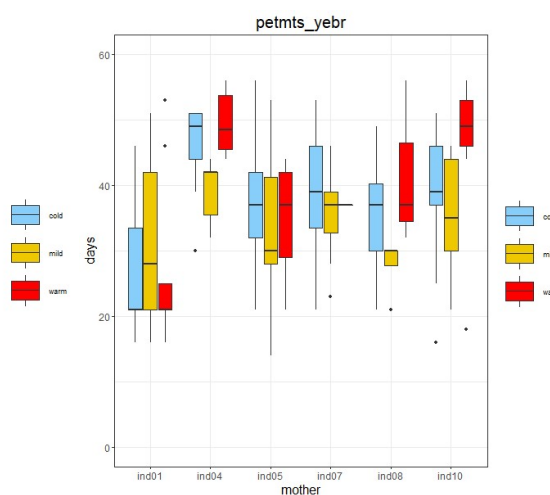


Figura 54: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis montsicciana*



Se estudiaron dos poblaciones para esta especie, Beranuy y Celler, que presentan una germinación del 70%. En ambos casos la germinación disminuye significativamente en el tratamiento frío, incluso a valores del 22.4% en el caso de Beranuy (figuras 55, 56 para Beranuy y 59, 60 para Celler). Todos los individuos de Beranuy presentaron de manera significativa menor germinación en el tratamiento frío (figura 56), un patrón completamente opuesto al encontrado para el resto de poblaciones de *Petrocoptis*. En Celler, las diferencias de germinación son menos acentuadas entre tratamientos, y solo un individuo presenta menor germinación en frío y tres germinaron significativamente mejor en el tratamiento templado (figura 60).

La similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones es baja (69.7%) oscilando entre el 63.1% del tratamiento frío y el 80.3% del tratamiento templado (68.8% para el tratamiento cálido, tabla FT8.1 en la Ficha Técnica VIII).

La viabilidad de las 720 semillas estudiadas para la especie es prácticamente del 100%, valores mayores que el 87.6% estimado con 89 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica VIII).

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido ha sido 5 semanas. En el caso de Beranuy el retraso en la germinación es de dos semanas para el tratamiento frío (figura 57), pero en el caso de Celler, es el tratamiento templado el que aceleró casi una semana la germinación (figura 61).



Foto 32: Peña Teller con *P. montsicciana* llena de frutos.



Foto 33: Nido en un cojín de *P. montsicciana*.

Entre las variables temperatura y planta madre se explica más del 50% de la variación en el tiempo de germinación de *P. montsicciana* (tablas 15 y 16). Sin embargo, en caso de Beranuy es la temperatura el factor más explicativo (47%, tabla 15) y en Celler la planta madre (40%, tabla 16). Destacan el individuo 1 de Beranuy por presentar demora en la germinación en el tratamiento frío en contra del patrón poblacional (figura 58) y el individuo 7 de Celler por germinar mucho más rápido que lo observado para el resto de la población (figura 62), indicando que para esta especie también se encuentra variabilidad entre las respuestas a la germinación de las semillas de diferentes individuos.

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica VIII correspondiente a la especie.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



*Petrocoptis montsiciana*



Petmon\_bera

Tasa de germinación

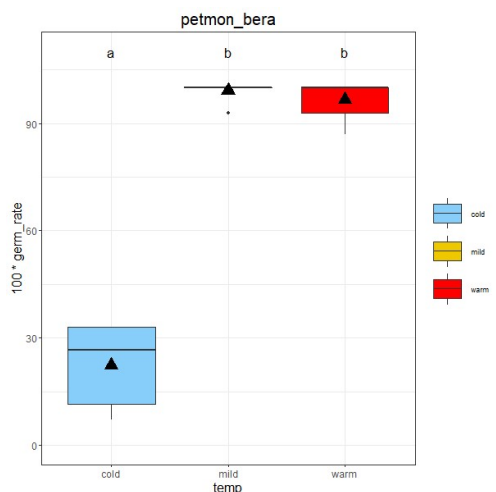


Figura 55: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.







Mother	&  	&  	 & 
1	***	***	NS
2	***	***	NS
3	***	***	NS
6	***	***	NS
7	***	**	NS
10	***	***	NS
Petmon BERA	***	***	NS

Figura 56: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 15: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	46.8	17.7	35.5

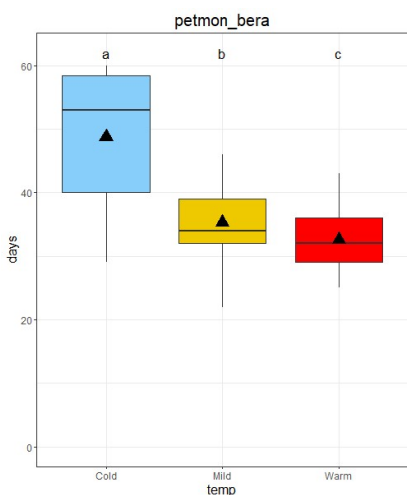


Figura 57: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

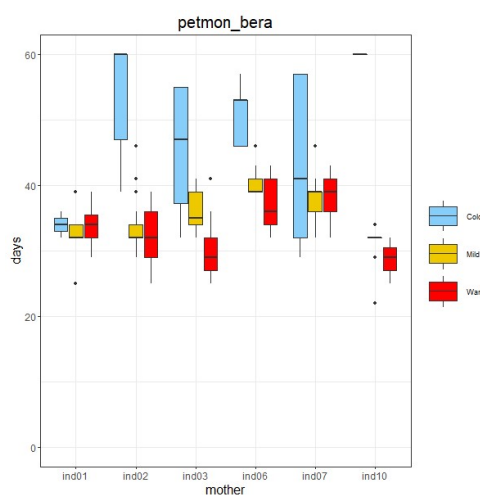


Figura 58: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.



*Petrocoptis montsiciana*



Petmon\_cell

Tasa de germinación

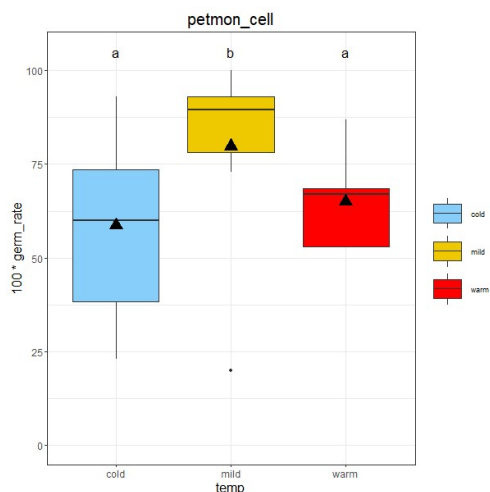


Figura 59: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
1	NS	NS	NS
2	NS	NS	*
3	NS	NS	NS
4	NS	NS	NS
5	NS	NS	NS
6	*	*	NS
7	NS	NS	*
8	NS	NS	*
Petmon CELL	***	NS	*

Figura 60: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 16: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	11.4	39.8	48.8

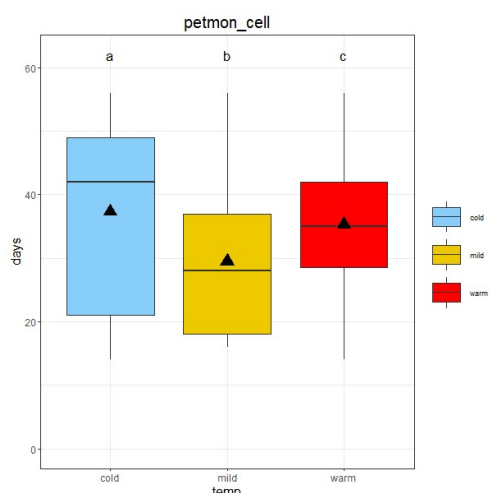


Figura 61: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

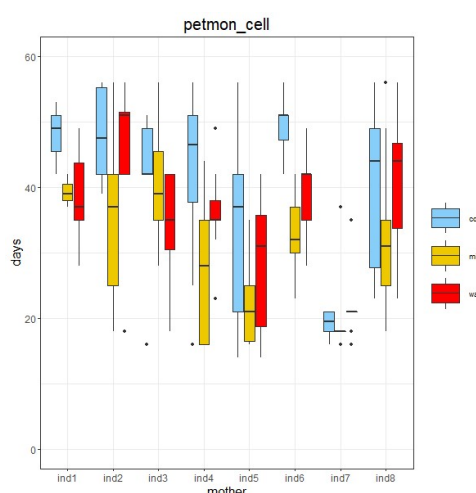


Figura 62: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis pardoii*



Se estudiaron dos poblaciones para esta especie, Llongás y Negrell, que presentan una germinación media por debajo del 50%. En ambas poblaciones la germinación disminuye significativamente en el tratamiento cálido con valores muy bajos del 15%. También, en ambas poblaciones, se observa una disminución de la germinación en el tratamiento frío, pero que solo es significativa en el caso de Negrell (figuras 63, 64 para Llongás y 67, 68 para Negrell). Todos los individuos de ambas poblaciones presentaron de manera significativa menor germinación en el tratamiento cálido (figuras 64 y 68). En el caso de Llongás, se encuentran diferencias significativas entre los tres tratamientos, encontrando 2 individuos con una germinación significativamente menor a temperaturas frías que templadas (figura 64).

La similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones es alta (90.6%) oscilando entre el 84.5% del tratamiento frío y el 97.7% del tratamiento cálido (84.5% para el tratamiento templado, tabla FT9.1 en la Ficha Técnica IX).

La viabilidad de las 615 semillas estudiadas para la especie es prácticamente del 100%, valores mayores que el 91.1% estimado con 90 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica IX).

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido ha sido 5 semanas (figuras 65 y 69). En el caso de Llongás, en el tratamiento frío se retraso una semana la germinación media y las pocas semillas germinadas en el tratamiento cálido lo hicieron a de media casi a la séptima semana pudiéndose detectar diferencias significativas entre los tres tratamientos (figura 65).



Foto 34: *P. pardoii* girando los frutos maduros a la roca.



Foto 35: *P. pardoii* en flor.

Entre las variables temperaturas y planta madre se explica más del 50% de la variación en el tiempo de germinación de *P. pardoii* en el caso de Llongás (tabla 17) y del 35% en caso de Negrell (tabla 18). En ambos casos el efecto de la planta madre supera el 20%, habiendo individuos, por ejemplo, que no presentaron ninguna germinación en el tratamiento cálido (individuos 2 y 9 en Llongas y el individuo 10 en Negrell, figuras 66 y 70). Sin embargo, también se encuentra en Llongás un individuo cuyas semillas no presentan germinación en tratamiento frío (Figura 66). En la figura 70 apreciamos también que la tendencia al retraso en la germinación en los tratamientos cálidos y fríos, no se cumple en todos los individuos (ej, individuo 9 de Negrell).

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica IX correspondiente a la especie.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo

*Petrocoptis pardoii*



Petpar\_llon

Tasa de germinación

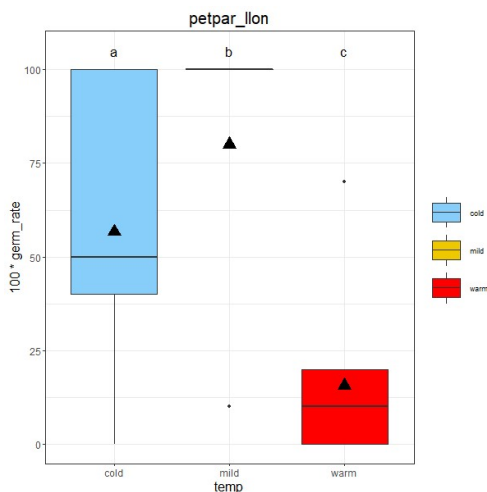


Figura 63: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

Mother	cold & mild	cold & warm	mild & warm
1	NS	***	***
2	*	NS	***
3	***	***	NS
7	NS	NS	*
9	NS	***	***
10	NS	***	***
Petpar LLON	*	***	***

Figura 64: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 17: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	36.2	21.8	42

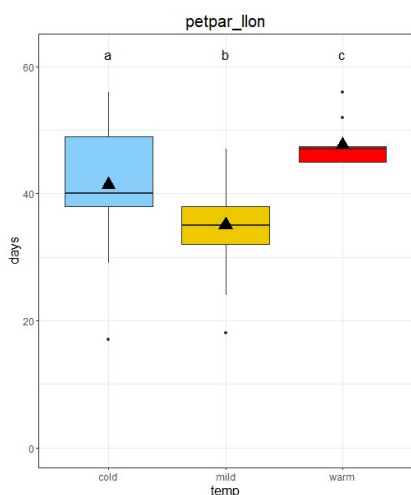


Figura 65: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

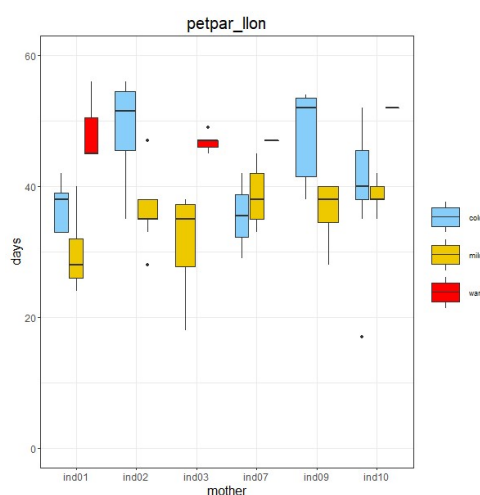


Figura 66: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis pardo*



Petpar\_negr

Tasa de germinación

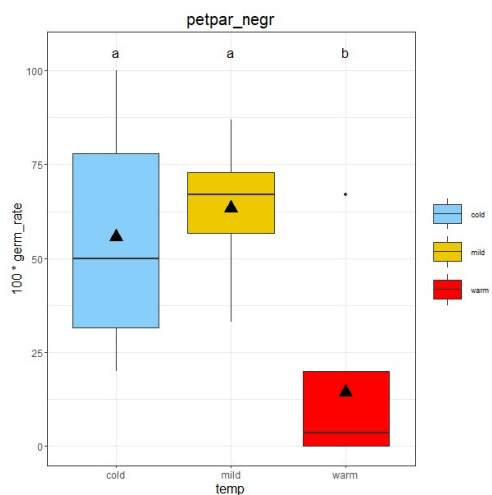


Figura 67: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
1	NS	**	**
2	NS	*	NS
6	NS	***	*
9	NS	***	***
10	NS	*	***
Petpar NEGR	NS	***	***

Figura 68: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 18: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	12.6	22.0	65.4

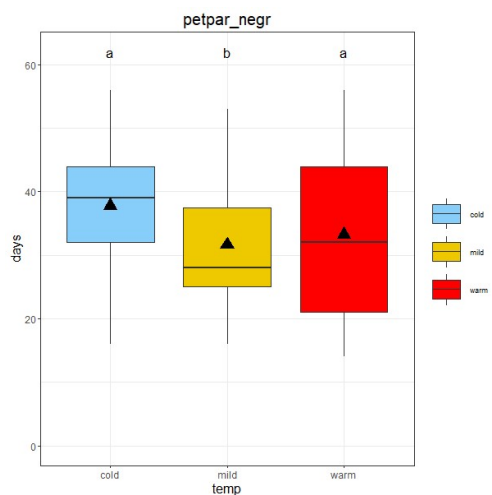


Figura 69: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

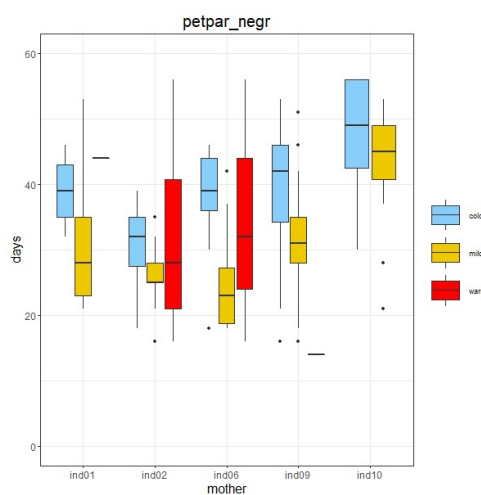


Figura 70: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.



*Petrocoptis pseudoviscosa*



Se estudiaron dos poblaciones para esta especie, Argone y Run, que presentan una germinación media por debajo del 50% y que solo supera estos valores en los tratamientos templados de ambas poblaciones y en el cálido en Run, donde germinaron significativamente mejor (figuras 71, 72 para Argone y 75, 76 para Run). Las bajas tasas de germinación dificultan la detección de significación entre tratamientos analizando las semillas del mismo individuo, pero aun así se detectaron 2 individuos con diferencias significativas en Argone y 1 (figuras 72 y 76).

La similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones es alta (87.7%) oscilando entre el 83.1% del tratamiento cálido y el 97.2% del tratamiento frío (87.4% para el tratamiento templado, tabla FT10.1 en la Ficha Técnica X).

La viabilidad de las 600 semillas estudiadas para la especie es del 76%, valor semejante al estimado con 86 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica X), pero notoriamente más baja de lo encontrado en el resto de especies del género. Destaca el individuo run2.2 por presentar semillas vacías que implicaron la ausencia de germinación en las siembras de semillas de este individuo (figura FT10.6 en la Ficha Técnica X).

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido ha sido entre 5 y 6 semanas, siendo una semana más largo en Argone. Aunque la tendencia es a una germinación más rápida en el tratamiento templado y más lenta en el cálido, estas diferencias solo son significativas en Run (figuras 73 y 77).



Foto 36: Roquedos con *P. pseudoviscosa* en Ventamillo.

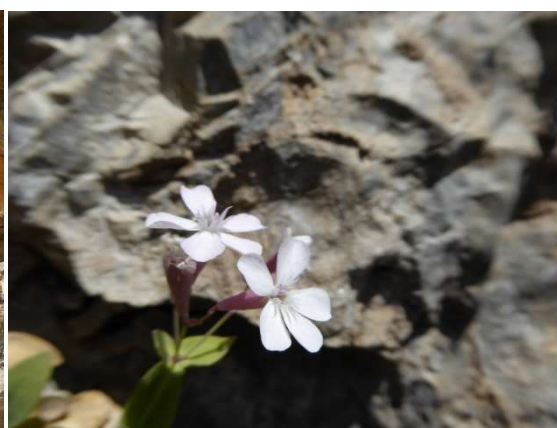


Foto 37: *P. pseudoviscosa* en flor.

Entre las variables temperatura y planta madre se explica solo el 14% de la variación en el tiempo de germinación de *P. pseudoviscosa* en el caso de Argone (tabla 19) pero más del 50% en caso de Run (tabla 20). De esta manera, en Argone encontramos patrones en el tiempo de germinación muy similares entre todos los individuos (figura 74), pero en Run hay individuos con patrones algo opuestos, como puede ser run3 con retardo en el tratamiento cálido, run4 con retardo en los tratamientos frío y templado o run5 solo con retardo en el tratamiento frío. (figura 78).

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica X correspondiente a la especie.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



*Petrocoptis pseudoviscosa*



Petpse\_argo

Tasa de germinación

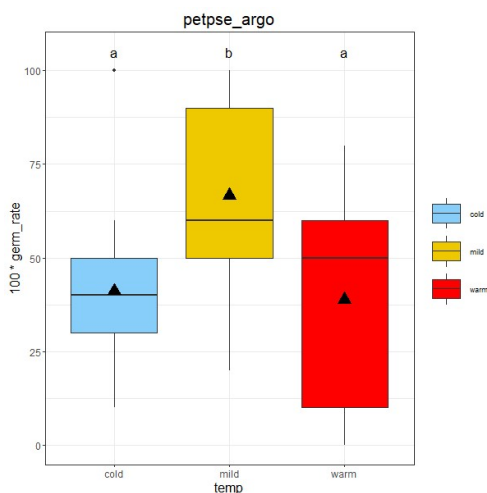


Figura 71: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
1.2	***	***	NS
2.2	NS	NS	NS
2.3	NS	NS	NS
2.4	NS	NS	NS
2.5	NS	***	***
Petpse ARGO	***	NS	**

Figura 72: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 19: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura(N=3)	Madre(N=6)	Resto
%	8.3	5.4	86.3

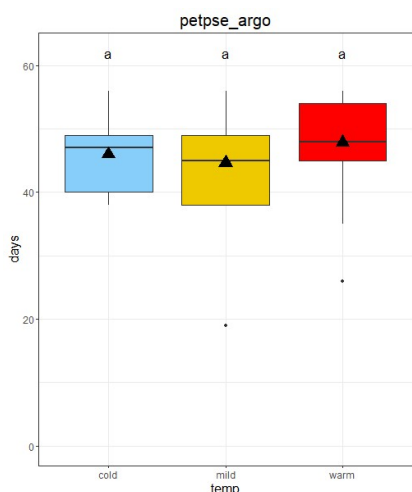


Figura 73: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

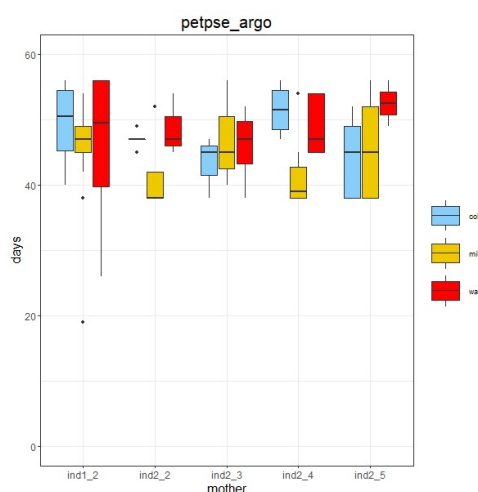


Figura 74: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis pseudoviscosa*



Petpse\_run

Tasa de germinación

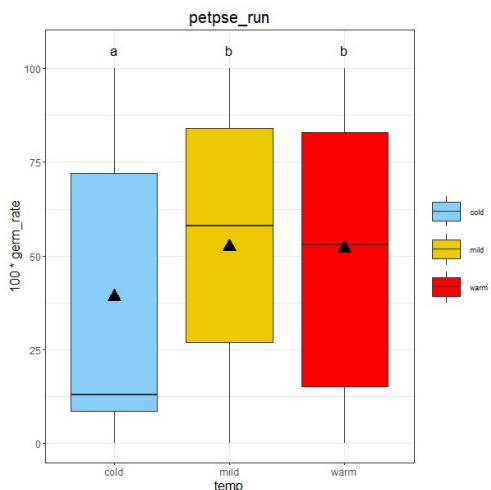


Figura 75: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
1	NS	NS	NS
2	NS	NS	NS
3	NS	NS	NS
5	NS	NS	NS
6	NS	NS	NS
8	***	**	NS
2.2	NS	NS	NS
Petpse RUN	*	NS	NS

Figura 76: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 20: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	28.6	29.3	42.1

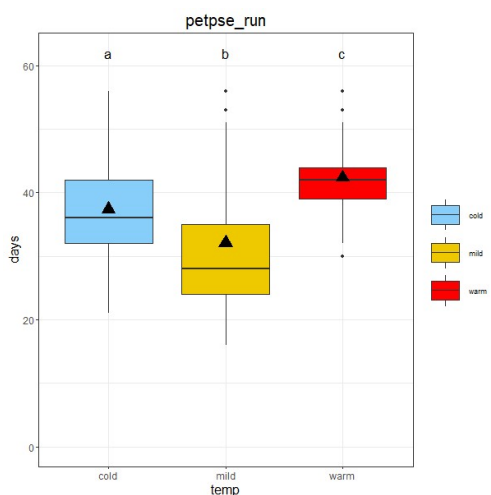


Figura 77: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

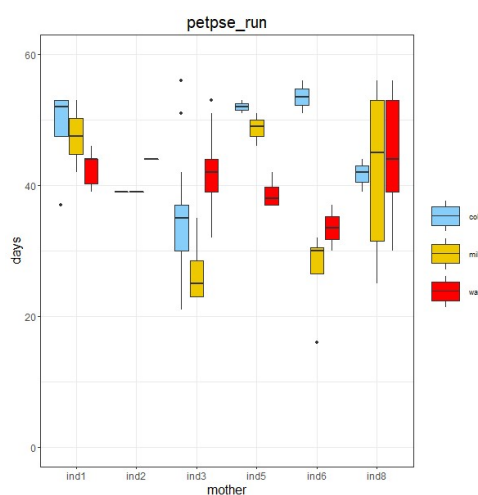


Figura 78: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis pyrenaica*  
*ssp. glaucifolia*



Se estudiaron cuatro poblaciones para esta especie Áliva, Bejes, San Emiliano y Poncebos, que presentan una germinación media que oscila entre el 69.1% en Áliva y el 85.3% en San Emiliano. Salvo en la población de San Emiliano donde el tratamiento frío hizo aumentar significativamente la germinación, en el resto de poblaciones los tres tratamientos proporcionaron germinaciones equiparables (figuras 79 y 80 en Áliva, 83 y 84 en Bejes, 87 y 88 en San Emiliano, 91 y 92 en Poncebos. De esta manera, entre las 4 poblaciones solo dos individuos han presentado diferencias significativas en sus germinaciones en distintos tratamientos, beje3.5 y emil5 (figuras 84 y 88).

La similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones es alta (86.6%) oscilando entre el 81.7% del tratamiento frío y el 93.5% del tratamiento cálido (90.7% para el tratamiento templado, tabla FT11.1 en la Ficha Técnica XI).

La viabilidad de las 1248 semillas estudiadas para la especie es del 87%, valor un poco superior al estimado con 145 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica XI) y algo más bajo de lo encontrado en el resto de especies del género. Se ha identificado que esta disminución de la viabilidad es achacable a individuos concretos, especialmente en Áliva.

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido ha sido entre 3 semanas en caso de Áliva (figura 81) y poco más de 5 en el caso de Bejes y San Emiliano (figuras 85 y 89). Aunque la tendencia es que haya poca diferencia entre los tiempos medios de germinación por tratamiento, en el caso de Áliva y Poncebos el tratamiento frío resultó significativamente más lento (figuras 81 y 93), mientras que en caso de Bejes, fue el tratamiento cálido el que produjo germinaciones significativamente más lentas (figura 85).



Foto 38: *P. pyrenaica* ssp *glaucifolia* llega a la costa.



Foto 39: Semillas de *P. pyrenaica* ssp *glaucifolia*.

Entre las variables temperatura y planta madre se explica como mínimo el 35% de la variación en el tiempo de germinación de *P. pyrenaica* ssp *glaucifolia* siendo la temperatura el factor más explicativo en Áliva y Bejes (tabla 21 y 22) y la planta madre en San Emiliano o Poncebos (tablas 23 y 24). Aunque la tendencia es que el comportamiento de los diferentes individuos reproduzcan los patrones poblacionales, se encuentran excepciones como el individuo 7 de Áliva, el individuo 2 de Bejes o el individuo 8 de Poncebos (Figuras 82, 86, 90 y 94).

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica XI correspondiente a la especie.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



*Petrocoptis pyrenaica*  
*spp. glaucifolia*



Petgla\_aliv

Tasa de germinación

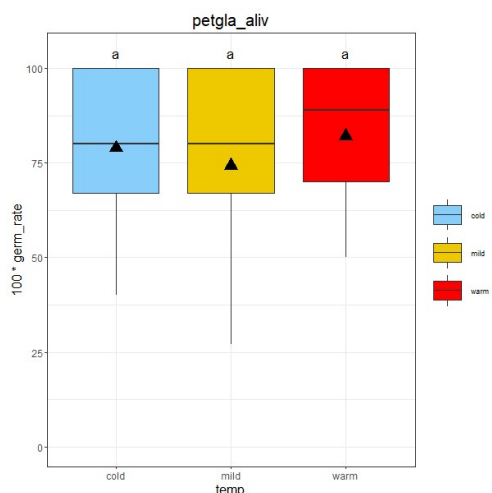


Figura 79: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

Mother	cold & mild	cold & warm	mild & warm
1	NS	NS	NS
2	NS	NS	NS
6	NS	NS	NS
7	NS	NS	NS
10	NS	NS	NS
Petgla ALIV	NS	NS	NS

Figura 80: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 21: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	31.0	4.7	64.3

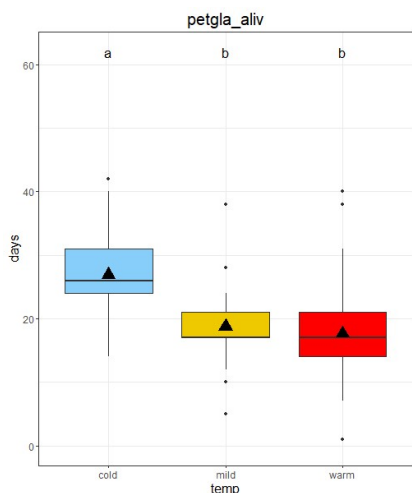


Figura 81: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

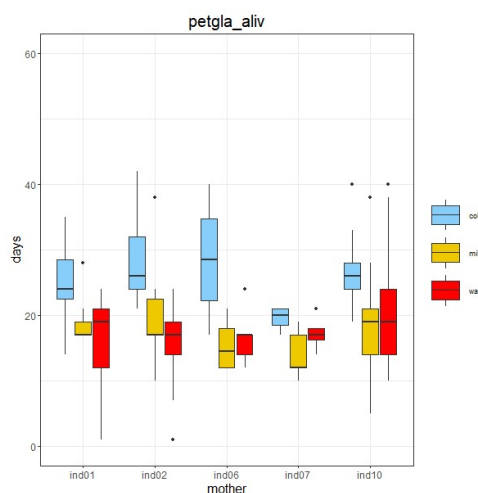


Figura 82: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis pyrenaica*  
*ssp. glaucifolia*



Petgla\_beje

Tasa de germinación

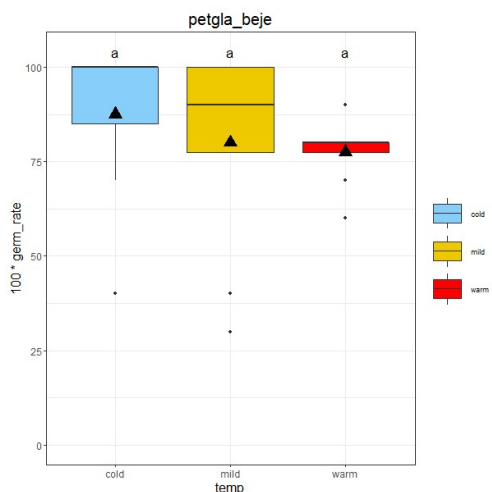


Figura 83: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
1.3	NS	NS	NS
2.1	NS	NS	NS
2.2	NS	NS	NS
2.3	NS	NS	NS
3.5	NS	***	***
Petgla BEJE	NS	NS	NS

Figura 84: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 22: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	34.3	13.8	51.9

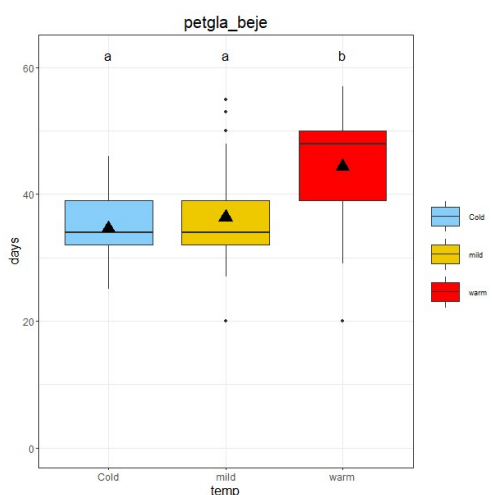


Figura 85: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

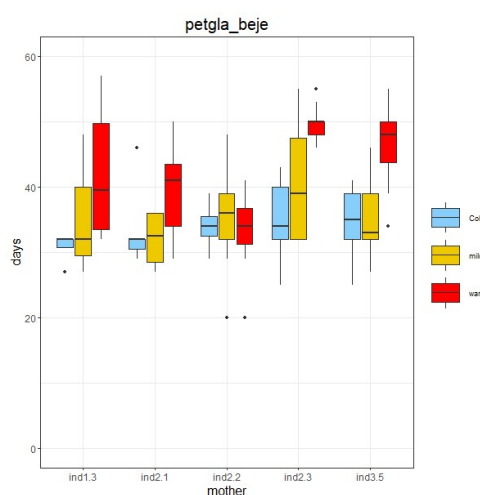


Figura 86: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis pyrenaica*  
*ssp. glaucifolia*



Petgla\_emil

Tasa de germinación

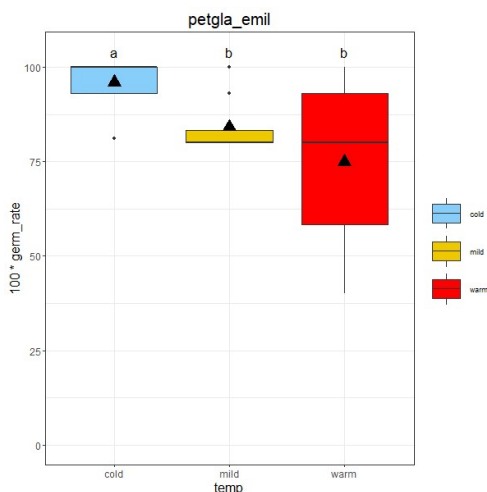


Figura 87: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
1	NS	NS	NS
2	NS	NS	NS
3	NS	NS	NS
4	NS	NS	NS
5	NS	***	NS
7	NS	NS	NS
8	NS	NS	NS
9	NS	NS	NS
Petgla EMIL	***	***	NS

Figura 88: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 23: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	6.4	29.5	64.1

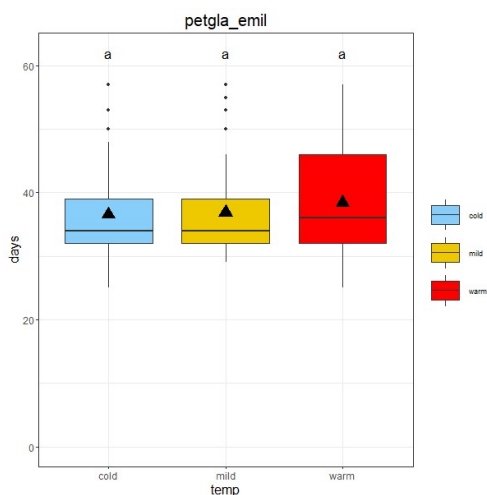


Figura 89: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

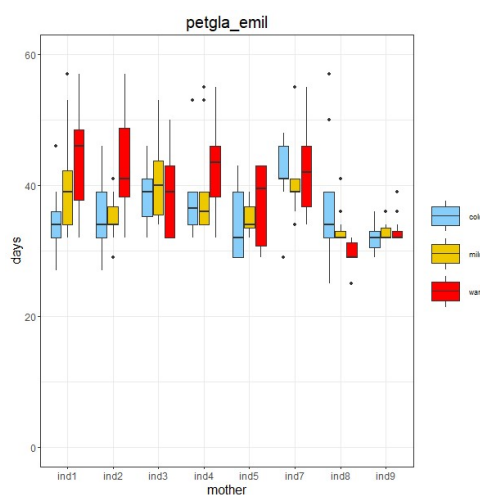


Figura 90: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis pyrenaica*  
*ssp. glaucifolia*



Petgla\_ponc

Tasa de germinación

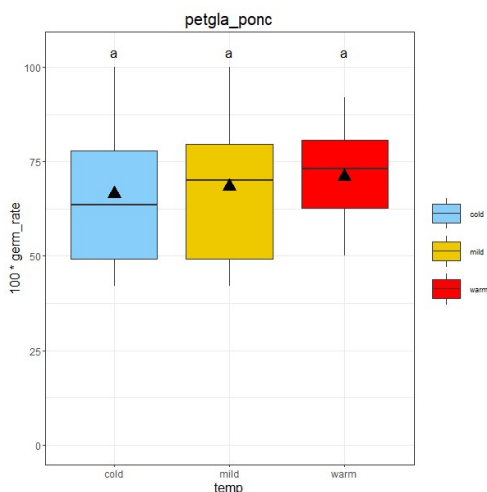


Figura 91: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	&	&	&
4	NS	NS	NS
6	NS	NS	NS
8	NS	NS	NS
9	NS	NS	NS
Petgla PONC	NS	NS	NS

Figura 92: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 24: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	14.8	40.7	44.5

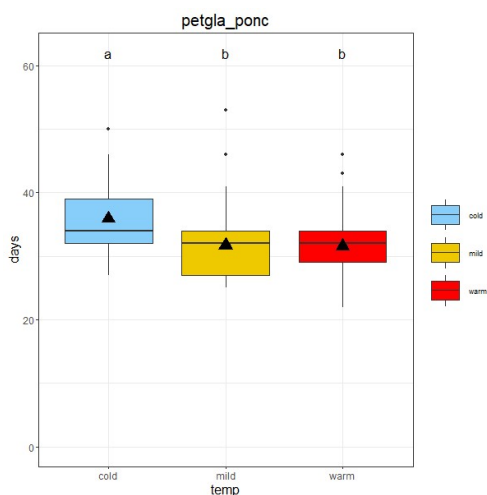


Figura 93: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

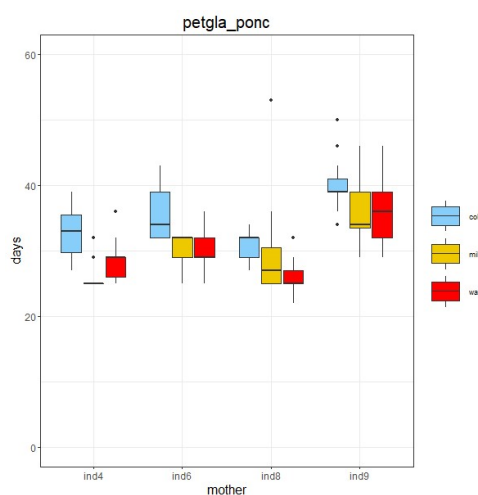


Figura 94: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.



*Petrocoptis pyrenaica*  
*ssp. pyrenaica*



Se estudiaron dos poblaciones para esta subespecie, Aia y Arcena\*, que presentan una germinación media muy baja que oscila entre el 68.6% en Aia y el 31.7% en Arcena. En ambos casos, la germinación a temperaturas cálidas es bajísima, por debajo del 25%, pero en Aia las germinaciones en los otros dos tratamientos son muy altas, no así en Arcena (figuras 95 y 96 en Aia, y 99 y 100 en Arcena). De esta manera, 7 de 8 individuos han presentado germinación significativamente menor en Aia a temperaturas cálidas y 3 de 7 en Arcena (figuras 96 y 100). También es destacable que el individuo 2 de Aia presenta solo una germinación superior en temperaturas templadas (figura 86 y FT12.1 de la Ficha Técnica XII).

La similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones es muy baja (56.7%). La germinación solo se parece en temperaturas cálidas ( similitud del 93.5 %) frente al 56.7% del tratamiento frío y el 39.1% del templado (tabla FT12.1 en la Ficha Técnica XII).

La viabilidad de las 720 semillas estudiadas para la especie es del 83%, valor inferior al estimado con 92 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica XII).

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido ha oscilado entre 4 y 5 semanas siendo en Aia la germinación significativamente más lenta en el tratamiento cálido y en Arcena significativamente más lenta en el tratamiento frío (figuras 97 y 101).



Foto 40: *P. pyrenaica* ssp *pyrenaica* formando un denso cojín.



Foto 41: *P. pyrenaica* ssp *pyrenaica* en flor.

Entre las variables temperatura y planta madre se explica un 50% en el caso de Aia y más de un 30% en el caso de Arcena y ambos casos, el efecto de la temperatura y la planta madre es igual de importante (tablas 25 y 26). En las dos poblaciones se observan individuos con patrones diferentes como pueden ser aia1 y aia9 con tiempos de germinación parecidos entre los tres tratamientos, en comparación con aia4 y aia11 que muestra un claro retraso en el tratamiento cálido. En el caso de Arcena, destaca el individuo 9 que solo germinó en temperaturas cálidas a pesar de las limitaciones mostradas por el resto de individuos de la población.

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica XII correspondiente a la especie.

\**Petrocoptis lagascae* (Wilk.) Wilk. está incluida como *P. pyrenaica* ssp *glaucofolia* en flora iberica, pero cuenta con diferentes características que la acercan a *P. pyrenaica* ssp *pyrenaica*, no en vano es un taxón intermedio geográficamente entre ambos.

*Petrocoptis pyrenaica*  
*ssp. pyrenaica*



Petpyr\_aia

Tasa de germinación

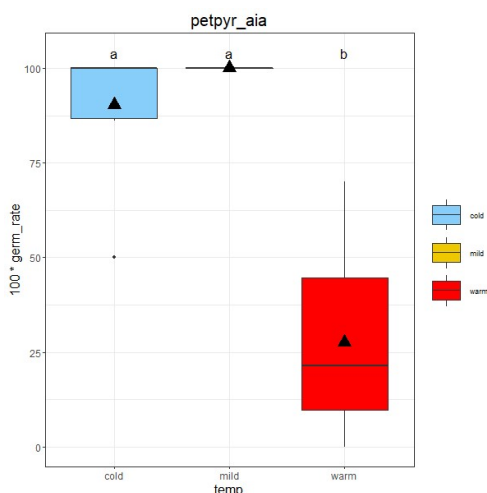


Figura 95: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	light & yellow	light & red	yellow & red
1	NS	**	***
2	***	NS	***
3	NS	***	***
4	NS	NS	*
8	NS	***	***
9	NS	NS	NS
10	NS	***	***
11	NS	***	***
Petpyr AIA	***	***	***

Figura 96: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 25: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	24.5	25.3	50.2

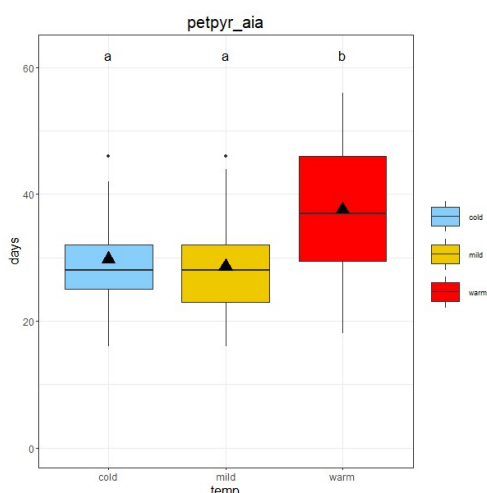


Figura 97: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

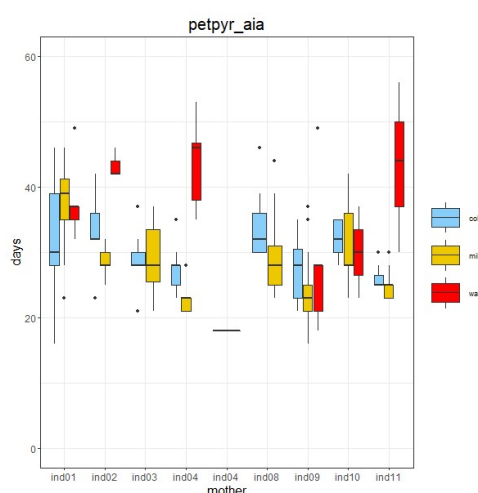


Figura 98: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis pyrenaica*  
*ssp. pyrenaica*



Petpyr\_arce

Tasa de germinación

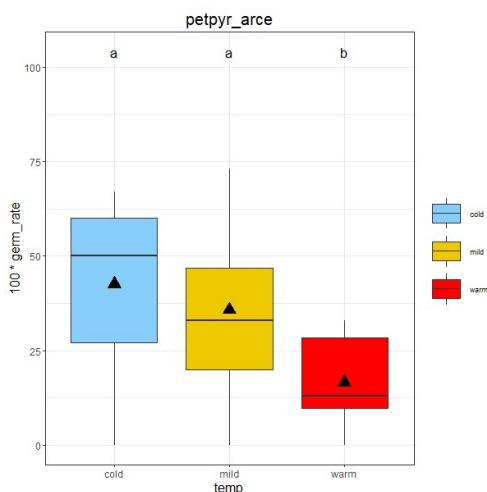


Figura 99: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

Mother	cold & mild	cold & warm	mild & warm
1	NS	NS	*
8	NS	NS	NS
9	NS	NS	NS
10	NS	***	NS
11	NS	NS	NS
12	NS	NS	NS
13	NS	*	***
Petgla ARCE	NS	***	***

Figura 100: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 26: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	14.2	17.4	68.4

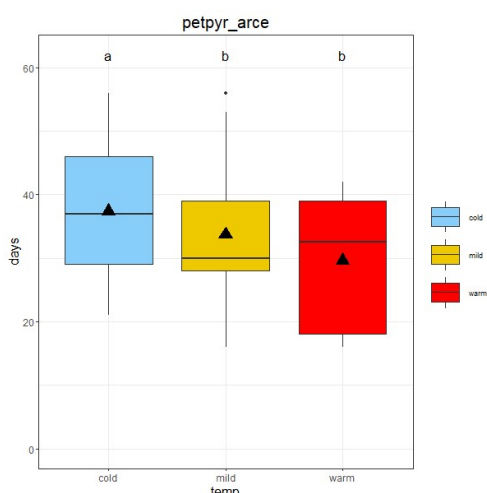


Figura 101: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

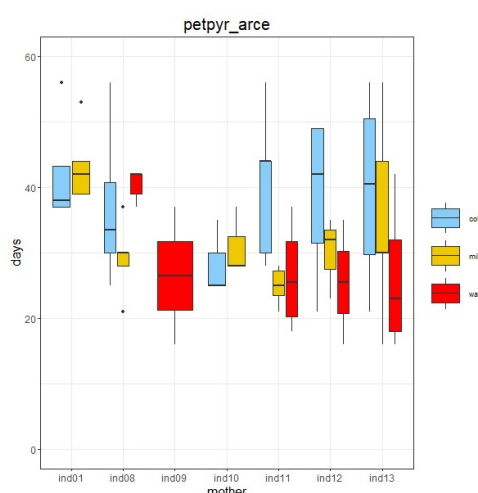


Figura 102: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis pyrenaica*  
ssp. *viscosa*



Se estudiaron dos poblaciones para esta subespecie, Cornatel y Peñas de Ferradillo, que presentan una germinación media baja que oscila entre el 68.3% en Cornatel y el 81.1% en Ferradillo. En ambos casos la germinación a temperaturas cálidas es significativamente menor (figuras 103 y 104 en Cornatel, y 107 y 108 en Ferradillo). En ambas poblaciones, además, el tratamiento frío produjo más del 90% de germinación, siendo significativamente mayor la germinación que el tratamiento templado en Ferradillo (figuras 107 y 108). Todos los individuos de Cornatel y 4 de Ferradillo presentan una germinación significativamente menor en el tratamiento cálido (Figuras 104 y 108).

La similitud media entre la tasa de germinación de ambas poblaciones es alta (78.1%) especialmente en los tratamientos frío (95.9%) y templado (96.6%), siendo la similitud mucho menor en el tratamiento cálido (62.5%) por la excepcionalmente baja germinación encontrada en Cornatel (tabla FT13.1 en la Ficha Técnica XIII).

La viabilidad de las 720 semillas estudiadas para la especie es muy cercana al 100%, coincidente con la estima hecha con 90 semillas en test de tetrazolio (Ficha Técnica XIII).

En cuanto al tiempo de germinación medio requerido es de alrededor de 4 semanas, observándose un retraso significativo de pocos días en el tratamiento cálido de Cornatel, así como un ligero adelantamiento significativo en el tratamiento frío de Ferradillo (figuras 105 y 109).



Foto 42: *P. pyrenaica* ssp *viscosa* anclada a la roca.



Foto 43: *P. pyrenaica* ssp *viscosa* en flor.

Entre las variables temperatura y planta madre se explica casi un 50% en ambas poblaciones, siendo más intenso el efecto de la planta madre en el caso de Cornatel (tabla 27) y el de la temperatura de tratamiento en el caso de Ferradillo (tabla 28 ). En la población de Cornatel encontramos dos individuos que no cumplen el patrón de retraso en la germinación en tratamientos cálidos visto en este taxón. Son, concretamente, corn2 y corn8, que muestran un intenso retardo en la germinación de sus semillas en condiciones frías (figura 106). En Ferradillo, encontramos el individuo 3.1, que muestra un retardo general en la germinación de sus semillas, especialmente marcado para el tratamiento cálido (figura 110).

Los resultados detallados se muestran en la Ficha Técnica XIII correspondiente a la especie.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





*Petrocoptis pyrenaica*  
*ssp. viscosa*



Petvis\_corn

Tasa de germinación

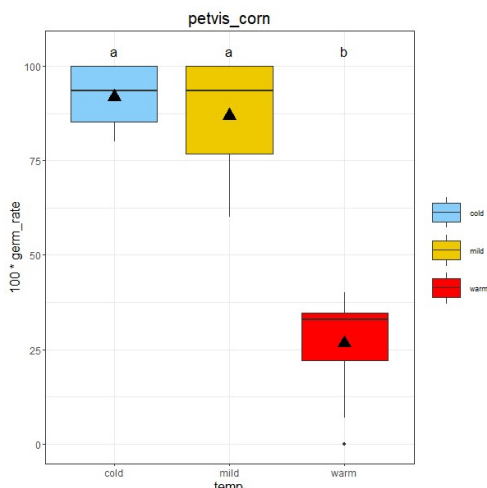


Figura 103: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

Mother	cold & mild	cold & warm	mild & warm
2	NS	**	***
3	NS	***	***
5	*	***	NS
7	NS	*	NS
8	NS	***	**
9	NS	***	***
Petvis CORN	NS	***	***

Figura 104: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 27: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	13.5	33.8	52.7

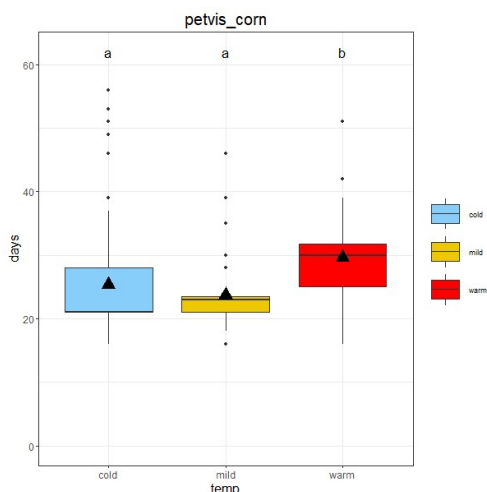


Figura 105: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineares generalizados.

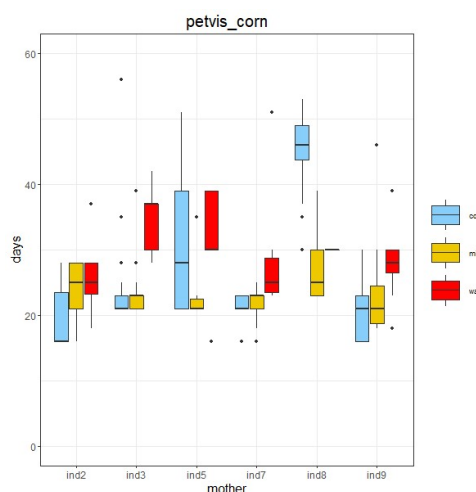


Figura 106: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

*Petrocoptis pyrenaica*  
*ssp. viscosa*



Petvis\_ferr

Tasa de germinación

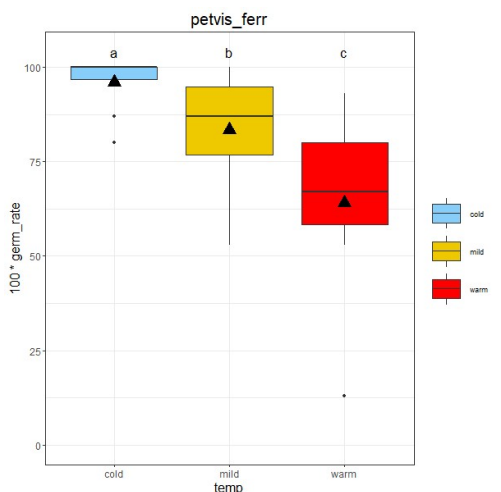


Figura 107: Porcentaje de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

Mother	blue & yellow	blue & red	yellow & red
1.1	NS	NS	NS
1.3	NS	*	NS
2.1	NS	***	**
2.2	*	*	NS
2.3	NS	NS	NS
3.1	NS	***	NS
Petvis FERR	***	***	***

Figura 108: Significación de la prueba de proporción por pares de tratamiento para individuos y población. NS: No sig. \* 0.05<p<0.01; \*\*0.01<p<0.001; \*\*\*p<0.001.

Tiempo de germinación

Tabla 28: Porcentaje de variación explicada en el tiempo de germinación.

Fuente de variación	Temperatura (N=3)	Madre (N=6)	Resto
%	27.5	19.9	52.6

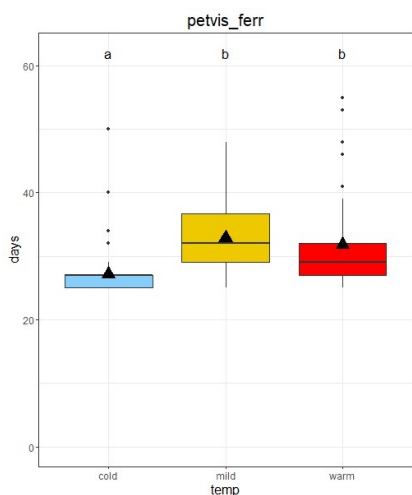


Figura 109: Tiempo de germinación por tratamiento. Significación basada en modelos de efectos mixtos lineales generalizados.

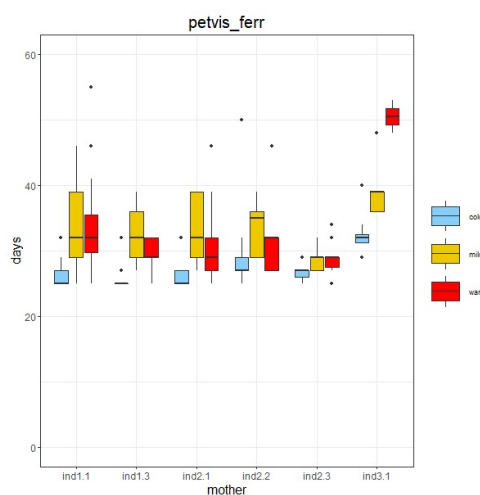


Figura 110: Tiempo de germinación por planta madre y tratamiento.

## Seguimiento temporal de la germinación en *Petrocoptis pyrenaica* ssp *viscosa*

Tras los ensayos de germinación y la realización de las pruebas pertinentes para saber el estado de las semillas no germinadas (Bacchetta & al., 2008), se encontró que, en algunos casos, en el tratamiento cálido sobre todo, las semillas presentaban embriones desarrollados, con radícula y cotiledones, pero que no habían sido capaces de romper la testa. Esto podría significar que las altas temperaturas impedían a la plántula ya preparada emerger al exterior.

Para estudiar este efecto en profundidad se diseñó un experimento específico con semillas de *Petrocoptis pyrenaica* ssp *viscosa* de Cornatel, una localidad donde este efecto fue muy acentuado. En la figura 111 se indica la localización exacta dentro del Castillo de las plantas madres que produjeron semillas suficientes para ser usadas en el experimento.



**Figura 111:** Ubicación en el Castillo de Cornatel de las madres de *Petrocoptis pyrenaica* ssp *viscosa* usadas en su seguimiento temporal de la germinación.

Se partió de 1920 semillas y se sembraron 64 placas de cada tratamiento de temperatura (192 placas en total) con diez semillas por placa. Como en toda la metodología PRIOCONEX, se controló el efecto de la planta madre, por lo que se replicó la procedencia materna de las semillas en cada tratamiento. De esta manera, las 64 placas por tratamiento se obtienen de tener 8 orígenes de semillas diferentes (5 plantas madre individuales (2 de ellas duplicadas) + 1 sets de mezcla de semillas) repetidas 8 veces como se indica en la figura 112.

Tras el periodo de estratificación fría a 4° en oscuridad de dos semanas, se aplicaron los tratamientos de temperatura a los bloques de 64 placas correspondientes y desde el día 14 hasta el 49 se realizaron cortes cada semana en una de las placas del grupo de 8, como se indica en la figura 111. En las placas restantes se fue apuntando la germinación, eso sí, reduciendo el número de semillas estudiadas en cada caso debido a la pérdida de semillas. De esta manera, en el conteo final quedaban 20 semillas por grupo (2 placas) y 160 por tratamiento (8 grupos x 2placas), más de las 120 semillas usadas en GERM-COMP por tratamiento (Ficha Técnica XIII).



Figura 112: Esquema del seguimiento temporal de la germinación en *Petrocoptis pyrenaica ssp viscosa*. El esquema indica el procedimiento hecho para cada tratamiento de temperatura (frio 4/14°, templado 12/22° y cálido 20/30°). Se realizaron 8 grupos de 8 placas con 10 semillas por placa teniendo controlado el origen materno de las semillas en 7 de ellos, menos en el octavo que se realizó con mezcla de semillas. Tras el pretratamiento se indican los momentos en los que se realizaron cortes de las semillas no germinadas en una placa por grupo, reduciendo así las placas que continúan el experimento.

De dos plantas madres, la 4 y la 6, se obtuvieron semillas suficientes para realizar dos grupos. Se decidió incluir un grupo mezcla de semillas del resto de individuos recolectados en Cornatel, para simular las prácticas habituales de recolección en la conservación *ex situ* que no separan las semillas atendiendo al origen materno.

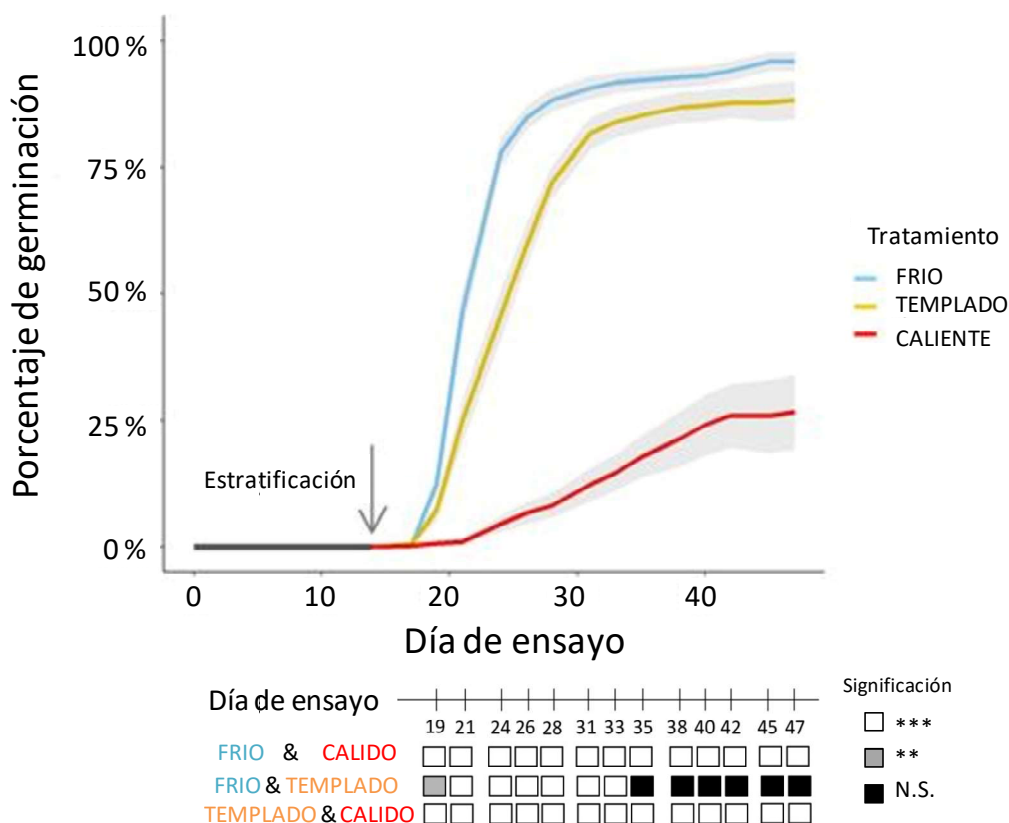


Figura 113: Evolución de la germinación en el seguimiento temporal de la germinación en las semillas de *Petrocoptis pyrenaica ssp viscosa*. Se indica la evolución temporal de la germinación por tratamiento mediante colores y la significación en la comparación por pares en los diferentes puntos temporales en los que se evaluó la germinación.



Como se muestra en la figura 113, el patrón de germinación fue concordante con lo descrito previamente para la población (figura 103), máxima germinación en frío, germinación muy parecida en el tratamiento templado y una drástica reducción de la germinación en el tratamiento cálido. En la figura 113 se observa que la diferencia observada entre los tratamientos frío y templado fue un ligero retardo en este último en la germinación. Desde el principio se observó diferencias significativas en la germinación en el tratamiento cálido.



Foto 44: Jon Zabala afrontando el recuento de la germinación de *Petrocoptis pyrenaica* ssp *viscosa* en las primeras semanas.

Al estudiar el estado de las semillas en cada momento del experimento se observó que el pretratamiento frío fue suficiente para que el embrión se empezara a desarrollar y se encontraran ya los cotiledones y las radículas formadas a las 2 semanas, como muestra la figura 114. Por lo tanto, la falta de germinación en el tratamiento cálido se debe a una incapacidad de completar el desarrollo del embrión o la plántula y emerger, puesto que se ha comprobado que tras el pretratamiento prácticamente el 100% de las semillas viables estaban preparadas para emerger con el embrión desarrollado en radícula y cotiledones. Las fotos 45, 46 y 47 muestran ejemplos de estas situaciones.

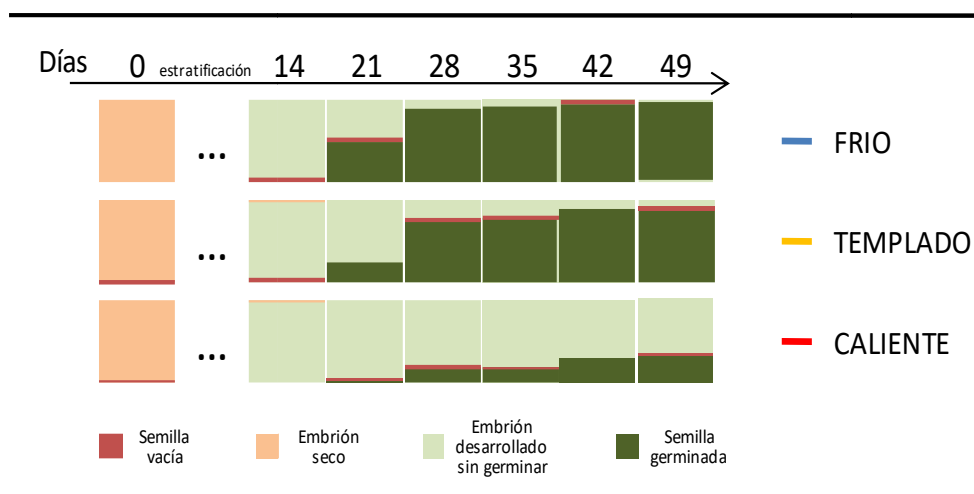


Figura 114: Estado del embrión de las semillas de *Petrocoptis pyrenaica* ssp *viscosa* a lo largo del seguimiento temporal de su germinación. Se representa mediante diferentes colores la proporción de semillas asignada a cada caso en cada momento temporal en que se realizaron cortes de semillas (Ver fotos 45, 46 y 47 para detalles de las clases de semillas).



**Foto 45:** Semilla vacía. Corte de una semilla de *Petrocoptis pyrenaica* ssp *viscosa* vacía.

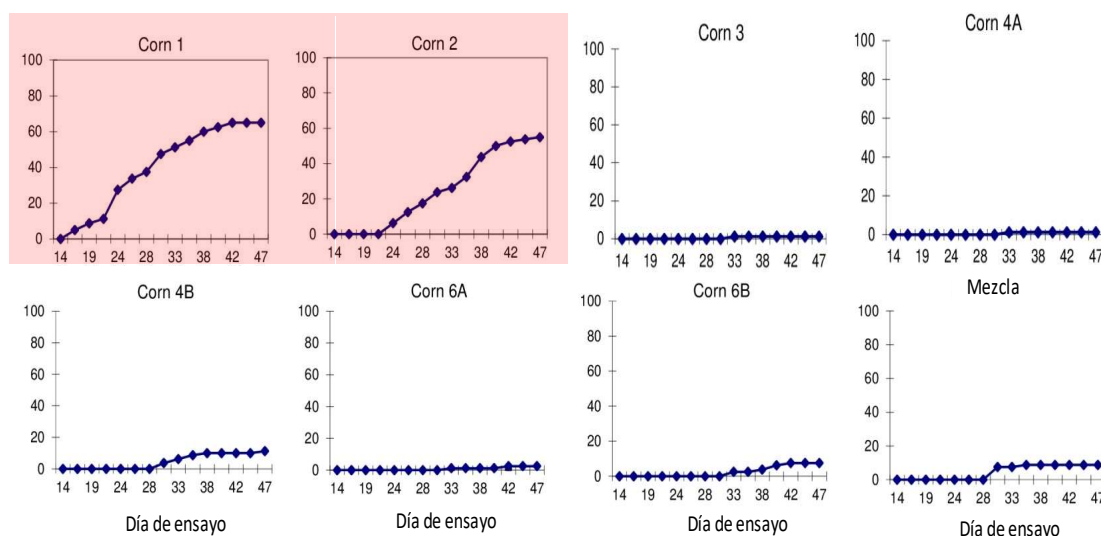


**Foto 46:** Embrión desarrollado sin germinar. Corte de una semilla de *Petrocoptis pyrenaica* ssp *viscosa* tras 5 semanas de tratamiento cálido. El embrión se ha desarrollado pero no ha podido romper la testa y emerger y empieza perder vigor.



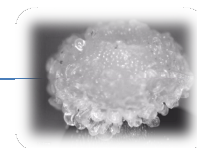
**Foto 47:** Semilla germinada. Corte de una semilla de *Petrocoptis pyrenaica* ssp *viscosa* tras 2 semanas de tratamiento frío. La radícula asoma por el poro del estrofiolo.

Como resultado final, la figura 115 muestra que la germinación en el tratamiento cálido fue dependiente de la planta madre. Prácticamente toda la germinación encontrada se debe a los individuos 1 y 2 que, como se aprecia en la figura 111, comparten núcleo poblacional. Los individuos 3, 4 y 6 provienen de un núcleo muy cercano, con la misma orientación y condiciones ambientales, pero en este caso muestran una ausencia total de capacidad para emerger en el tratamiento cálido. En la mezcla de semillas se observa una leve germinación, que puede deberse al efecto concreto de algunos individuos con comportamiento como el 1 y 2 pudiendo suponer el proceso de germinación a esta temperatura un cuello de botella.



**Figura 115:** Serie de germinación temporal de cada uno de los 8 grupos de semillas definidos en la figura 111.

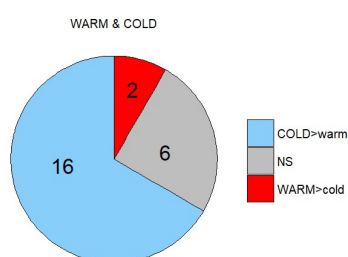
*Petrocoptis* sp.



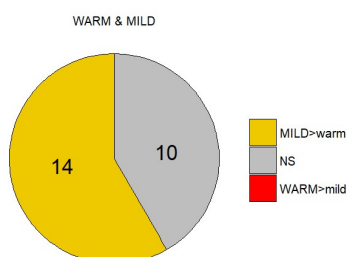
Todos los datos expuestos anteriormente se resumieron agrupados por población o agrupados por planta madre. Como se observa en la figura 116, la mayoría de las poblaciones presentaban una germinación significativamente mejor en condiciones frías que en cálidas, aunque en dos situaciones, la población de *P. pseudoviscosa* de El Run y la de *P. montsiciana* de Beranuy, geográficamente cercanas aunque de taxones diferentes, la germinación ha sido mayor a temperaturas cálidas.

Al comparar temperaturas cálidas con templadas, en ningún caso se ha encontrado mejor germinación a temperaturas cálidas, y casi en dos tercios de las poblaciones las temperaturas templadas fueron significativamente mejores para la germinación (figura 117).

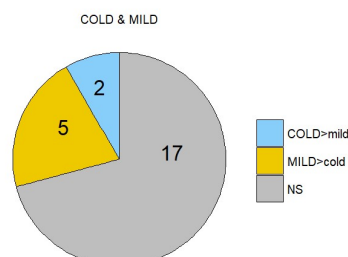
Finalmente, la comparación entre temperaturas frías y templadas arroja menos poblaciones con diferencias significativas. Predomina en cualquier caso una peor germinación en frío salvo en los casos de la población de Vilar de Silva de *P. grandiflora* y la de San Emiliano de *P. pyrenaica* ssp. *glaucifolia*, nuevamente poblaciones de especies distintas, pero geográficamente cercanas (figura 118).



**Figura 116:** Número de poblaciones con diferencias significativas entre la germinación a temperaturas cálidas y frías. Los colores indican el tratamiento con mayor germinación.

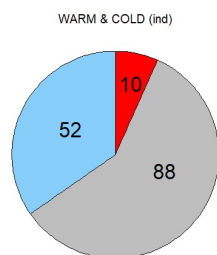


**Figura 117:** Número de poblaciones con diferencias significativas entre la germinación a temperaturas cálidas y templadas. Los colores indican el tratamiento con mayor germinación.

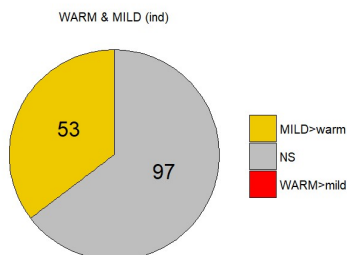


**Figura 118:** Número de poblaciones con diferencias significativas entre la germinación a temperaturas templadas y frías. Los colores indican el tratamiento con mayor germinación.

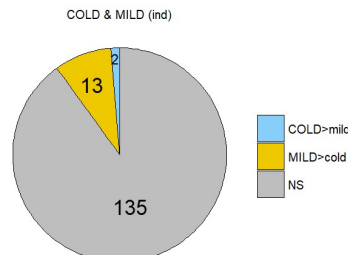
Computando la significación a nivel de planta madre (figuras 119, 120 y 121) el patrón encontrado es similar, detectando 9 plantas madre (6% del total) cuya germinación es mayor a temperaturas cálidas que frías, en un contexto general opuesto. Es lógico que baje la proporción de comparaciones significativas, ya que se dispone de menos eventos por planta madre, que por población.



**Figura 119:** Número de individuos con diferencias significativas entre la germinación a temperaturas cálidas y frías. Los colores indican el tratamiento con mayor germinación.



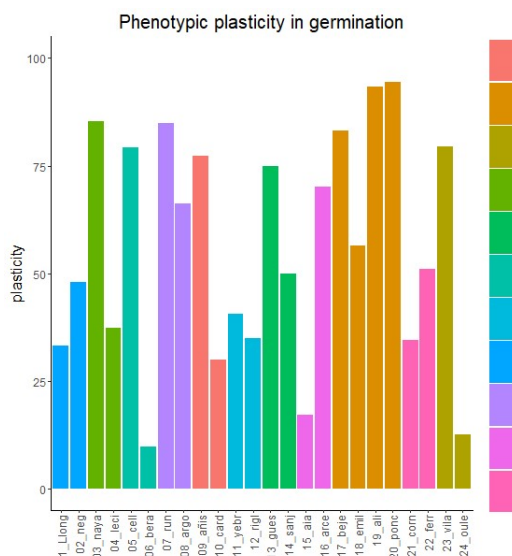
**Figura 120:** Número de individuos con diferencias significativas entre la germinación a temperaturas cálidas y templadas. Los colores indican el tratamiento con mayor germinación.



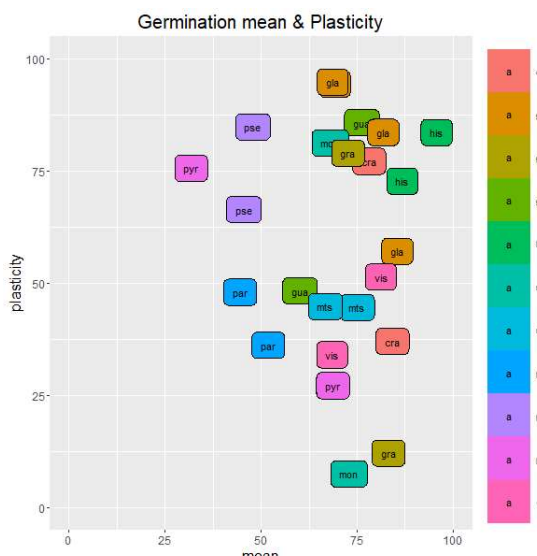
**Figura 121:** Número de individuos con diferencias significativas entre la germinación a temperaturas templadas y frías. Los colores indican el tratamiento con mayor germinación.

## Plasticidad

La figura 122 muestra la plasticidad germinativa ante los diferentes tratamientos de temperatura aplicados en el proyecto. Se observa que hay una gran variabilidad de respuestas, que además no es claramente dependiente de especies ni sigue un gradiente geográfico (las muestras están ordenadas de este a oeste peninsular). Quizá, la única tendencia más o menos clara es que *P. pyrenaica* ssp *glaucofolia* presenta las dos poblaciones con mayor plasticidad y sus 4 poblaciones están entre las 12 más plásticas. Destacan las siguientes tres poblaciones donde se ha encontrado una plasticidad bajísima, indicando que son muy dependientes de unas condiciones concretas de germinación: *P. montsicciana* de Beranuy, *P. pyrenaica* ssp *pyrenaica* de Aia y *P. grandiflora* de Oulego.



**Figura 122:** Plasticidad germinativa ante cambios de temperatura en diferentes poblaciones de *Petrocoptis*.



**Figura 123:** Representación de la Plasticidad germinativa ante cambios de temperatura frente a la tasa de germinación de diferentes poblaciones de *Petrocoptis*.

La plasticidad germinativa ante los diferentes tratamientos de temperatura aplicados debemos ponerla en contexto con la propia germinación, como se muestra en la figura 123. Desde luego que una alta plasticidad sin casi germinación no es un escenario idóneo para la conservación, aunque indica que los posibles problemas de germinación, no radican en la temperatura. Distinguimos un grupo de 8 poblaciones que presentan una alta germinación y una alta plasticidad



Los resultados detallados de cada especie y población se presentan en las fichas Anejas 1-13.

#### 2.2.2.4 Conclusiones generales de GERM-COMP

Las dos especies de *Androsace* estudiadas, *cantabrica* y *pyrenaica*, han mostrado una fuerte dependencia del frío para la germinación, mucha más que las especies de *Petrocoptis*.

En *Androsace cantabrica*, la giberelina parece indispensable a la hora de obtener germinación *in vitro* en condiciones y tiempos estándar. Aunque la mayoría de las condiciones testadas producen muy poca germinación, la combinación de oscuridad, giberelina y frío produce unas tasas de germinación muy altas.

Para *Androsace pyrenaica*, las condiciones no son tan específicas, no habiendo efecto de la oscuridad y siendo el efecto de la giberelina y el frío significativo, pero menos importante que en la especie anterior. Solo con el tratamiento con giberelina se estimula la germinación, que eso sí, vuelve a alcanzar sus valores máximos en oscuridad y tratamiento frío, pero con una tasa de germinación intermedia. Podría resultar necesario seguir buscando algún tratamiento que incremente la germinación, como aumentar, por ejemplo, el tiempo de estratificación.

En el caso del género *Petrocoptis*, parece que las semillas se activan rápidamente, en menos de dos semanas, con el pretratamiento frío en el que adquieren humedad del agar, aunque es cierto que este punto habría que confirmarlo en todas las especies. En la mayoría de las poblaciones las temperaturas cálidas ralentizan y dificultan la germinación, seguramente por la imposibilidad de la radícula y cotiledones de romper la testa en esas condiciones. Sin embargo, existen excepciones a este patrón: 1) parece que *Petrocoptis montsiciana*, la especie de clima más cálido, es mucho más sensible al frío que al calor, en contraposición al resto de taxones del género y 2) se encuentran con frecuencia madres concretas cuyas semillas presentan un patrón de germinación diferente al de la población, concretamente funcionando igual de bien o mejor a temperaturas cálidas que en el resto de tratamientos.

Aunque existe una razonable similitud entre las poblaciones de la misma especie en los patrones de germinación, hay un altísimo componente poblacional, por lo que poblaciones diferentes a las estudiadas deberían ser investigadas a ser posible, y sino tratadas en este marco general de germinación con cautela.

En base a la interpretación conjunta de las tasas de germinación y la plasticidad germinativa se puede establecer una priorización para la conservación que se desarrolla en el apartado de la propuesta de priorización.

Se está preparando una publicación científica para publicar los datos de germinación de *Petrocoptis* para la revista "Global Change Biology" cuyo título tentativo es: "Germination plasticity as a strategy to face climate changes: The example of iberian Cliff endemic *Petrocoptis* A. Braun ex Endl genus".

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



CULT-COMP

2.2.3.1 Diseño

Los diseños de jardín común consisten en cultivar poblaciones diferentes en condiciones similares para comprobar si responden de manera semejante o diferente y para ver en qué rasgos se dan estas diferencias. Encontrar diferencias para un rasgo entre poblaciones diferentes en ambientes similares supone un indicio de diferenciación genética ya sea a nivel de secuencia o de regulación. Si además se repite el diseño de jardín común en diferentes condiciones ambientales, se puede comprobar por un lado si las diferenciaciones genéticas se manifiestan por igual en los diferentes ambientes y por otro la plasticidad fenotípica, entendida como la capacidad de una población (idealmente un genotipo) de cambiar su fenotipo en función del ambiente partiendo del mismo acervo genético.

Finalmente, los cultivos recíprocos son el caso ideal dentro de los experimentos de jardín común. Consiste en el cultivo simultáneo de semillas de diferentes orígenes en las mismas localidades de crecimiento de las poblaciones estudiadas; es decir, plantar semillas de las localidades A y B, tanto en A como B. De esta manera, reproducimos del modo más preciso posible las condiciones ambientales de las poblaciones en estudio. Aunque científicamente es la estrategia deseable, no siempre es una opción viable, por el tiempo, el esfuerzo, el mantenimiento y la incertidumbre que implica tener cultivos en el campo. A esto hay que unirle un peligro potencial de “contaminación genética”, que podría producirse tras el experimento si persisten en las localidades afectadas individuos de otras poblaciones con adaptaciones diferentes.

La integración de la línea CULT-COMP en la metodología pretende evaluar, mediante un proyecto piloto, la idoneidad del género *Petrocoptis* para este tipo de experimentos que son clave para abordar en detalle la respuesta al cambio climático de las especies vegetales y que serán objeto de estudios más pormenorizados en el futuro en caso de éxito.

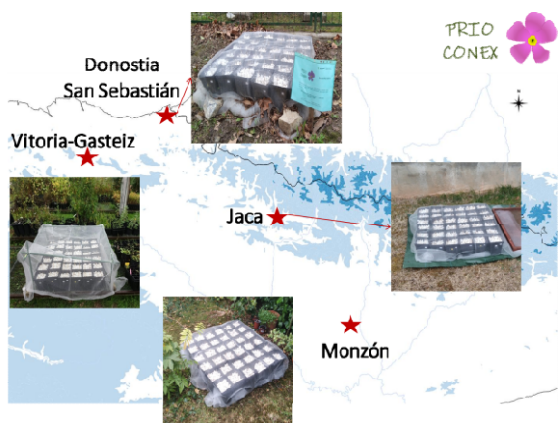


Figura 124: Diseño experimental de la fase 1.



Figura 125: Extremos altitudinales aproximados de las poblaciones de *P. crassifolia*. \*No se indica el lugar exacto de las poblaciones.

Partiendo de estas premisas se ha comprobado si poblaciones con diferente origen altitudinal de *P. crassifolia* responden de manera similar o no en cultivos de jardín común ubicados en localidades con climas contrastados como son San Sebastián (Gipuzkoa), Vitoria (Araba), Jaca (Huesca) y Monzón (Huesca) como muestra la figura 124. Se evaluó si estas poblaciones presentan preferencias climáticas diferentes, si alguna de las poblaciones tiene mayor plasticidad y si esta está relacionada con la diversidad genética.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo

Se eligió *Petrocoptis crassifolia* para estos experimentos por ser una especie restringida (endémica del Pirineo Central español en los Valles de Añisclo, Escuaín y marginalmente en el Cinca), pero que presenta un gradiente de mil metros de desnivel entre sus poblaciones (Figura 125).



Vídeo 6: Presentación de CULT-COM.

### 2.2.3.2 Procedimientos

Este experimento se ha realizado en las siguientes 3 fases:

\*Fase 1: cultivos climáticos sin control de la precipitación.

Esta fase se realizó desde octubre de 2020 hasta septiembre de 2021 y durante este periodo no se protegieron los cultivos ni se les restringió la aportación de humedad por lluvia o nieve de cada localidad. Destacar que en esta fase se produjo el episodio de frío extremo marcado por Filomena. En verano se aplicó riego de supervivencia, que consiste en valorar semanalmente si era necesario un aporte mínimo de agua.

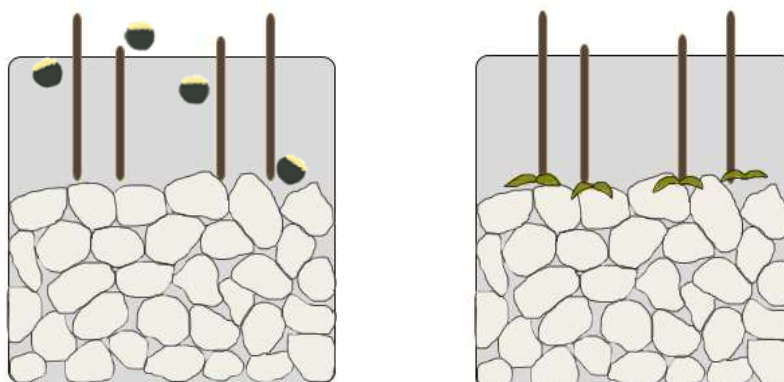


Figura 126: Detalle de la siembra y la germinación en la parte alta de las macetas con piedras en la Fase 1 de CULT-COM. Cada palillo identifica una semilla.

Los cultivos se realizarán en macetas de 10 x 10cm y 15 cm de profundidad, con la siguiente composición de sustrato: entre 3-5 cm de gravilla de caliza en el fondo, unos pocos centímetros de corteza de pino, un sustrato mezcla de turba y arena de proporción 4:1 y con los últimos 3 cm de la maceta con gravilla de caliza (figura 126). Tras preparar las macetas simultáneamente en Jaca, estas se distribuyeron a los diferentes lugares donde se realizarán las siembras. Se sembraron 4 semillas por maceta, alternando entre macetas la procedencia altitudinal a modo de tablero de ajedrez. En total se sembraron 36 macetas, 18 para cada procedencia altitudinal, con un total de 144 semillas por localidad (72 de cada origen altitudinal). Como muestra la figura 128 las macetas se cubrieron con una malla para prevenir la caída de hojarasca y el acceso de pájaros. A esto, se le unió un cultivo control en cámara de cultivo con otras 24 macetas, 12 para cada procedencia, y con 96 semillas en total, con ciclos de 12 horas de 12-24° simulando noche y día. Los cultivos en cámara se hicieron en las instalaciones del Jardín Botánico de Olárizu.

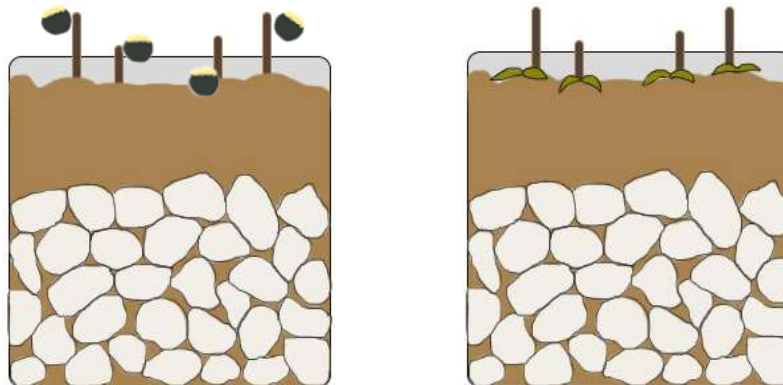
Con el apoyo de:

Colaboran:

Universidad de Vigo

**\*Fase 2: cultivos climáticos con control de la precipitación.**

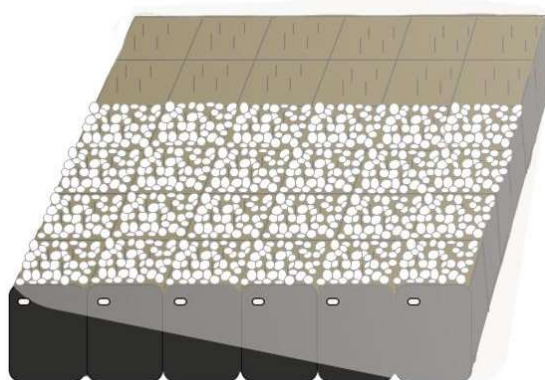
Esta fase comenzó en octubre de 2021 y terminará en septiembre de 2022, por lo que sigue en marcha en el momento de la redacción del presente informe. Por razones evidentes, en este informe solo se presentan los resultados de germinación y supervivencia de este experimento hasta el momento de su redacción y se espera actualizarlo en sucesivas versiones.



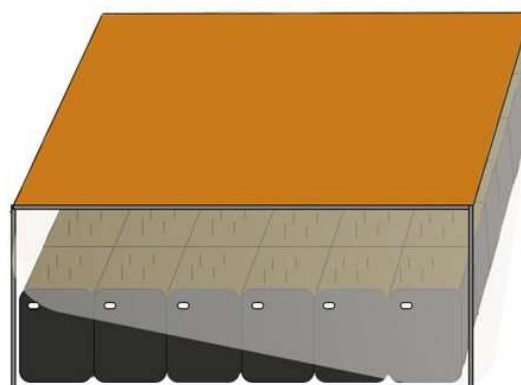
**Figura 127:** Detalle de la siembra y la germinación en la parte alta de las macetas con tierra fertilizada en la Fase 2 de CULT-COM. Cada palillo identifica una semilla.

Como muestra la figura 127, en esta fase 2 se repitió el mismo diseño de sustrato, añadiendo turba fertilizada sobre las piedras y tapando el conjunto de las macetas con ladrillos a unos 50 cm de altura cubiertos a su vez por un plástico (Figura 129). Con los ladrillos se ha pretendido generar el efecto sombra y de techado con las que estas plantas conviven en su hábitat natural. Mediante el plástico además se aseguraba que no hubiera filtraciones a las macetas que pudiera aportar agua de manera diferencial a unas macetas más que a otras. El aporte de agua se realizó para mantener una humedad mínima de supervivencia y se ha evaluado la necesidad de riego una vez por semana. Las semillas utilizadas en la fase 2 fueron recolectadas ese mismo verano y no coinciden con las plantas madre usadas en la fase 1, pero el diseño de siembra fue idéntico.

En ambas fases se ha monitorizado la temperatura de las macetas exteriores mediante los data loggers iButton® (Maxim Integrated) modelo Thermochron (DS1922). Además, se ha recurrido a los datos de las estaciones meteorológicas de AEMET más cercanas para poder comparar y obtener, además, información sobre precipitación y horas de sol.



**Figura 128:** Diseño experimental de la fase 1 con las macetas cubiertas por malla y sin techado.



**Figura 129:** Diseño experimental de la fase 2 con las macetas cubiertas por malla y techado de ladrillo.

**\*Fase 3: cultivos recíprocos.**

En noviembre de 2021 se instalaron en el Parque Nacional de Ordesa y Monte perdido cultivos recíprocos en un malla de 1 x 1 metro para cultivos verticales (figuras 130 y 131). El cultivo se

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



realizó en mallas ancladas a la pared con 36 macetas de tela para prevenir la posible contaminación genética. En esta fase se usaron semillas de las mismas plantas madres usadas en la fase 2 y se sembraron las 36 macetas, 18 para cada procedencia altitudinal, con un total de 144 semillas por localidad (72 de cada origen altitudinal). Se aseguró un riego mensual en la época fría y a partir de la primavera se aplicaron riegos quincenales.



Figura 130: Detalle de la malla vertical usada en los cultivos recíprocos de la fase 3.



Figura 131: Roquedo donde se sitúa la malla vertical usada para realizar los cultivos recíprocos de la fase 3.

En las fases 1 y 2 se realizó una monitorización semanal del estado de las plantas en todas las localidades y en la cámara de cultivo. Concretamente, se midieron los parámetros de germinación que se indican en la figura 132, tiempo de germinación y tiempo de permanencia de la plántula en cotiledones. Además se midieron rasgos de crecimiento como son el tiempo en producir hojas, el tiempo de supervivencia general y el tiempo que se mantuvo la planta viva con hojas (no como plántula). A partir de estos datos se calcularon las tasas de germinación, de maduración y de supervivencia. Los rasgos reproductivos no se pudieron medir porque las plantas no florecieron y, por tanto, tampoco fructificaron.

En la fase 3 de los cultivos recíprocos se planteo el mismo seguimiento de la germinación, pero de manera mensual y quincenal en los meses de primavera.

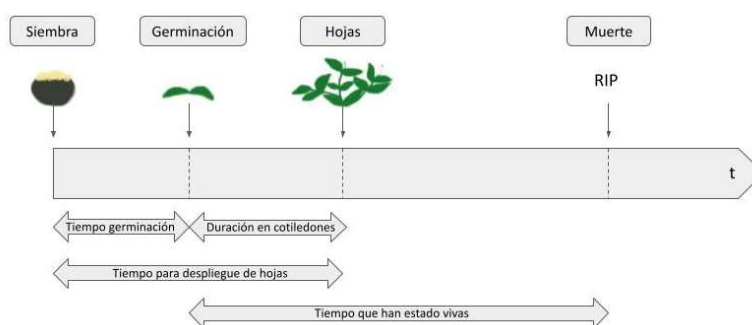
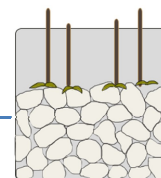


Figura 132: Rasgos para los que se obtuvo información en las fases 1 y 2 de CULT\_COMP.

### 2.2.3.3. Resultados e interpretación.

A continuación se muestran los resultados de las 3 fases.

CULT-COMP: Fase 1



El control en cámara nos sirve como punto de partida para comparar con los resultados al aire libre. En la cámara de cultivo la germinación fue del 85% de las que más del 90% produjeron hojas y tras transcurrir 48 semanas sobrevivieron la mitad (el 41% de las semillas sembradas). Hay que indicar que en las cámaras de cultivo la mortalidad se concentró en las últimas semanas cuando el tamaño de las plantas era muy grande y vigoroso y la competencia empezó a ser un factor relevante (foto 48).



Foto 48: Ejemplo de plantas florecidas en el cultivo de cámara en el Jardín Botánico de Olárizu en Vitoria-Gasteiz en marco del experimento CULT-COMP.

Como se ve en la figura 128 las hojas de las plantas crecidas en cámara presentaron una morfología diferenciada con las de exterior, sin apreciarse diferencias evidentes entre los dos orígenes altitudinales. En la figura 128 se muestran dos coloraciones, aparentemente asociadas a la producción de ceras en la superficie de la hoja y que no atienden a la procedencia altitudinal de las semillas. Esta diferencia ha de ser objeto de mayor estudio, pues supone un fenotipo muy marcado y diferenciado.



Figura 128: Hojas de las plantas crecidas en la cámara de cultivo y en el exterior del Jardín Botánico de Olárizu en Vitoria-Gasteiz.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



El siguiente vídeo resume los resultados de la fase 1 de CULT-COMP



Video 7: Resultados de CULT-COMP.

### 2.2.3.3.1 Germinación en la Fase 1 de CULT-COMP

La germinación media en el conjunto del experimento fue del 73%, siendo significativamente superior en Jaca donde llegó al 89% y significativamente menor en el lugar más cálido, Monzón, donde se quedó en el 58% (Figura129). Estos resultados concuerdan con las germinaciones obtenidas en placa en el experimento GERM-COMP, en el que la germinación media era del 80-90% en tratamientos fríos y templados y se reducía a un 66% en condiciones más cálidas (Ficha Técnica III). Sin embargo, en la figura 130 se muestra como en esta fase de CULT-COMP la germinación de las semillas de Añisclo (población baja) fue levemente superior a las de Carduso (población alta), sin llegar a ser significativa; patrón contrario al que se apreciaba en GERM-COMP (figuras 15 y 19 y Ficha Técnica III).

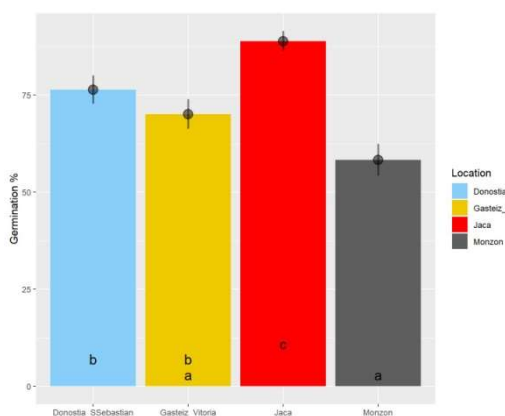


Figura 129: Germinación (%) en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

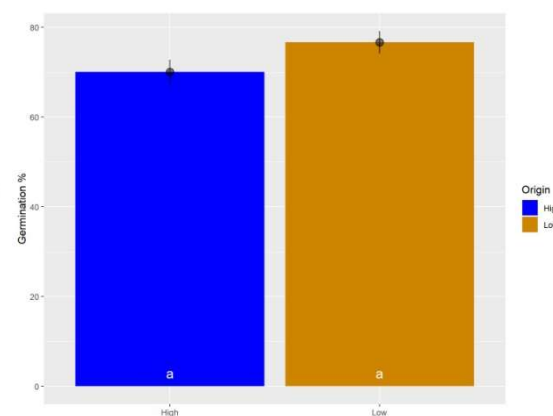


Figura 130: Germinación (%) según el origen de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

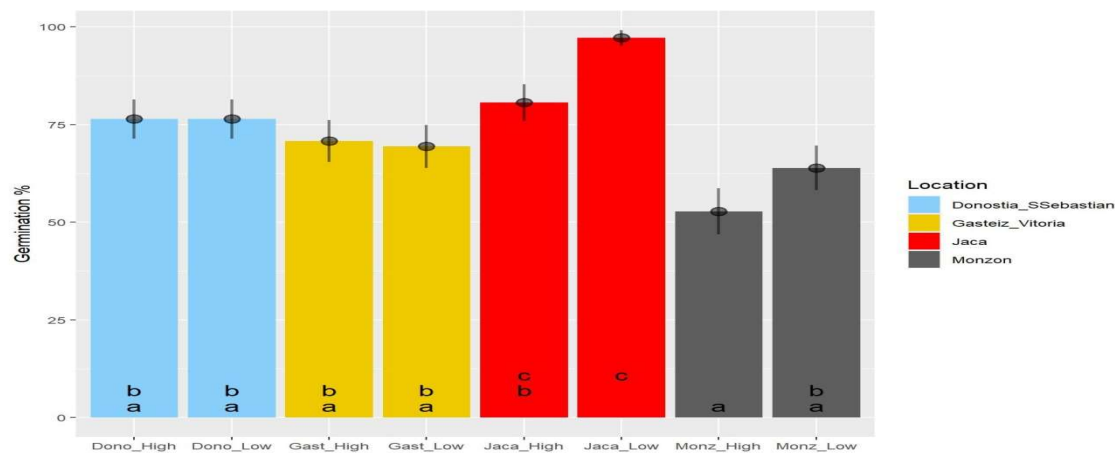


Figura 131: Germinación (%) en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Con el apoyo de:



Colaboran:

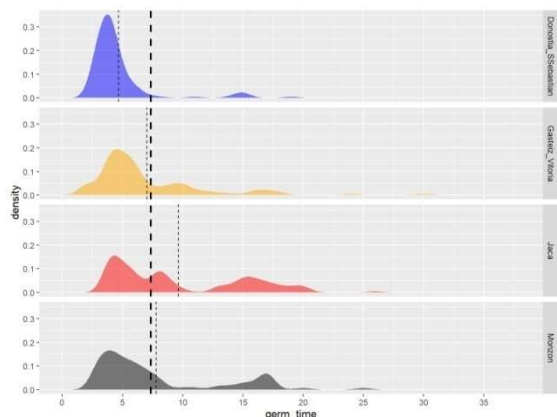


Universidad de Vigo

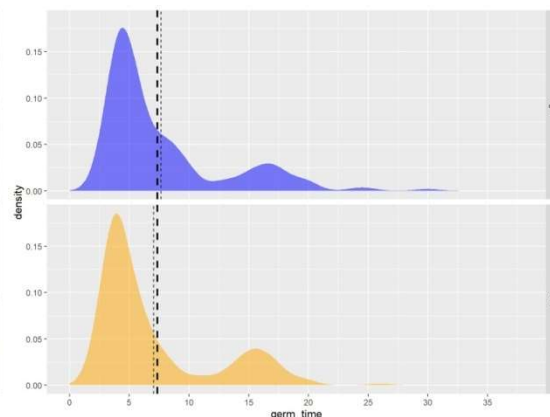


Al estudiar los efectos del origen de las semillas dentro de cada localidad, comprobamos que no se han encontrado diferencias significativas (figura 131), aunque la tendencia es que en los climas más atlánticos, como Vitoria y San Sebastián, no se aprecien diferencias, y en Jaca y Monzón, más continentales, las semillas de Añiselo muestran tendencia a mayor germinación.

Como se aprecia en la figura 132, la germinación se concentró en las primeras 7 semanas, pero se produjo un segundo pico de germinación alrededor de la semana 15 que es muy notorio en la figura 133, donde se parecía que este segundo evento de germinación es común a ambos orígenes. También es relevante que la germinación tardía fue prácticamente inexistente en los meses de primavera y verano. Se acotó el primer pico de germinación hasta la semana 12.

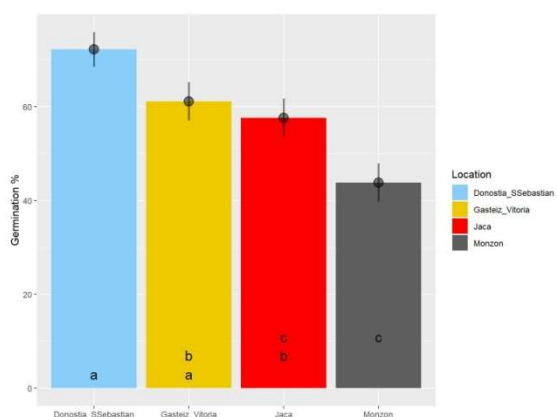


**Figura 132:** Tiempo de germinación en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

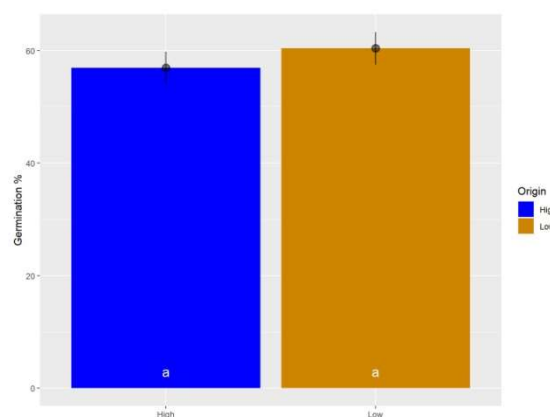


**Figura 133:** Tiempo de germinación según el origen de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

Dado que la mayor parte de la germinación se concentró en el primer pico, se estudió este de manera independiente. En la figura 134 se comprueba que existe un gradiente en la germinación entre las 4 localidades estudiadas, que va desde las máximas germinaciones cercanas al 70% en San Sebastián, hasta los valores cercanos al 40% en Monzón. En este grupo de semillas que germinaron en el primer pico, tampoco se aprecia un efecto en la tasa de germinación por parte del origen (figura 135).



**Figura 134:** Primer pico de germinación (%) en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

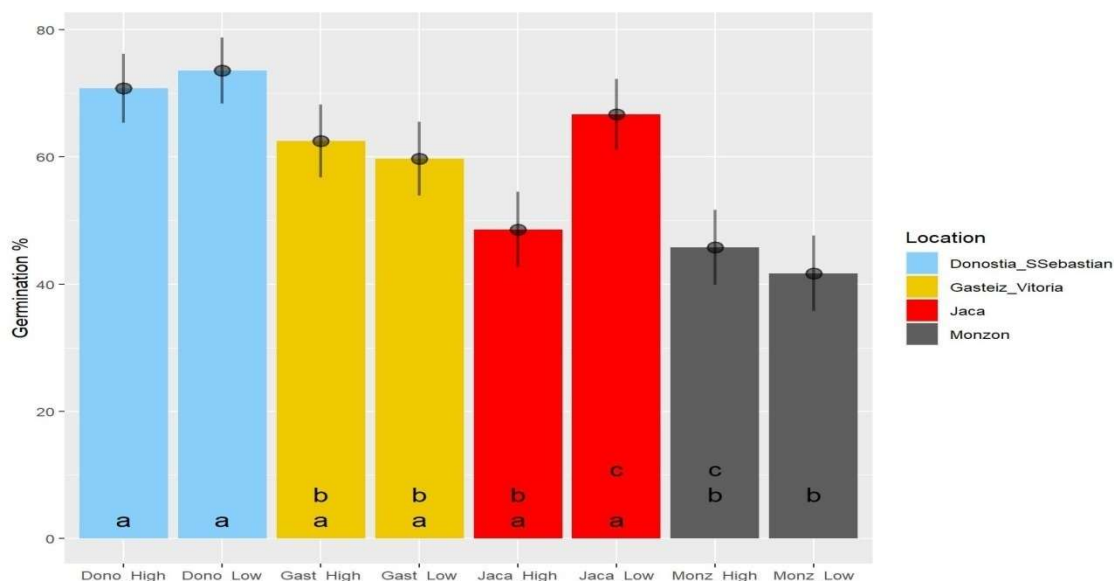


**Figura 135:** Primer pico de germinación (%) según el origen de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

En la figura 136 se puede observar que dentro de las poblaciones tampoco hay diferencias significativas en la tasa de germinación en este primer pico de germinación, manteniéndose un patrón semejante al observado en la figura 131, salvo en el caso de Monzón, donde la germinación en este primer pico fue superior en las semillas de Carduso (población alta), en

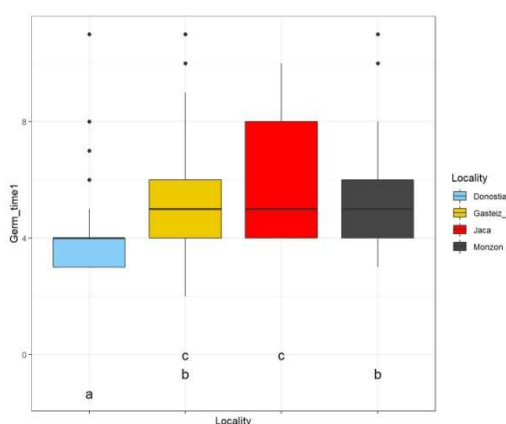


contra de lo observado en el conjunto del experimento. Esto nos indica que en Monzón existió un efecto claro de germinación preferente de semillas de Añisclo (origen altitudinal bajo) en el tiempo posterior a este primer pico que revirtió esta tendencia de germinación.

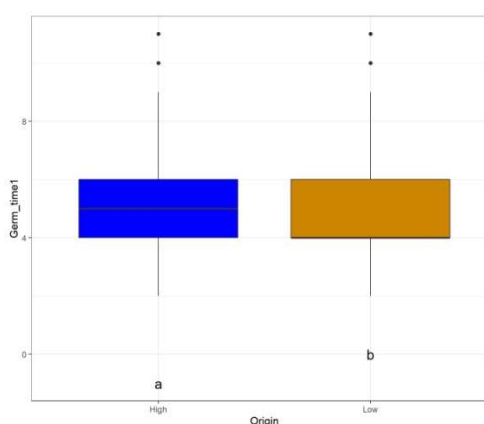


**Figura 136:** Primer pico de germinación (%) en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Al estudiar el tiempo de germinación dentro de este primer pico, ya acotado de por sí a las 12 primeras semanas, las diferencias son también significativas. Concretamente, en Jaca, el tiempo medio de germinación para este periodo es de 6 semanas, significativamente más alto que las 4 semanas de San Sebastián donde la germinación fue más rápida (figura 137). En este caso, sí se encontró una diferencia significativa en el tiempo de germinación atendiendo al origen y a que las semillas de baja altitud (Añisclo) germinaron casi una semana más rápida que las semillas de altura (Carduso), como muestra la figura 138.

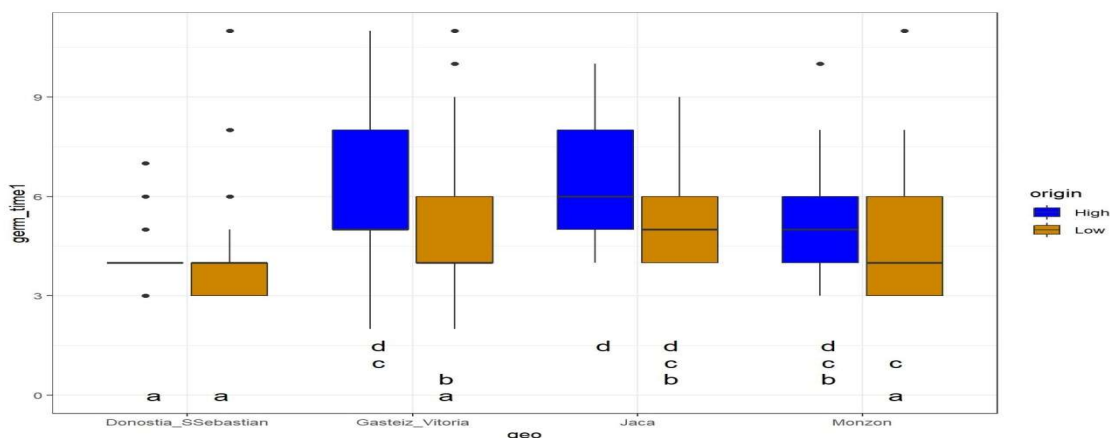


**Figura 137:** Diferencias en el tiempo requerido para el primer pico de germinación entre las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



**Figura 138:** Diferencias en el tiempo requerido para el primer pico de germinación entre los orígenes de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

En la figura 139 se muestran los análisis teniendo en cuenta el origen de las semillas y la localidad de cultivo y se observa que la velocidad en la germinación fue la misma en Aranzadi, independientemente del origen de las semillas, que en Monzón y Jaca la tendencia es al retardo de las semillas de altura, sin ser significativa la diferencia, que sí lo es en el caso de Vitoria.



**Figura 139:** Diferencias en el tiempo necesario para el primer pico de germinación entre las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

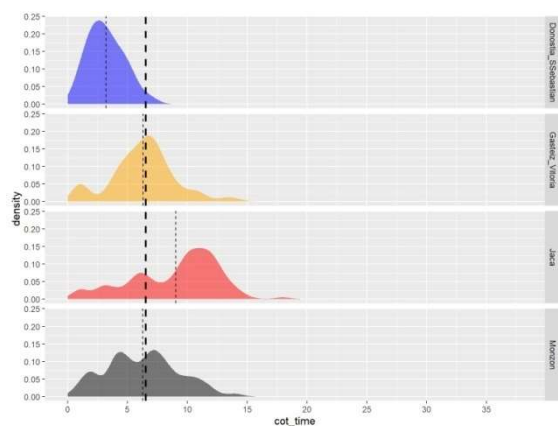


**Foto 49:** Cotiledones de *P. crassifolia* en la fase 1 de CULT-COMP

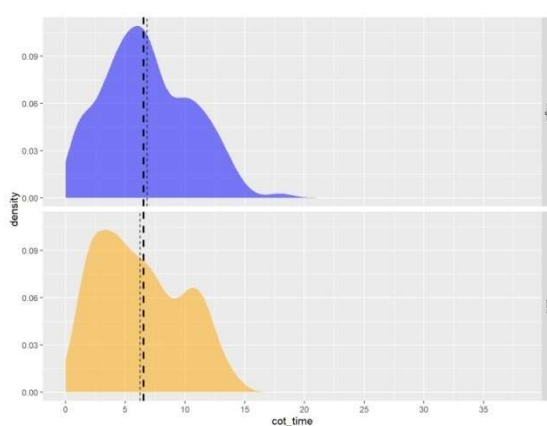


**Foto 50:** *P. crassifolia* con hojas en la fase 1 de CULT-COMP

Una vez germinada la planta y asomados los cotiledones, la producción de hojas no fue siempre inmediata como se muestra en la figura 140, siendo en San Sebastián significativamente más corto el tiempo en que la planta permaneció solo con los cotiledones (3 semanas) y significativamente más alto en Jaca donde llegó a las 9 semanas de media (figura 142). Es decir, en Jaca, las plantas permanecieron en los meses de invierno vivas, solo con los cotiledones desplegados hasta que las condiciones para el crecimiento fueron óptimas. La figura 141 muestra que el origen de las semillas no influye en el tiempo de persistencia en cotiledones de las plántulas de *Petrocoptis crassifolia* germinadas.

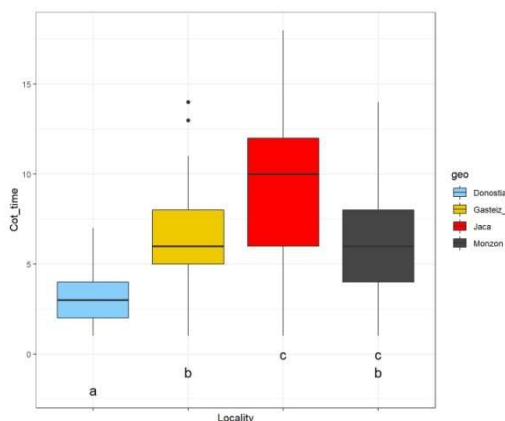


**Figura 140:** Tiempo de persistencia solo con cotiledones en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

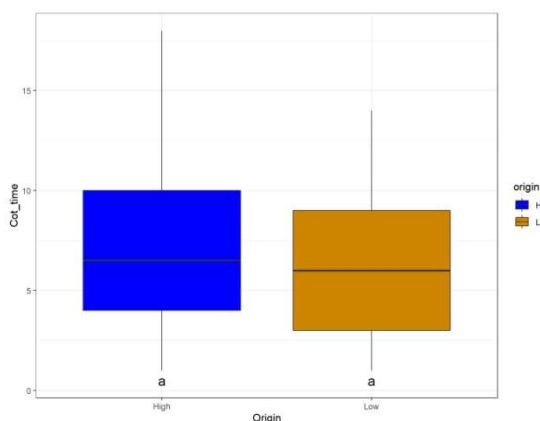


**Figura 141:** Tiempo de persistencia solo con cotiledones según el origen de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

La figura 143 indica que existe una tendencia a que las plantas de Carduso, población de altura, se mantenga algo más de tiempo en cotiledones, pero sin que estas diferencias sean significativas.

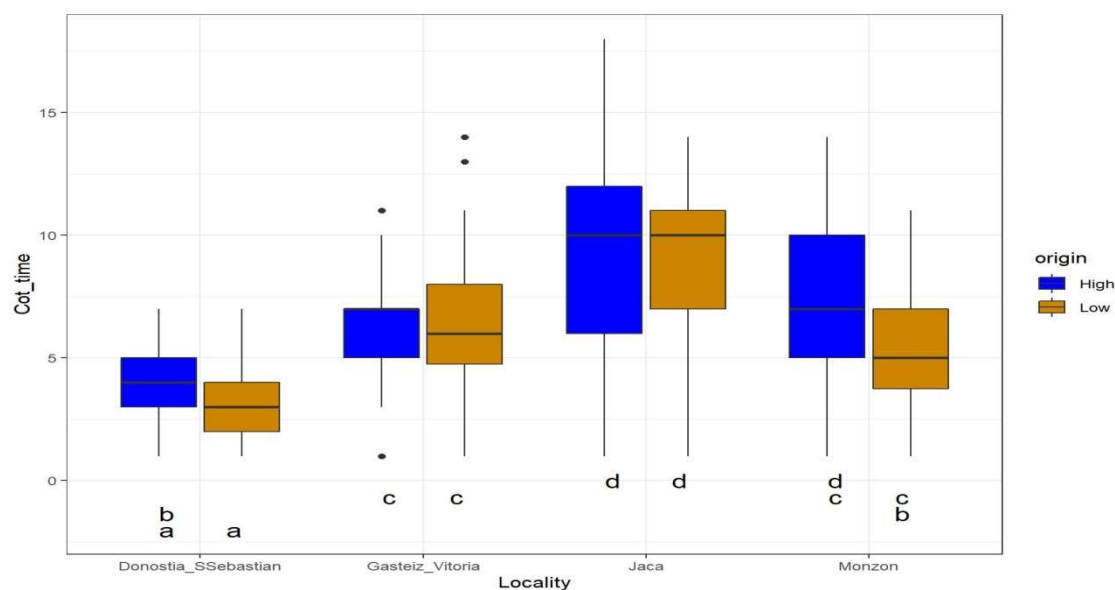


**Figura 142:** Diferencias en el tiempo de persistencia solo con cotiledones entre las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



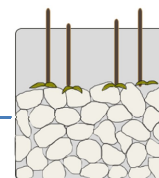
**Figura 143:** Diferencias en el tiempo de persistencia solo con cotiledones entre los orígenes de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

La figura 144 muestra el análisis conjunto del origen altitudinal de las semillas y la localidad de cultivo y resume lo descrito anteriormente, el efecto es principalmente atribuible a la localidad de crecimiento, aunque se observa una tendencia de las plantas surgidas de semillas de Carduso (población alta) a retrasar la producción de las hojas, perdiéndose este efecto en Jaca.



**Figura 144:** Diferencias en el tiempo de persistencia solo con cotiledones entre las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

CULT-COMP: Fase 1



2.2.3.3.1.2 Desarrollo y supervivencia en la Fase 1 de CULT-COMP

La primera etapa de desarrollo tras la germinación, necesaria para el establecimiento de la planta, es la producción de las primeras hojas. En general se aprecia un elevado porcentaje de plantas, 78%, que fueron capaces de crecer de manera autónoma produciendo hojas. La figura 145 muestra como hubo diferencias significativas entre poblaciones, superando en Jaca y Monzón el 80% y quedándose por debajo del 70% en Vitoria y San Sebastián. La figura 146 muestra que existe una tendencia no significativa a que las plantas originadas de semillas de Añisclo (población baja) presenten un mayor porcentaje de plantas que produjeron hojas.

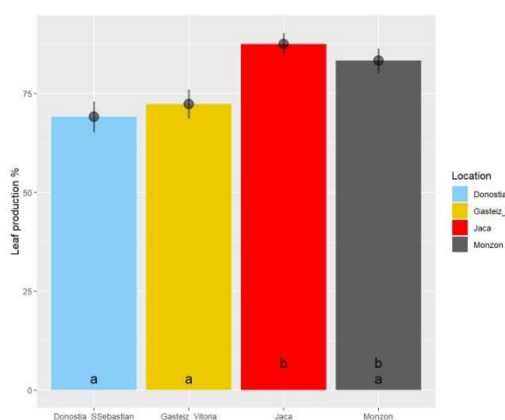


Figura 145: Producción de hojas (%) en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

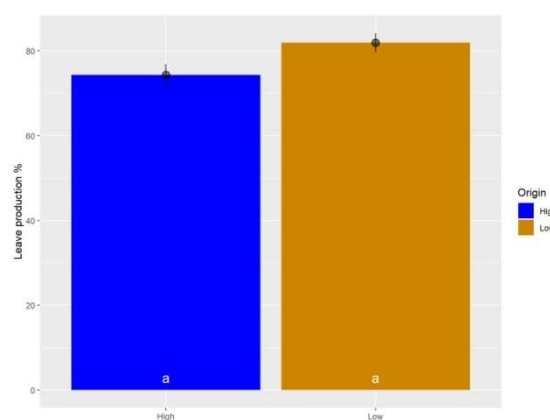


Figura 146: Producción de hojas (%) según el origen de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Como indica la figura 147 el origen de las semillas no tiene influencia en el porcentaje de plantas germinadas que se desarrolló produciendo hojas salvo en San Sebastián, donde se aprecia una significativa reducción de las plantas desarrolladas procedentes de la población alta (Carduso) que fueron del 50%.

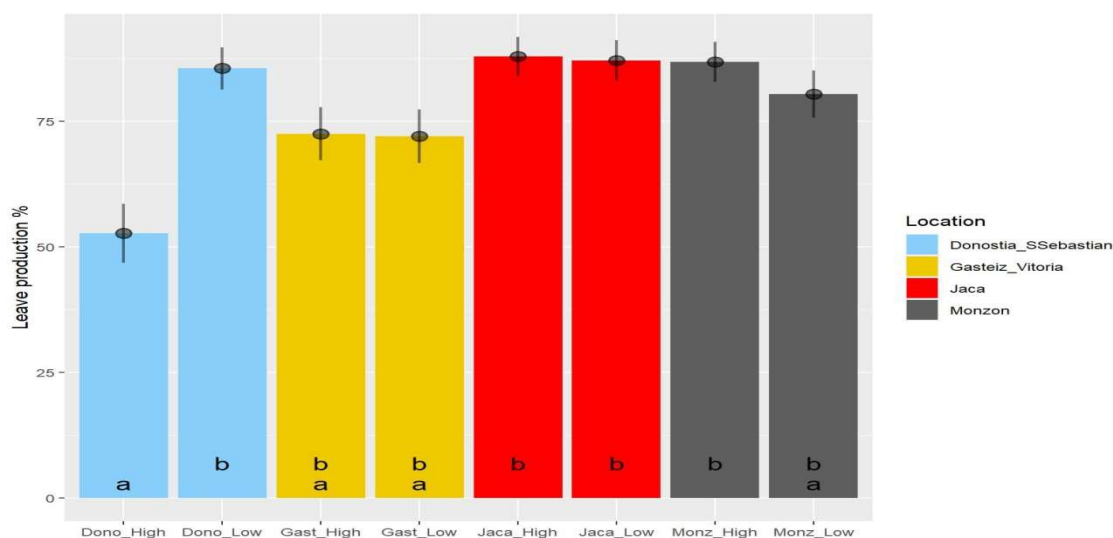
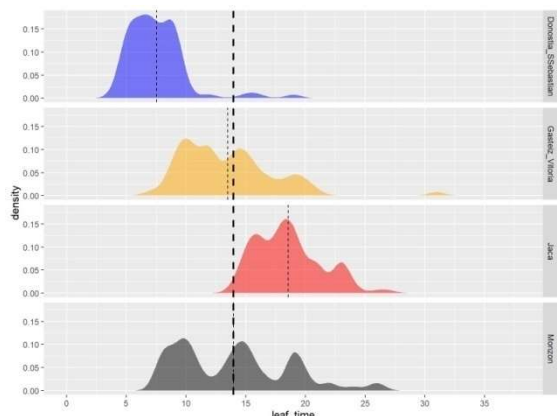


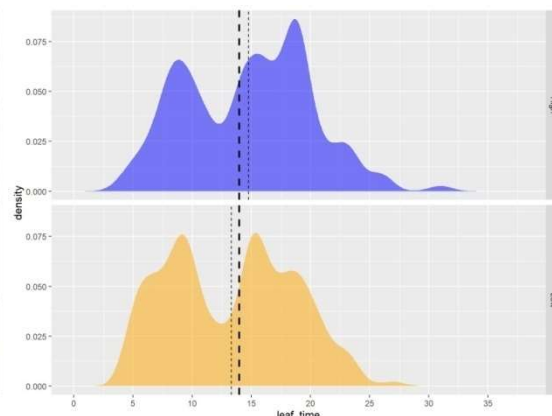
Figura 147: Producción de hojas (%) en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



En la figura 148 se muestra como el tiempo necesario para producir hojas fue muy diferente atendiendo a las localidades, pero muy semejante si se atiende al origen de las semillas (figura 149). Destaca la rápida respuesta observada en San Sebastián y la respuesta cíclica de Monzón.

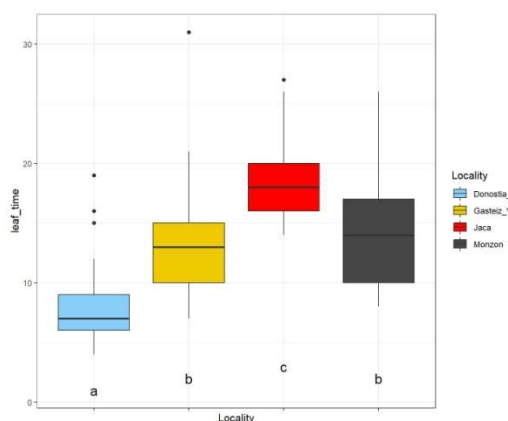


**Figura 148:** Tiempo hasta la producción de hojas en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

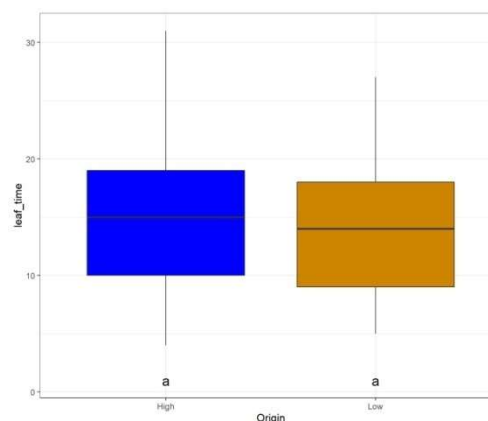


**Figura 149:** Tiempo hasta la producción de hojas según el origen de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

En la figura 150 se muestran que las diferencias fueron significativas para el tiempo de producción de hojas, siendo en Jaca mucho mayor (más de 4 meses de media) en comparación con San Sebastián donde se necesitaron de media 7 semanas desde el inicio del experimento.

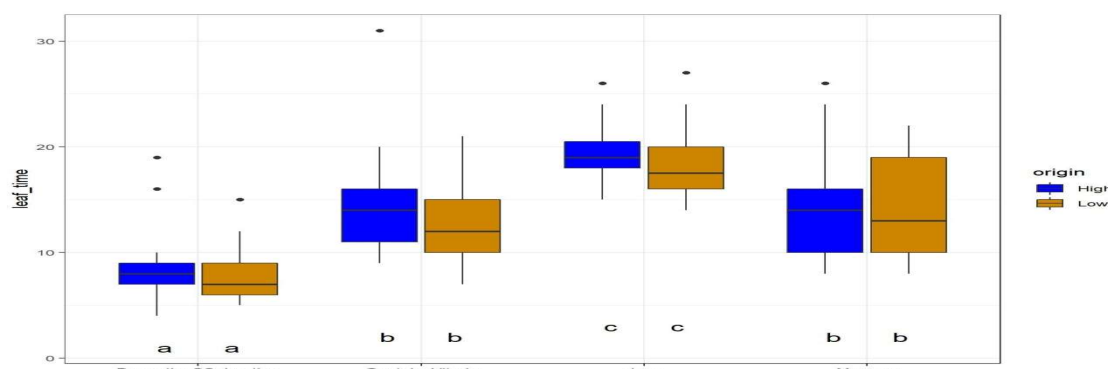


**Figura 150:** Diferencias en el tiempo hasta la producción de hojas entre las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



**Figura 151:** Diferencias en el tiempo hasta la producción de hojas entre los orígenes de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

En sintonía con la figura 151, la figura 152 muestra la ausencia de interacción entre el origen de las semillas y el lugar de cultivo para el tiempo requerido en producir hojas, todas las localidades mostraron el mismo patrón independientemente del origen de las semillas.



**Figura 152:** Diferencias en el tiempo hasta la producción de hojas entre las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



Foto 51: Aspecto de una planta en Monzón durante la fase 1 de CULT-COMP.



Foto 52: *P. crassifolia* vigorosa durante la fase 1 de CULT-COMP en Vitoria.

La supervivencia tras el verano muestra la capacidad de las plantas de establecerse e indica la idoneidad de las condiciones climáticas experimentadas en su conjunto para las plantas de *Petrocoptis crassifolia* (figuras de la 153 a la 160).

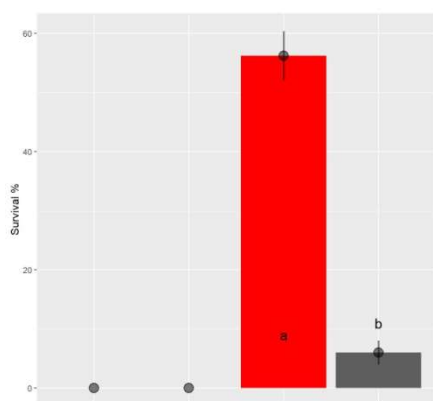


Figura 153: Supervivencia (%) en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

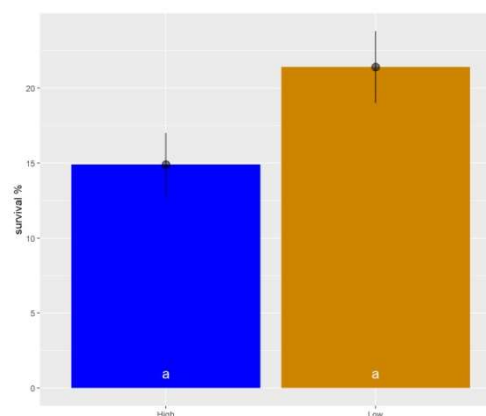


Figura 154: Supervivencia (%) según el origen de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

La figura 153 muestra como solo en Jaca se produjeron las condiciones óptimas para que un alto porcentaje de las plantas se estableciera en las macetas de cultivo. En Monzón también sobrevivieron algunas plantas, pero en Vitoria y San Sebastián las plantas no superaron el verano.

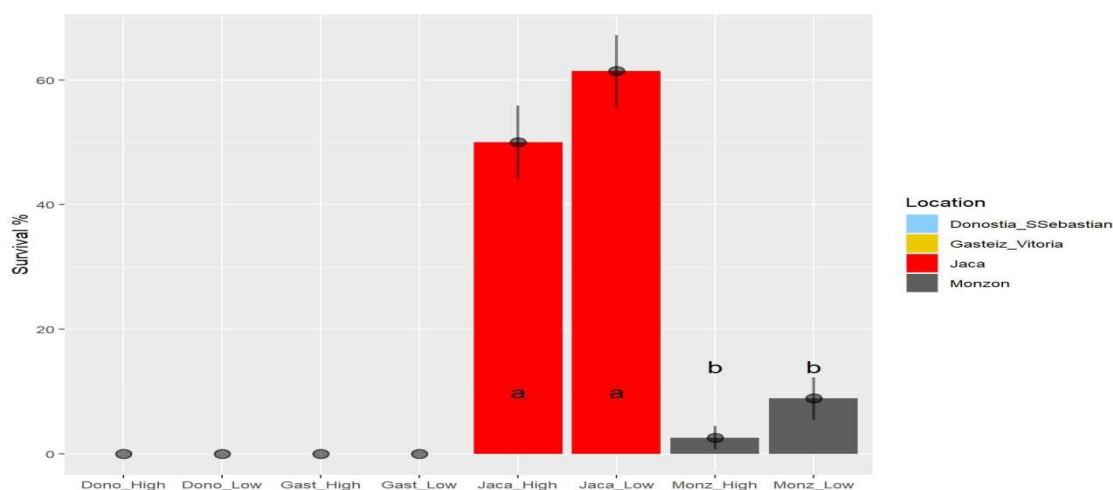


Figura 155: Supervivencia (%) en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



Foto 53: Planta a punto de fallecer en Vitoria durante la fase 1 de CULT-COMP.

Tanto en la figura 154 como en la figura 155 se observa que hay una tendencia a mayor supervivencia de las semillas de altitud baja (Añisclo) en comparación con las de altitud elevada (Carduso), algo que podría indicar diferencias en la capacidad de soportar condiciones cálidas entre las localidades. De hecho, la figura 157, muestra una tendencia también a un fallecimiento más rápido de las plantas de Carduso que las de Añisclo. Atendiendo al tiempo de fallecimiento de las plantas, se observa que en San Sebastián la tendencia fue de una muerte rápida de las plantas mucho antes de llegar al verano, completamente opuesto a lo que ocurre en Jaca, donde la mayoría de las muertes se produjeron en verano. Con un patrón menos marcado y más distribuido encontramos tanto Vitoria como Monzón (figura 156).

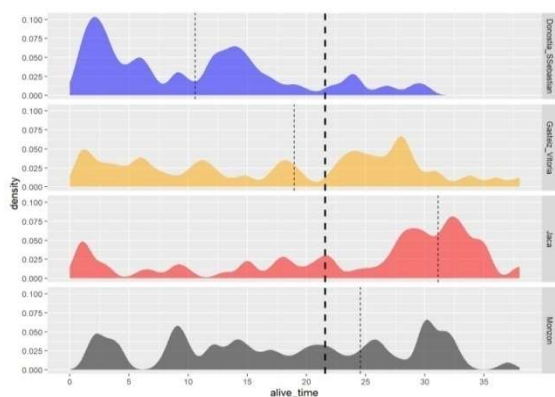


Figura 156: Tiempo hasta el fallecimiento en las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

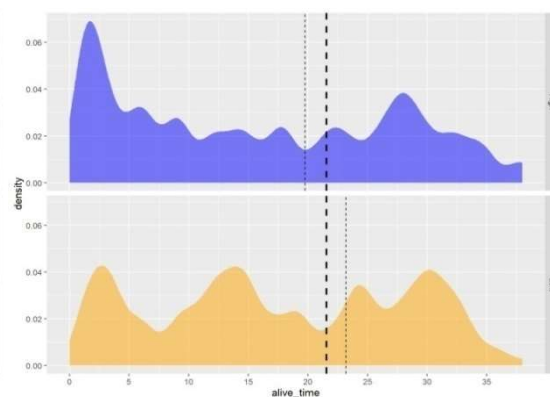


Figura 157: Tiempo hasta el fallecimiento según el origen de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

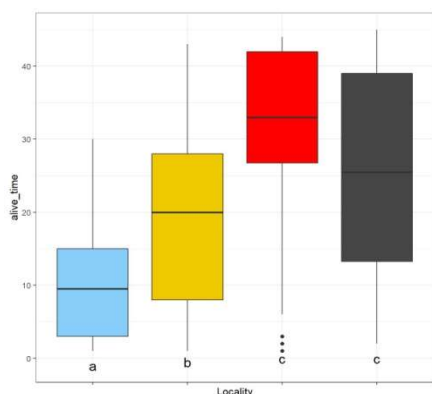


Figura 158: Diferencias en el tiempo de supervivencia entre las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

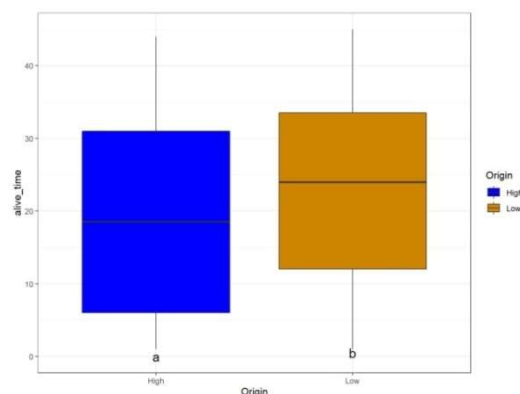


Figura 159: Diferencias en el tiempo de supervivencia entre los orígenes de las semillas en la fase 1 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Esto se traduce en que el tiempo que las plantas estuvieron vivas es significativamente diferente entre localidades, siendo el tiempo medio más bajo en San Sebastian (10.6 semanas) y el más alto en Jaca (31 semanas) como muestra la figura 158. En el caso del tiempo de vida de las plantas germinadas, sí se observan diferencias significativas entre los orígenes de las

Con el apoyo de:



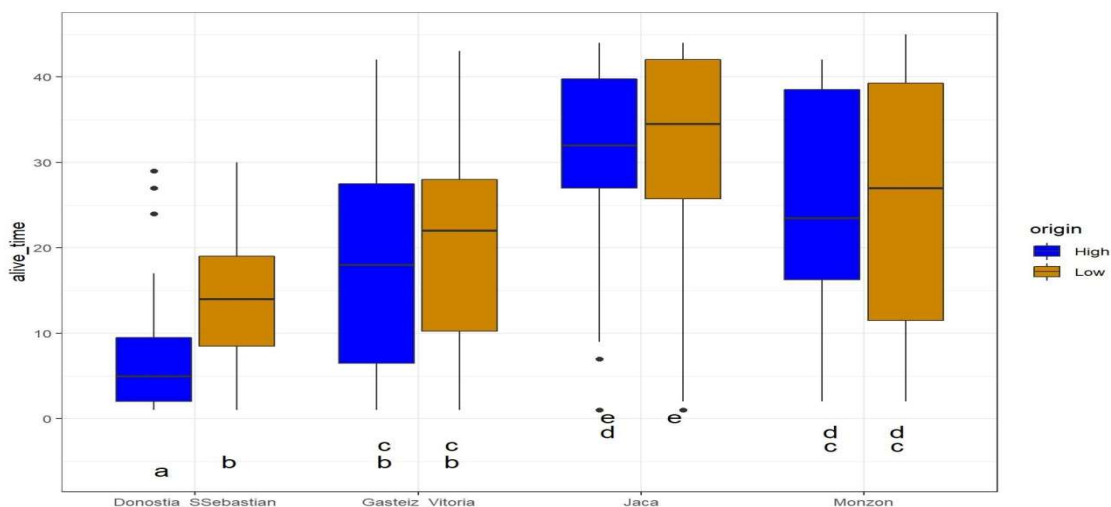
Colaboran:



Universidad de Vigo

semillas, persistiendo vivas significativamente menos tiempo las plantas originadas de semillas de la población alta (Carduso), como muestra la figura 159.

Cuando se estudia de manera conjunta la localidad de cultivo y el origen de las semillas (figura 160), se comprueba que las plantas originadas de semillas de Carduso (población alta) se mantienen sistemáticamente vivas menos tiempo en todas las localidades, siendo este efecto significativo en San Sebastián, donde si ya de por sí este tiempo era bajo, se restringe a 7 semanas de media por planta en los individuos originados de semillas de Carduso. Es decir, estos individuos fueron incapaces de establecerse y rápidamente murieron. Las plantas surgidas de semillas de Añisclo también terminaron por morir, pero aguantaron vivas significativamente más tiempo, el doble, indicando que esta población tuvo mejor resistencia a las condiciones de San Sebastián.



**Figura 160:** Diferencias en el tiempo de supervivencia entre las diferentes localidades en la fase 1 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Destacar finalmente, que tras la finalización del experimento, se estudió la morfología de las plantas supervivientes y destaca la forma de la raíz, con tendencia a la expansión horizontal en vez de profundizar en la maceta como en un principio se esperaba (foto 54).



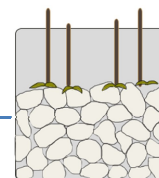
**Foto 54:** Raíz de una planta vigorosa crecida en Jaca y desenterrada tras la finalización de la fase I de CULT-COMP.



**Foto 55:** Estado agónico de algunas plantas supervivientes en Monzón tras la finalización de la fase I de CULT-COMP.



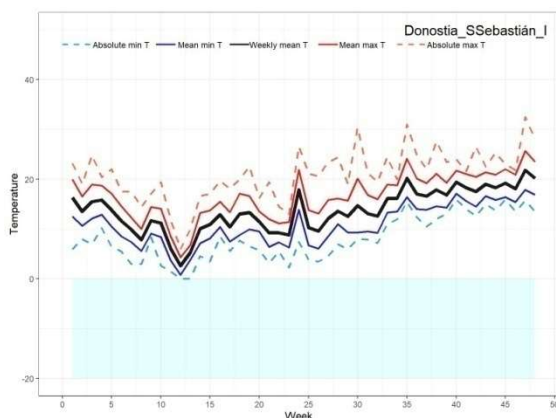
**CULT-COMP: Fase 1**



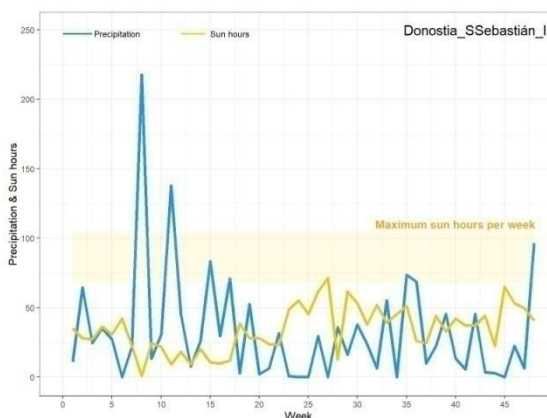
**2.2.3.3.1.3 Datos climáticos de la Fase 1 de CULT COMP**

A continuación se muestran los datos climáticos de las estaciones de AEMET de las 4 localidades. En el caso de Mozón se usaron los datos de Lérida y para las horas de sol de Jaca se realizó una estimación mediante la web Weather Spark.

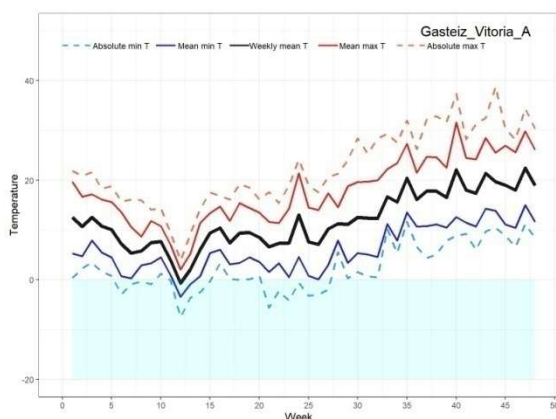
Las figuras 161, 163, 165 y 167 muestran el patrón climático esperado, siendo San Sebastián la localidad con menor oscilación térmica y temperaturas más estables y presentando los otros tres lugares mayor variación. En el caso de Mozón las temperaturas registradas son más cálidas y es especialmente notorio que las mínimas más bajas se dan en Vitoria y Jaca. La principal diferencia entre Jaca y Vitoria es que en la primera localidad, las temperaturas son 4-5 grados más cálidas en general.



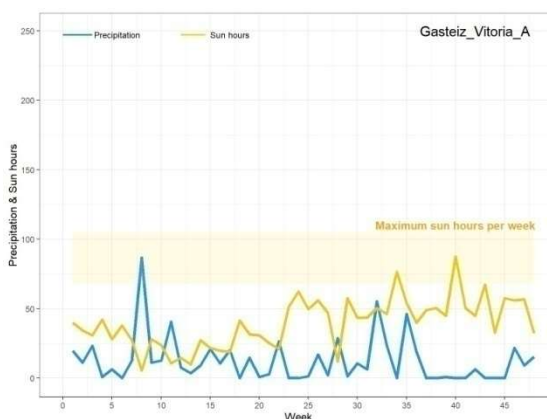
**Figura 161:** Temperaturas semanales registradas en la estación AEMET de Igeldo durante el periodo que duró la fase 1 de CULT-COMP. El rectángulo azul claro indica las temperaturas negativas.



**Figura 162:** Precipitación y horas de sol acumuladas semanalmente registradas en la estación AEMET de Igeldo durante el periodo que duró la fase 1 de CULT-COMP.



**Figura 163:** Temperaturas semanales registradas en la estación AEMET del Aeropuerto de Vitoria-Gasteiz durante el periodo que duró la fase 1 de CULT-COMP. El rectángulo azul claro indica las temperaturas negativas.



**Figura 164:** Precipitación y horas de sol acumuladas semanalmente registradas en la estación AEMET del Aeropuerto de Vitoria-Gasteiz durante el periodo que duró la fase 1 de CULT-COMP.

A modo de anécdota señalar que los cultivos sobrevivieron perfectamente al episodio de frío extremo Filomena producido en enero de 2021 y que se detecta perfectamente en las cuatro localidades.

Con el apoyo de:



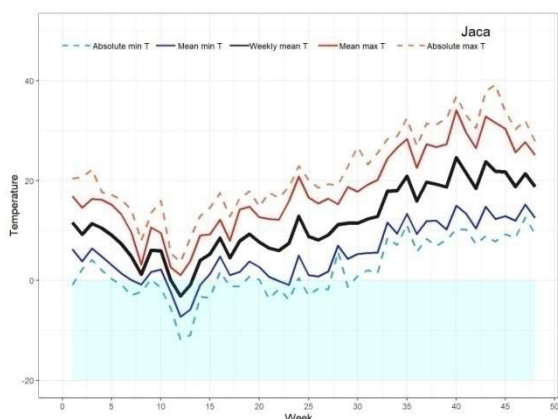
Colaboran:



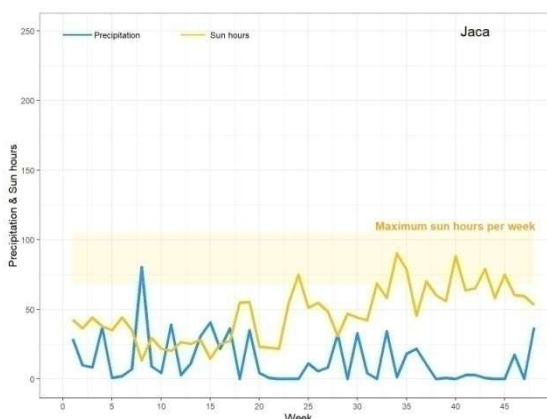
Universidad de Vigo

En las figuras 166, 168, 170 y 172 se observan como la precipitación fue en descenso desde San Sebastián hasta Monzón, siendo en Vitoria mayor que en Jaca, especialmente durante la primavera donde se concentraron la mayoría de las bajas en Vitoria.

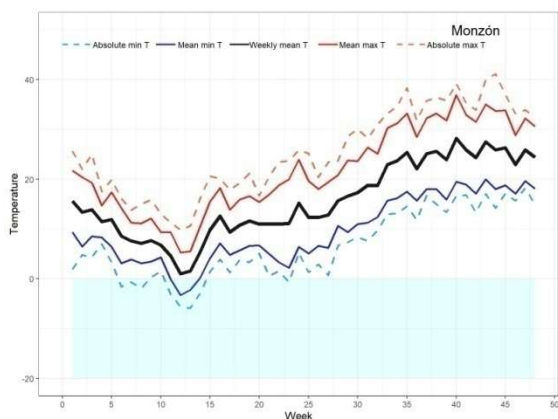
En cuanto a las horas de sol, las diferencias también son importantes. En Vitoria y San Sebastián las horas de sol fueron mucho menores que en Jaca y Monzón. Si bien es cierto que estas plantas en sus ambientes naturales no reciben sol directo la mayor parte del tiempo, en la Fase 1 de CULT-COMP estuvieron algo más expuestas. Se intentó situarlas en lugares sombreados y disponían de una malla antigranizo. En cualquier caso, los lugares con bajas horas de sol y alta humedad fueron los que tuvieron la mortalidad total de las plantas. En la Fase 2 de CUIT-COMP se homogeniza este problema poniendo un techado a las macetas.



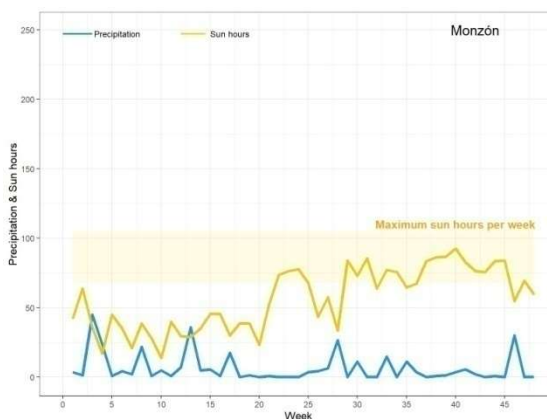
**Figura 165:** Temperaturas semanales registradas en la estación AEMET de Jaca durante el periodo que duró la fase 1 de CULT-COMP. El rectángulo azul claro indica las temperaturas negativas.



**Figura 166:** Precipitación y horas de sol acumuladas semanalmente registradas en la estación AEMET de Jaca durante el periodo que duró la fase 1 de CULT-COMP.



**Figura 167:** Temperaturas semanales registradas en la estación AEMET de Lérida durante el periodo que duró la fase 1 de CULT-COMP. El rectángulo azul claro indica las temperaturas negativas.



**Figura 168:** Precipitación y horas de sol acumuladas semanalmente registradas en la estación AEMET de Lérida durante el periodo que duró la fase 1 de CULT-COMP.



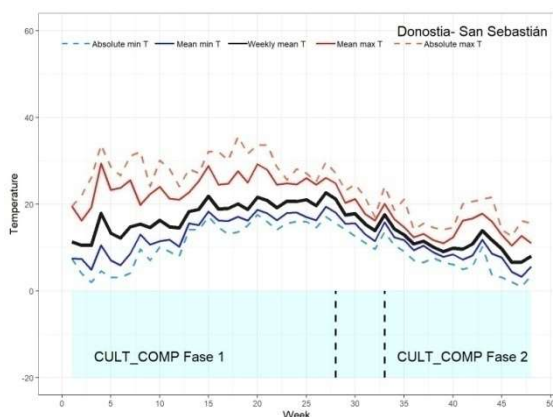
**Foto 56:** Estado del cultivo en Jaca tras una nevada somera durante el invierno de 2021.



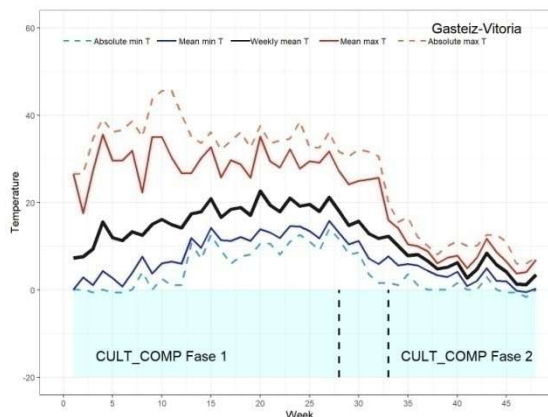
**Foto 57:** Macetas protegidas por la nieve durante el temporal Filomena en enero de 2021.

En las figuras 169 a 172 se observan los datos de temperatura registradas en las propias macetas mediante los sensores iButton situados junto a las piedras en superficie a mediados de invierno.

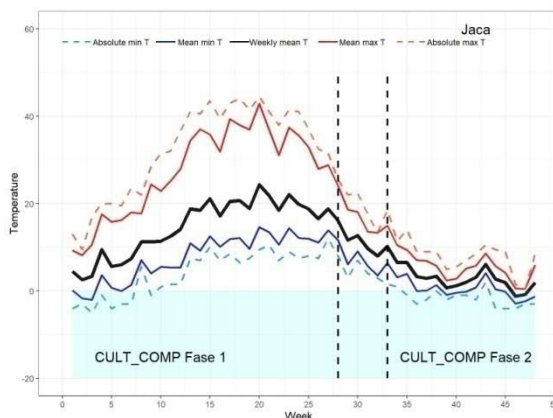
Las gráficas aportan información en diferentes aspectos. Por un lado se observa el efecto refugio del techado, reduciendo notoriamente las oscilaciones entre las temperaturas máximas y mínimas que soporta la planta, algo similar a lo esperable en los roquedos que habita *Petrocoptis crassifolia*. Además, se observan importantes diferencias con los datos climáticos generales siendo más cálidas las condiciones en las macetas en todas las poblaciones menos en la de Monzón, que se amortigua.



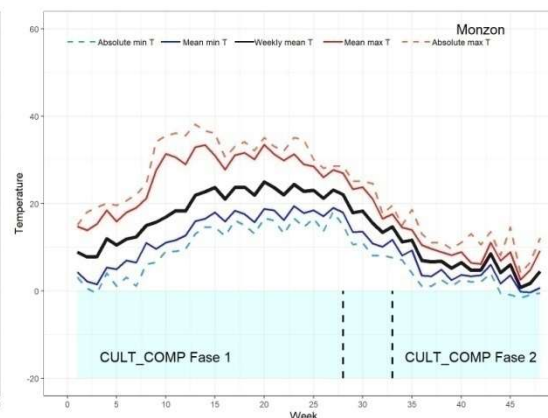
**Figura 169:** Temperaturas semanales registradas mediante sensores iButton situados en la maceta 8 del cultivo CULT-COMP de Aranzadi, Donostia-San Sebastián. El rectángulo azul claro indica las temperaturas negativas. Se indican las fases 1 y 2 de CULT-COMP.



**Figura 170:** Temperaturas semanales registradas mediante sensores iButton situados en la maceta 8 del cultivo CULT-COMP de Olárizu, Vitoria-Gasteiz. El rectángulo azul claro indica las temperaturas negativas. Se indican las fases 1 y 2 de CULT-COMP.



**Figura 171:** Temperaturas semanales registradas mediante sensores iButton situados en la maceta 8 del cultivo CULT-COMP de Jaca. El rectángulo azul claro indica las temperaturas negativas. Se indican las fases 1 y 2 de CULT-COMP.

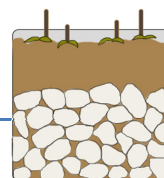


**Figura 172:** Temperaturas semanales registradas mediante sensores iButton situados en la maceta 8 del cultivo CULT-COMP de Monzón. El rectángulo azul claro indica las temperaturas negativas. Se indican las fases 1 y 2 de CULT-COMP.

Finalmente, se observa que las condiciones del cultivo son muy específicas del emplazamiento concreto dentro de la localidad donde se sitúan los cultivos y que, por tanto, hay que monitorizar localmente las condiciones además de usar datos de clima general y el análisis deberá realizarse integrando ambas escalas.



CULT-COMP: Fase 2



En la fase 2 no se realizaron nuevos cultivos en cámara y se mantuvo los previos añadiéndoles fertilización. El resultado fue un crecimiento altísimo como se aprecia en la foto 58 y transcurrido poco más de un año dos plantas florecieron.



Foto 58: Ejemplo de plantas florecidas en el cultivo de cámara en el Jardín Botánico de Olárizu en Vitoria-Gasteiz en marco del experimento CULT-COMP.

2.2.3.3.2.1 Germinación en la Fase 2 de CULT-COMP

En la fase 2 de CULT-COMP la germinación fue notoriamente menor, seguramente por la limitación en la humedad, ya que el riego fue controlado en niveles mínimos. En Jaca y Vitoria se obtuvieron las germinaciones más altas, superiores al 40%, mientras que en Monzón y San Sebastián fueron menores, por debajo del 20% en este último caso (figura 173). Es especialmente intenso el descenso en la germinación observado en San Sebastián. A diferencia de lo observado en la fase 1, las semillas de Añisclo (población baja) germinaron significativamente mejor que las de altitud (Carduso) como muestra la figura 174. Este patrón se mantiene al analizarlo dentro de las localidades, pero la significación se pierde (figura 175).

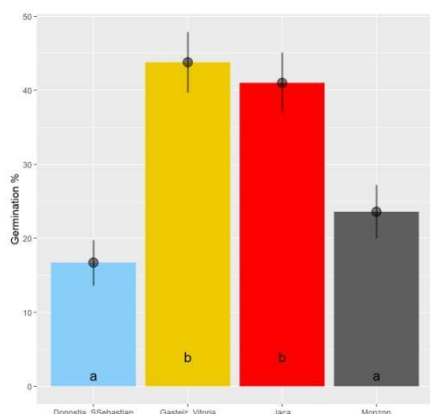


Figura 173: Germinación (%) en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

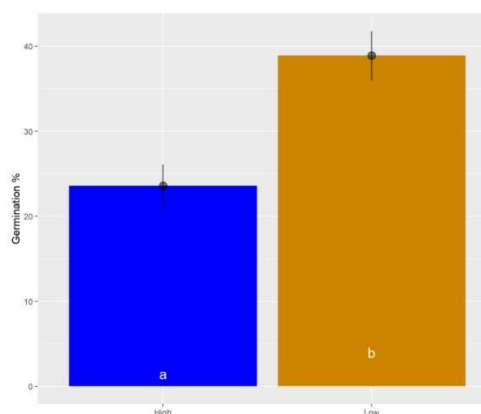


Figura 174: Germinación (%) según el origen de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Con el apoyo de:

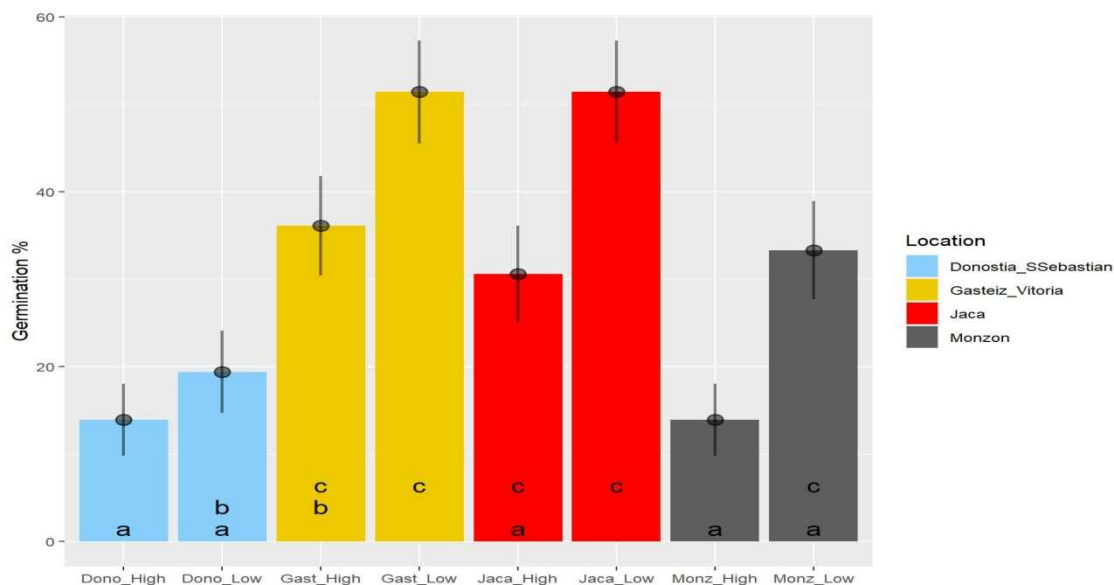


Colaboran:



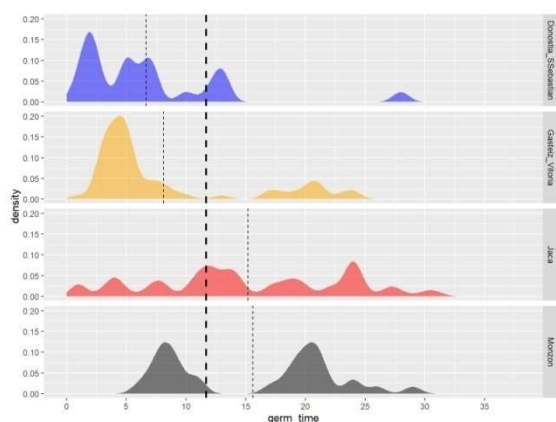
Universidad de Vigo



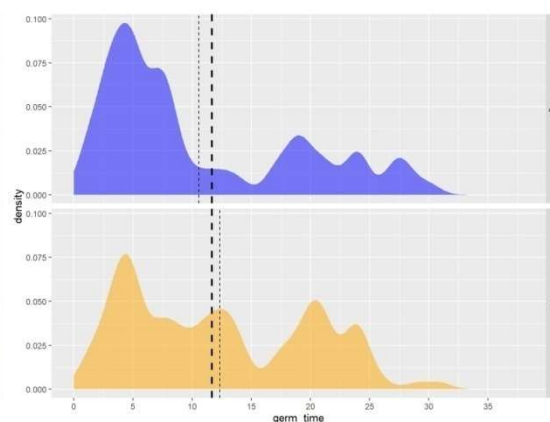


**Figura 175:** Germinación (%) en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

El tiempo de germinación también presenta diferencias importantes entre localidades como muestra la figura 176. En concreto, en San Sebastián y Vitoria la germinación fue más rápida, mientras que en Monzón tuvo dos grandes picos y en Jaca fue mucho más progresiva. La figura 177 muestra que también en esta fase 2 se puede definir un primer pico de germinación cuyo fin se estableció en la semana 15.

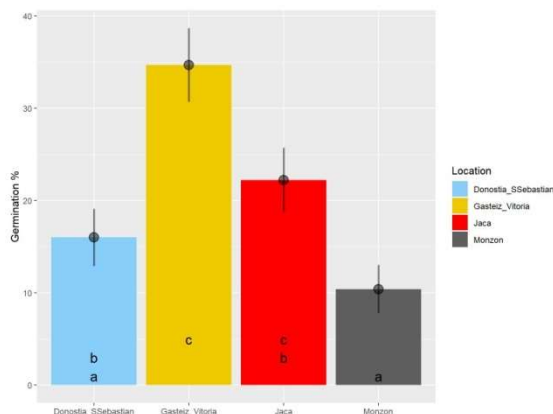


**Figura 176:** Tiempo de germinación en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

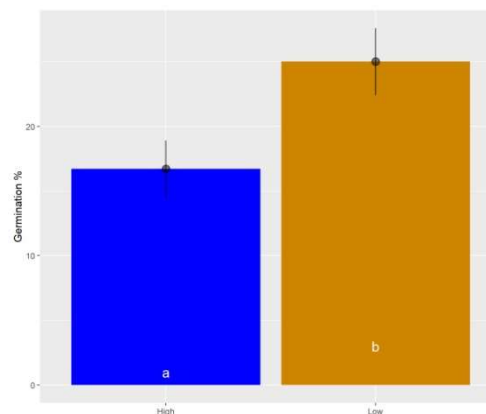


**Figura 177:** Tiempo de germinación según el origen de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

Atendiendo a este primer pico de germinación las diferencias en el porcentaje de germinación varían algo como muestra la figura 178. Hasta la semana 15, la germinación más baja se había registrado en Monzón con solo el 10% y en San Sebastián ya se habían alcanzado prácticamente los niveles de germinación finales. En Vitoria también se había registrado ya un 35% de la germinación, pero en Jaca, al igual que en Monzón, solo la mitad de la germinación total observada en esta fase 2. La figura 179 muestra como las diferencias entre el origen de las semillas son detectables desde el primer pico de germinación.

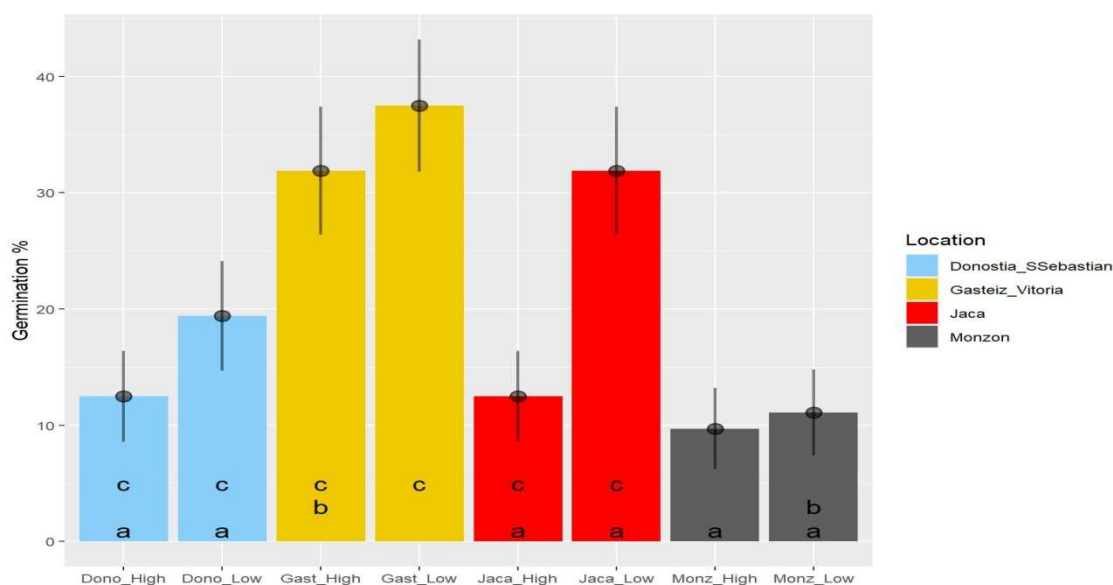


**Figura 178:** Primer pico de germinación (%) en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



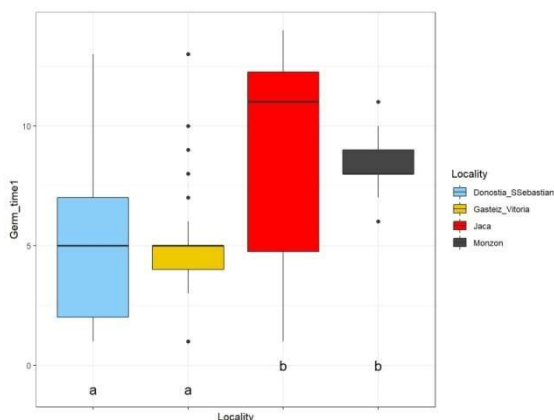
**Figura 179:** Primer pico de germinación (%) según el origen de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

En la figura 180 se observa la tendencia a una mayor germinación de las semillas de Añiscló (población baja) frente a las de Carduso (población alta) en el primer periodo, en sintonía con lo visto anteriormente. Sin embargo, estas diferencias no son apreciables en Monzón. También es interesante destacar, que comparando con los valores de la figura 175, tras este primer pico de germinación, tanto en Vitoria como en Monzón, el incremento observado en la germinación fue mucho mayor en las semillas de origen bajo (Añiscló), incrementando el efecto del origen de las semillas como se puede apreciar al comparar las figuras 174 y 179 o 175 y 180.

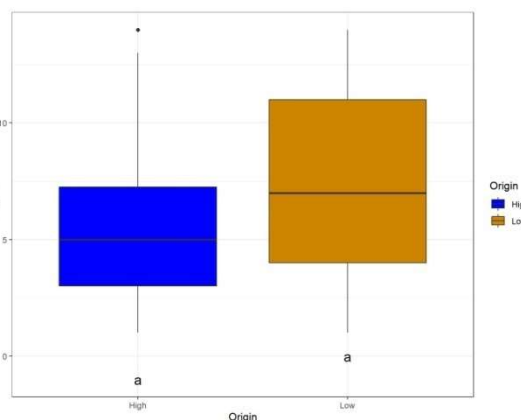


**Figura 180:** Primer pico de germinación (%) en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Como ya se vio en la fase 1 (figuras 137 y 139), la germinación más rápida, incluso dentro de este primer pico de germinación, se dio en San Sebastián, acompañada en este caso de Vitoria (figura 181). También se observa como la germinación mucho más concentrada en el tiempo en Vitoria y en Monzón que en Jaca y San Sebastián. La figura 182 muestra una tendencia a la germinación más rápida de las semillas de Carduso (población alta) aunque no de manera significativa. Así pues, parece que las semillas Carduso presentaron una tendencia a germinar más rápido y las que no germinaron en ese primer momento tuvieron grandes dificultades en hacerlo ya que muestra una tasa de germinación más baja como ya se ha visto.

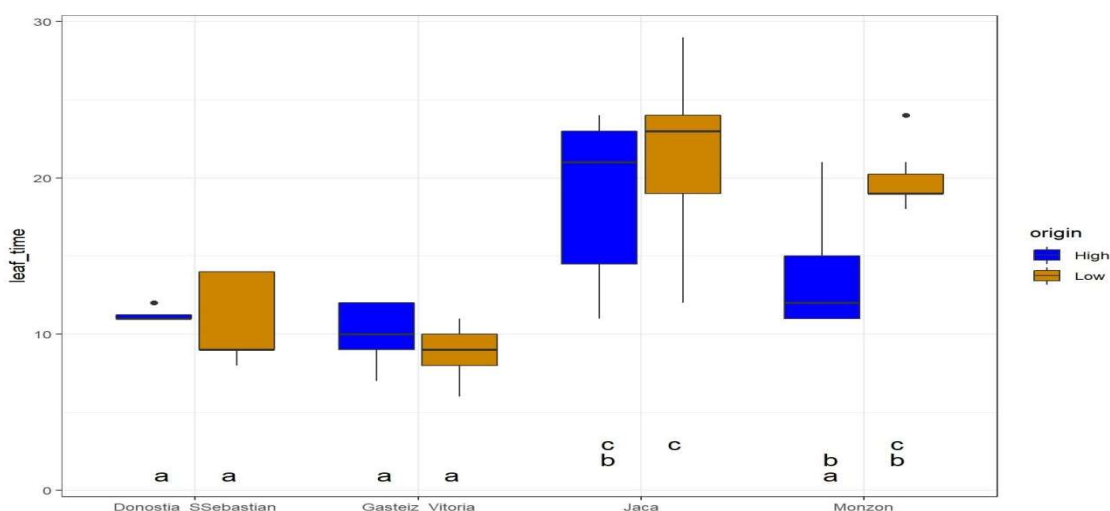


**Figura 181:** Diferencias en el tiempo requerido para el primer pico de germinación entre las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



**Figura 182:** Diferencias en el tiempo requerido para el primer pico de germinación entre los orígenes de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Al estudiar el efecto conjunto del origen de las semillas y la localidad, no se encuentran diferencias dentro de las localidades, aunque si se comprueba que la tendencia a la germinación más rápida de las semillas de Carduso (población alta) solo es apreciable en Jaca y más intensa en Monzón, las localidades con climas más continentales (figura 183).



**Figura 183:** Diferencias en el tiempo necesario para el primer pico de germinación entre las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



**Foto 59:** Plantas empezando a producir hojas en la segunda fase de CULT-COMP.

Con el apoyo de:

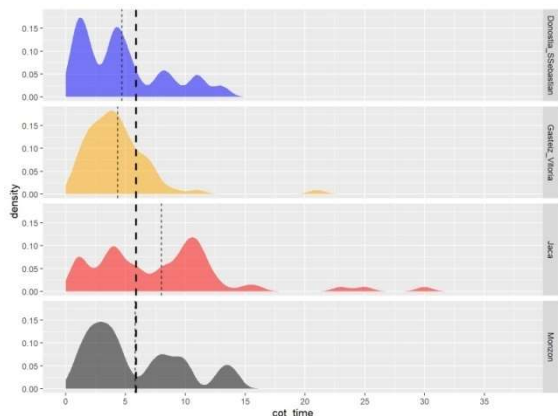


Colaboran:

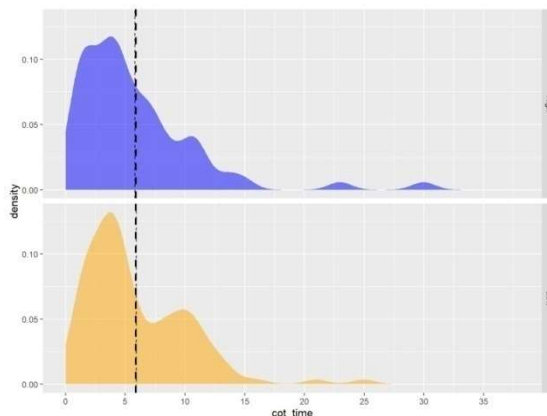


Universidad de Vigo

Una vez germinada la planta y asomados los cotiledones, la producción de hojas no fue inmediata como se muestra en la figura 184, siendo en Jaca más largo el tiempo en que la planta permaneció solo con los cotiledones, como ya se observó en la fase 1. La figura 185 muestra que el tiempo que la planta se mantuvo en cotiledones presenta una distribución muy parecida atendiendo al origen altitudinal o poblacional de las semillas.

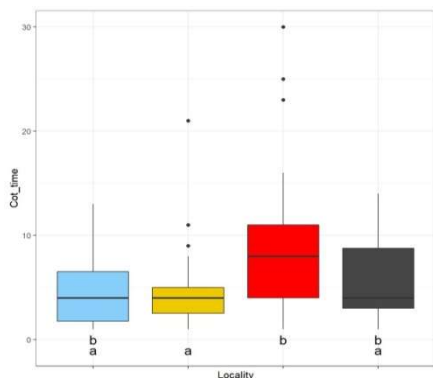


**Figura 184:** Tiempo de persistencia solo con cotiledones en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

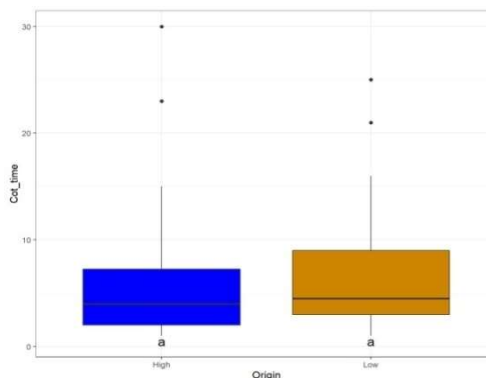


**Figura 185:** Tiempo de persistencia solo con cotiledones según el origen de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias parciales y la total.

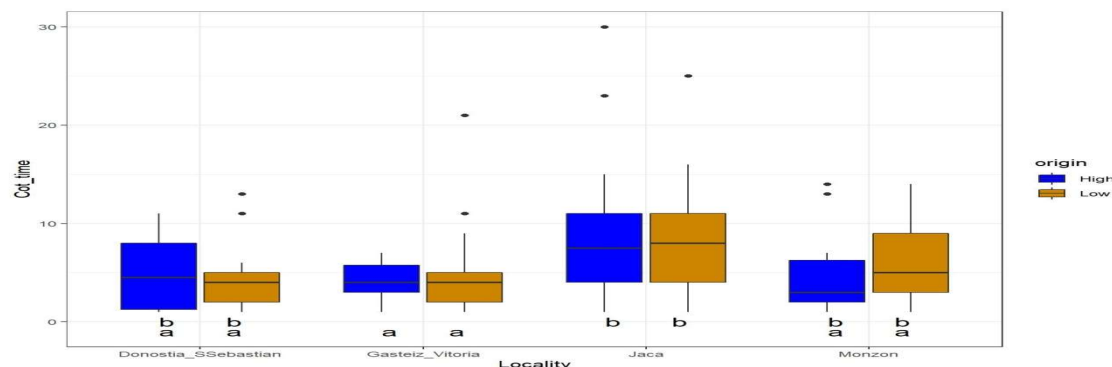
En la figura 186 se ve que este tiempo de persistencia en cotiledones de la planta fue significativamente menor en Vitoria y significativamente mayor en Jaca. De la misma manera, la figura 187 presenta una leve tendencia a esperar a producir hojas en las plantas originadas de semillas de Añisclo (población baja) que en las de Carduso (población alta), aunque las diferencias no son significativas como también se observa en la figura 188.



**Figura 186:** Diferencias en el tiempo de persistencia solo con cotiledones entre las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



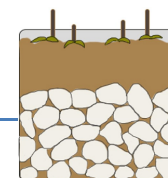
**Figura 187:** Diferencias en el tiempo de persistencia solo con cotiledones entre los orígenes de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



**Figura 188:** Diferencias en el tiempo de persistencia solo con cotiledones entre las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



CULT-COMP: Fase 2



2.2.3.3.2 Desarrollo y supervivencia en la Fase 2 de CULT-COMP

La primera etapa de desarrollo tras la germinación, necesaria para el establecimiento, es la producción de las primeras hojas. En general se aprecia un porcentaje intermedio de plantas, 55%, que fueron capaces de crecer de manera autónoma produciendo hojas. La figura 189 muestra como hubo diferencias significativas entre poblaciones, superando en Jaca y Monzón el 70% y quedándose en el 54% en San Sebastián y en solo el 30% en Vitoria. Estos resultados, aunque con menores porcentajes de plantas produciendo hojas, son parecidos a los observados en la fase 1. La figura 190 muestra que las plantas originadas de semillas de Añisclo (población baja) presentan significativamente un mayor porcentaje de plantas que produjeron hojas, patrón ya observado en la fase 1. LA figura 190 confirma que este patrón es igual en las cuatro localidades.

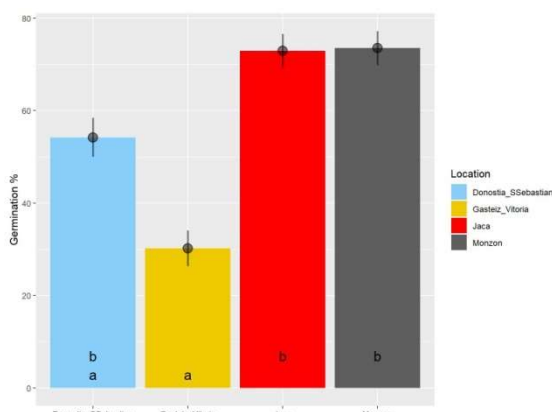


Figura 189: Producción de hojas (%) en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

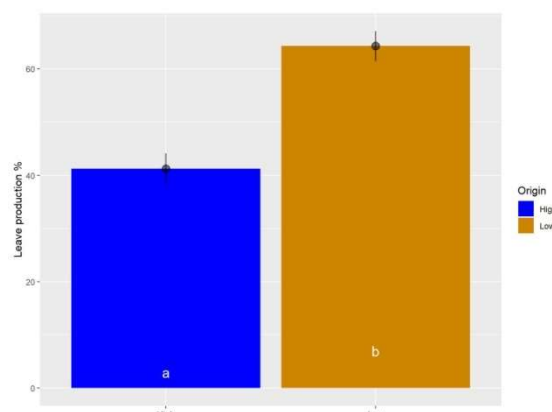


Figura 190: Producción de hojas (%) según el origen de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

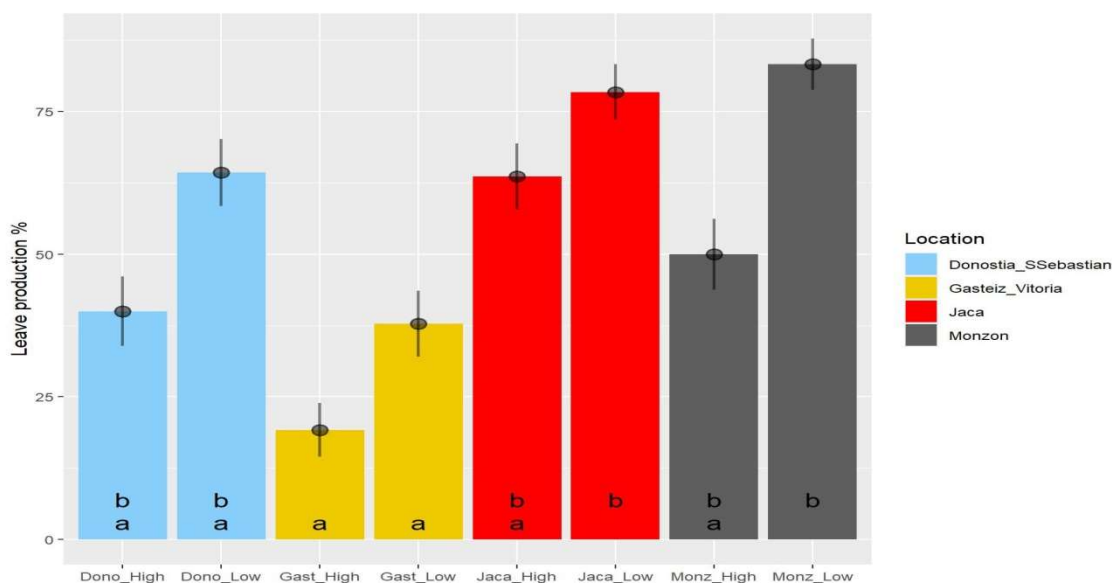
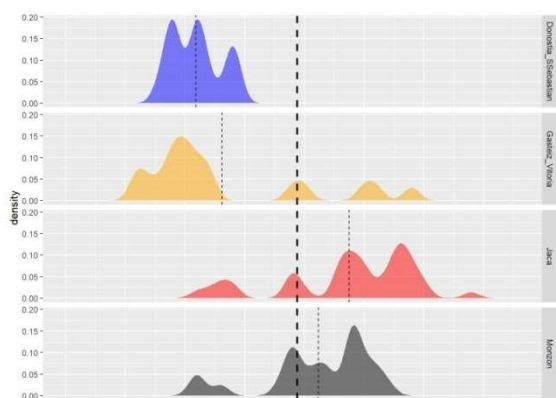
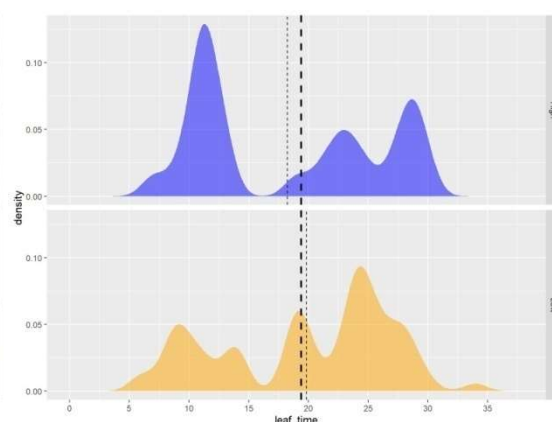


Figura 191: Producción de hojas (%) en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

El tiempo hasta la producción de hojas fue variable entre poblaciones, pero como muestra la figura 192, más rápido en las poblaciones atlánticas de Vitoria y San Sebastián que en las más continentales de Jaca y Monzón. En la figura 193 se observa que el origen de las semillas no tuvo un efecto importante sobre el tiempo hasta la producción de hojas.

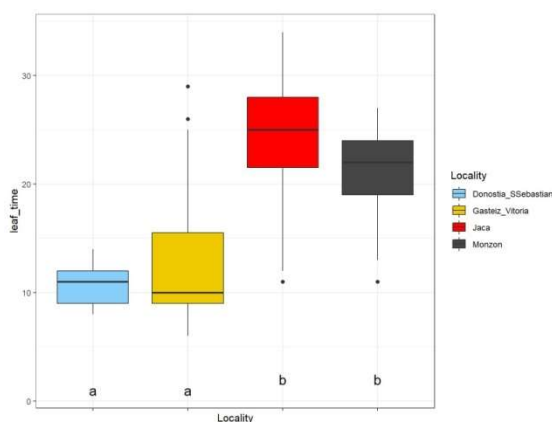


**Figura 192:** Tiempo hasta la producción de hojas en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias (parciales y la total).

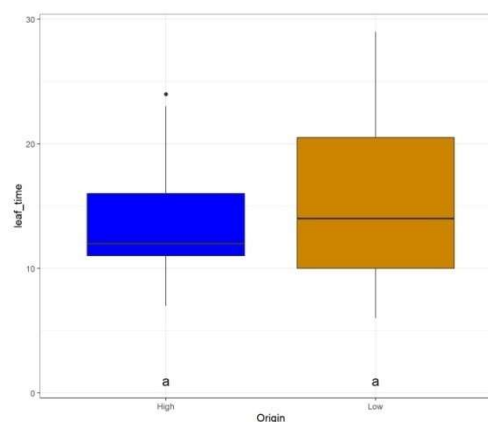


**Figura 193:** Tiempo hasta la producción de hojas según el origen de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias (parciales y la total).

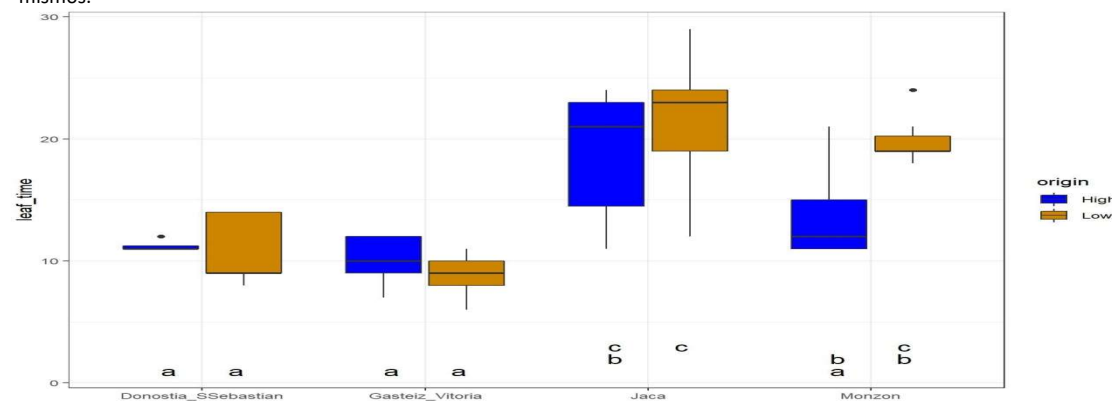
La figura 194 muestra la significación en las diferencias para el tiempo requerido para producir hojas separando Vitoria y San Sebastián de Jaca y Monzón y la figura 195 muestra la ausencia de significación del origen de las semillas para esta variable. En la figura 196 se comprueba que solo en el caso de Monzón hay una tendencia a que las plantas originadas de semillas de Carduso (población alta) produzcan hojas más rápido, aunque no de manera significativa.



**Figura 194:** Diferencias en el tiempo hasta la producción de hojas entre las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



**Figura 195:** Diferencias en el tiempo hasta la producción de hojas entre los orígenes de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



**Figura 196:** Diferencias en el tiempo hasta la producción de hojas entre las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



Foto 60: Aspecto vigoroso de las plantas en Jaca en la segunda fase de CULT-COMP.

A diferencia de lo encontrado en la fase 1, en este caso las diferencias en supervivencia fueron menores (figura 197). Aunque en el caso de Vitoria solo sobrevivieron 4 plantas a principios de verano (momento de conclusión del informe) la perspectiva no es muy halagüeña. Sin embargo, en San Sebastián el haber limitado el riego parece haber mejorado notablemente la supervivencia que asciende hasta el 40%, si bien es cierto que son pocas plantas porque la germinación fue baja. Los valores de supervivencia de Jaca y Monzón también son altos, a pesar de que durante la primavera se han afrontado episodios fuertes de calor y el riego ha sido limitado. La figura 198 muestra, como en la fase 1, una tendencia a mayor supervivencia de las plantas originadas a partir de semillas de Añiselo (población baja) aunque en este caso con significación estadística. La figura 199 confirma este patrón en cada una de las cuatro localidades del estudio.

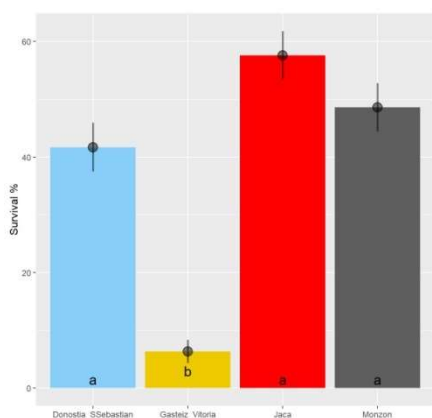


Figura 197: Supervivencia (%) en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

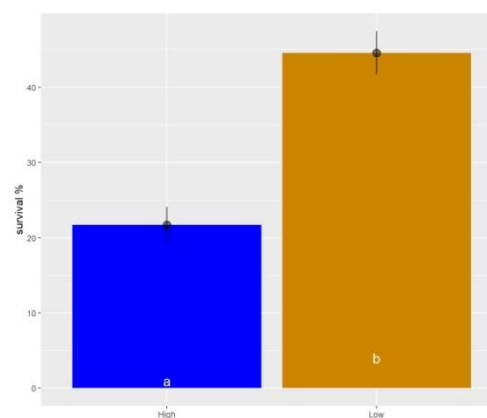


Figura 198: Supervivencia (%) según el origen de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

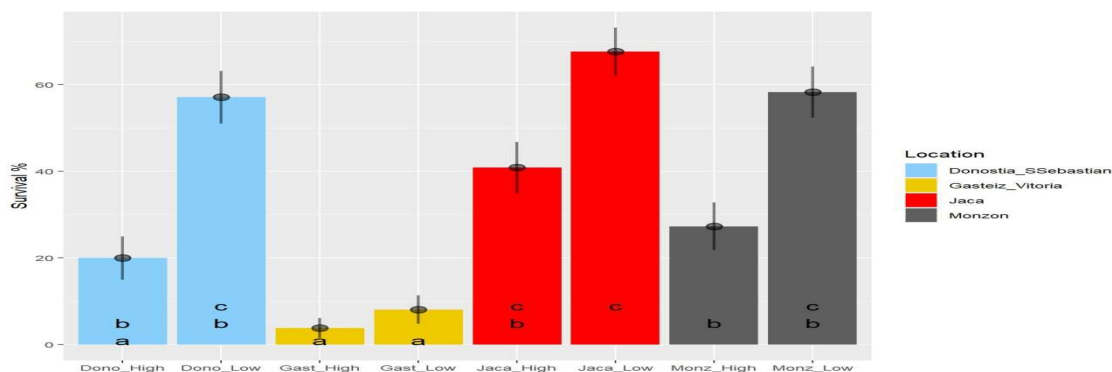


Figura 199: Supervivencia (%) en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Con el apoyo de:

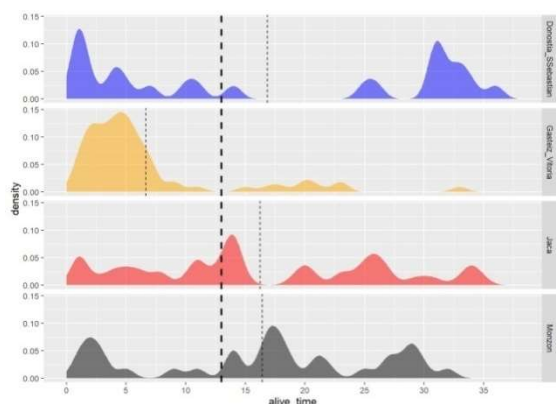


Colaboran:

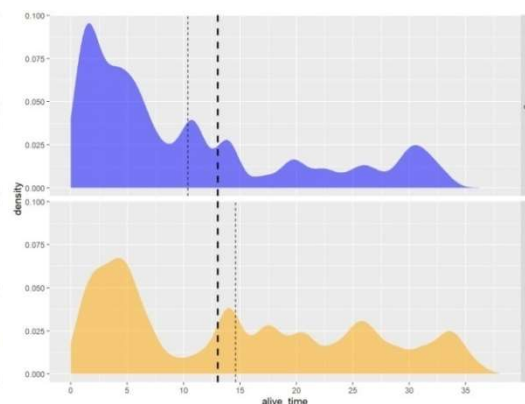


Universidad de Vigo

En la figura 200 se muestra que el tiempo al que fueron muriendo las plantas fue muy variable y progresivo en San Sebastián, Jaca y Monzón, pero muy rápido en Vitoria. La figura 201 también muestra una tendencia a la mortalidad más rápida en las plantas originadas a partir de semillas de la población alta (Carduso).

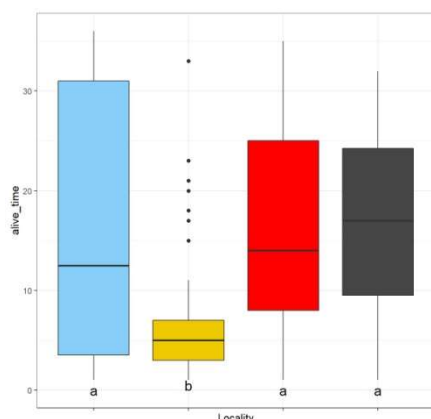


**Figura 200:** Tiempo hasta el fallecimiento en las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias (parciales y la total).

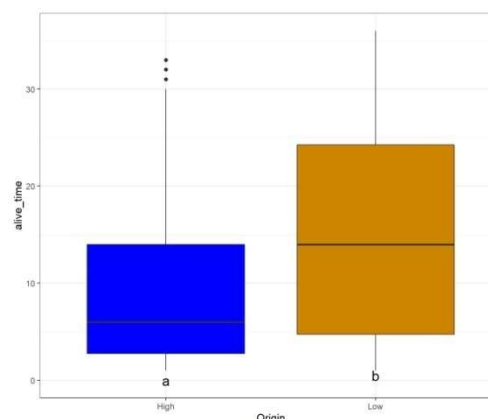


**Figura 201:** Tiempo hasta el fallecimiento según el origen de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Se indican con líneas discontinuas las medias (parciales y la total).

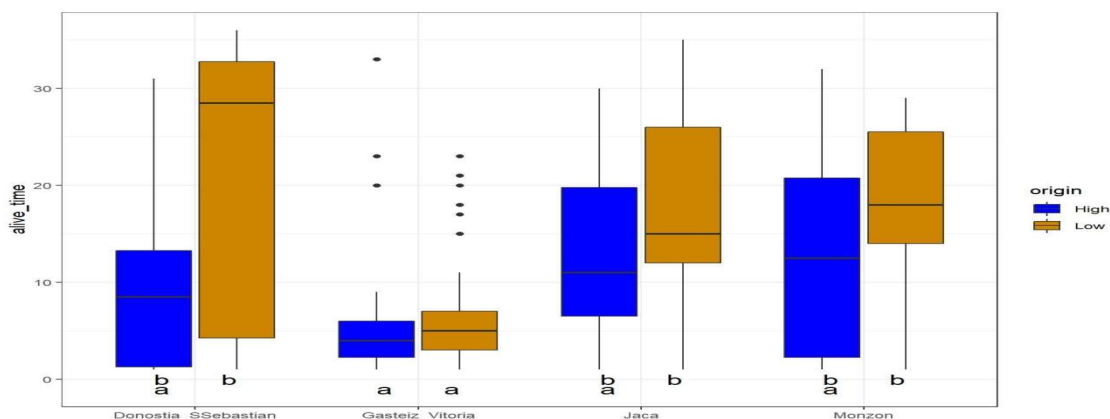
La figura 202 muestra como las diferencias en el tiempo que las plantas han aguantado vivas son significativas entre Vitoria y las otras tres localidades y que el origen de la semilla también presenta diferencias significativas, habiendo vivido las plantas originadas de semillas de Añisclo (población baja) más tiempo. Este patrón se mantiene al estudiar el efecto del origen de las semillas en las localidades por separado (figura 204).



**Figura 202:** Diferencias en la supervivencia entre las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



**Figura 203:** Diferencias en la supervivencia entre los orígenes de las semillas en la fase 2 de CULT-COMP. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.



**Figura 204:** Diferencias en la supervivencia entre las diferentes localidades en la fase 2 de CULT-COMP, separados por procedencia de las semillas. Los tratamientos con letras no coincidentes indican diferencias significativas entre los mismos.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





**Foto 61:** Estado agónico de las plantas en San Sebastián al comenzar el verano 2022 en la Fase 2 de CULT-COMP.



**Foto 62:** Estado de la fase 2 del experimento CULT-COMP en Jaca al comenzar el verano 2022.

A modo de comparación entre las dos fases de CULT-COMP se muestra la tabla 29 donde se resume el porcentaje de variación explicado al realizar modelos lineares generalizados para las variables indicadas. Se puede comprobar que el efecto del origen de la semilla es, en general, bajo y queda disipado por la planta madre, pues las plantas madre siempre son de un origen concreto. Aunque la tasa de germinación es muy poco dependiente de los factores incluidos (localidad, origen de la semilla y planta madre), el tiempo de germinación es algo más dependiente de la Localidad, especialmente en la fase 2, cuando se homogenizó la humedad y la iluminación.

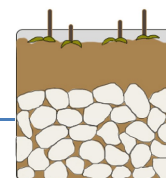
La localidad presenta mayor efecto para algunas variables de desarrollo como, por ejemplo, el tiempo en producir hojas, el tiempo de vida y la propia supervivencia. Para estas variables el efecto de la localidad fue mayoritario o muy importante en la Fase 1 y aunque disminuyó en la fase 2 con la humedad y la iluminación homogenizada, siguió siendo importante.

En cuanto a la planta madre, como ya se vio en el experimento GERM-COMP, cobra importancia en el tiempo de germinación, independientemente de la fase (hay que recordar que las semillas usadas en ambas fases no provienen de las mismas plantas madres ya que se recolectaron el verano anterior a ser sembradas). Sin embargo, en condiciones más controladas (fase 2), también empieza a ser apreciable el efecto de la planta madre en variables de desarrollo como la producción de hojas o la propia supervivencia.

**Tabla 29:** Porcentaje de variación explicada por cada factor. En negrita se indican valores mayores al 20% para Localidad y mayores al 10% para la planta madre.

Variable	Año	Localidad	Origen	Planta madre	Resto
Germinación (%)	2020	6.7	0.4	4.2	88.6
	2022	6.5	0.2	7.1	86.2
Germinación en el primer periodo (%)	2020	4.7	0.3	7.1	87.9
	2022	5.4	0.3	6.0	88.3
Tiempo de germinación	2020	14.0	0.5	<b>15.6</b>	69.9
	2022	<b>24.1</b>	1.0	9.2	65.7
Tiempo del primer periodo de germinación	2020	17.5	0.9	<b>13.2</b>	68.4
	2022	<b>24.3</b>	0.9	<b>16.1</b>	58.8
Tiempo en cotiledones	2020	<b>35.8</b>	1.0	7.5	55.7
	2022	13.5	0.6	4.5	81.4
Plantas con producción de hojas (%)	2020	4.7	1.6	4.6	89.1
	2022	15.3	0.5	<b>11.0</b>	73.2
Tiempo en producir hojas	2020	<b>57.0</b>	0.0	7.1	35.9
	2022	<b>49.8</b>	1.3	<b>11.3</b>	37.6
Supervivencia (%)	2020	<b>41.7</b>	0.2	6.2	51.9
	2022	<b>22.7</b>	1.1	<b>13.2</b>	63.0
Tiempo de vida	2020	<b>31.9</b>	0.4	3.8	63.8
	2022	<b>20.4</b>	1.6	8.7	69.3

CULT-COMP: Fase 2



2.2.3.3.2.3 Datos climáticos de la Fase 2 de CULT COMP



**Foto 63:** A diferencia de la Fase 1, en la Fase 2 de CULT-COMP la nieve no ejerció efecto aislante sobre las plantas.

Como se muestran en las figuras 169-172 las condiciones de temperatura registradas con los sensores iButton en la superficie, de tierra en esta fase de CULT-COMP, fueron mucho menos variables y el rango entre las máximas y las mínimas cayeron, por el efecto refugio que el techado ejerció.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





**CULT-COMP: Fase 3**



En los experimentos de cultivos recíprocos no hubo germinación. La razón más probable es la ausencia de humedad, por lo que para el futuro se trabaja en un diseño que solvante esta limitación.



Foto 64: Evaluando el estado de la germinación en los maceteros de la parte alta de Añisclo. FASE 3 de CULT-COMP, enero 2022.



Foto 65: Ausencia de germinación en los maceteros de la parte baja de Añisclo. FASE 3 de CULT-COMP, febrero 2022.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo

#### 2.2.3.4 Conclusiones generales de CULT-COMP.

Los resultados de los experimentos de jardín común, con semillas de dos localidades de *Petrocoptis crassifolia*, indican que las diferencias genéticas que explican las diferencias en la germinación y la supervivencia existen, pero tienen muy poco peso relativo en la variación fenotípica observada, siendo por tanto la plasticidad fenotípica mucho más importante.

El efecto de la planta madre parece importante también explicando casi el 5% y el 15% de la variación encontrada para las variables de germinación y supervivencia. Para las variables de supervivencia, la importancia de la planta madre se duplica en la fase 2 de CULT COMP, en la que el efecto del riego y la humedad queda controlado.

El efecto de la localidad en la germinación es reducido, indicando que esta, seguramente depende de la disponibilidad de agua e hidratación de las semillas de *Petrocoptis*.

La localidad ha tenido efectos importantes sobre todo para las variables temporales, siendo esta mucho más importante en la fase 1 de CULT-COMP, en la que la humedad dependía de las condiciones ambientales.

Este enfoque analítico confirma que la germinación y la supervivencia son procesos sujetos a regulaciones ambientales diferentes, siendo la germinación más independiente del clima general y más dependiente de la humedad. Sin embargo, la supervivencia de *Petrocoptis crassifolia* sí parece estar fuertemente influenciada por las condiciones climáticas, de temperatura especialmente, a la hora de crecer y sobrevivir.



Foto 66: Semilla hidratada de *Petrocoptis crassifolia*.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



### 3. Discusión de la metodología

En esta sección discutimos en primer lugar los aciertos de nuestra metodología, que han permitido la consecución de los objetivos del proyecto. A continuación se trasladan los resultados principales a una propuesta de priorización para el Género *Petrocoptis* y *Androsace cantabrica*. Con la información disponible no es posible realizar una propuesta para *Androsace pyrenaica*. Finalmente, se incluye un apartado donde se enumeran las principales debilidades que hemos detectado en la metodología y cómo se deben subsanar en el futuro.

#### 3.1 Aciertos de la metodología.

Toda la metodología se basa en un intenso trabajo de campo que permite profundizar en el conocimiento ecológico de las especies y familiarizarse con las mismas. En el contexto actual, en el que los trabajos científicos y de conservación son cada vez más de oficina, creemos que es relevante que la metodología de conservación parta desde el campo, el lugar donde viven las especies de interés. Con esta filosofía, PRIOCONEX ha invertido tiempo y dinero en campañas de campo en las que no solo se ha conseguido el material necesario para realizar los experimentos, sino que se ha intentado tener una visión general de los taxones estudiados en toda su área de distribución.

Queremos destacar que durante una visita a la población de *Petrocoptis grandiflora* de Sobrado, en León, comprobamos que se había abierto una escuela de escalada que presumiblemente había afectado a la población de esta especie de máxima protección a nivel estatal. Tras informar a las autoridades competentes en la actualidad, estamos cimentando un proyecto de restauración en la localidad en colaboración con la Junta de Castilla y León y el colectivo Escalda Sostenible, con el que se intentará reforzar la población y restaurar el daño causado basándose en la conservación ex situ y la información generada en PRIOCONEX.

El estudio de *Androsace cantabrica* demuestra la utilidad de las herramientas genómicas para la resolución de incertidumbres taxonómicas. En este caso concreto, hemos podido confirmar su validez como especie y descartar su origen aloploiploide como sugiere Flora ibérica (Castroviejo & al., 1997) y apoyar la autopoliploidia que sugerían (Dixon & al., 2008). La secuenciación basada en tecnología NGS ha aportado una potencia analítica muy grande resolviendo, sin lugar a dudas, la monofilia de *Androsace cantabrica*. Además, el uso del kit Angiosperm 353 (Johnson & al., 2018), que permite secuenciar genes concretos, posibilita reutilizar estos datos en futuro trabajos que incluyan otras especies del género *Androsace* como *A. adfinis* en sentido amplio (Dixon & al., 2009) o *A. rioxana* (Dixon & al., 2007).

Con esta aproximación genómica también se ha podido realizar una estima de la diversidad genética basada en 3400 posiciones variables, lo cual supone una notable mejora con respecto a técnicas anteriores. De la misma manera, al basarse en unas secuencias conocidas, estos resultados son susceptibles de ser analizados de nuevo si se incorporan más individuos en el futuro.

Pero la diversidad genética no es un atributo tan esencial para la conservación de las plantas como lo puede ser para la conservación de los vertebrados, grupo de organismos para los que se desarrollan la mayoría de políticas y metodologías de conservación. Concretamente, las plantas presentan una mayor plasticidad fenotípica que los animales, seguramente por su

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



incapacidad de moverse como individuos (Borges, 2009). Por eso es trascendental conocer la plasticidad fenotípica para poder tomar decisiones sobre la conservación de las plantas (Bradshaw, 1965).

Por todo ello, para intentar entender el escenario futuro de especies de plantas susceptibles a grave afección por el cambio climático es necesario conocer su plasticidad. En nuestra metodología hemos profundizado en la plasticidad germinativa, entendiendo que la germinación es el paso determinante para el establecimiento de nuevos individuos. Hemos comprobado que el exceso de calor no ha sido bueno para casi ninguna especie, pero que hay diferencias importantes entre las *Androsace* y las *Petrocoptis*, siendo estas últimas mucho más plásticas que las primeras. Dentro del estudio de la germinación ha resultado trascendental investigar las semillas no germinadas. Gracias a ello, hemos visto, en la población de *Petrocoptis pyrenaica* ssp *viscosa* de Cornatel, que las semillas responden de manera muy rápida a la humedad desarrollando la radícula y el embrión dentro de la semilla, pero que a temperaturas cálidas les cuesta mucho romper la testa. De hecho, esta situación es dependiente de la propia planta madre. Este procedimiento debería ser exportado a otras especies siempre que la manipulación de la semilla lo permita.

Finalmente, a pesar de su dificultad, los experimentos de jardín común también han resultado imprescindibles para discernir entre la plasticidad y la fijación genética como base de la variabilidad fenotípica de caracteres morfológicos importantes, que en algún caso pueden ser discriminantes taxonómicamente. En este sentido, cultivando diferentes poblaciones en condiciones iguales, se puede comprobar si los caracteres en estudio se comportan de manera diferente o no. Es más, en nuestra metodología, hemos trabajado en 5 condiciones climáticas diferentes, y hemos comprobado que hay situaciones en las que las diferencias genéticas se hacen plausibles y en otros no, dando una idea de la complejidad de los procesos adaptativos, al menos, en las plantas así estudiadas en PRIOCONEX del género *Petrocoptis*.

Para finalizar, destacar la importancia de haber separado las semillas atendiendo a la planta madre en el caso de *Petrocoptis*. En este género ha resultado evidente que el efecto materno es muy intenso en las condiciones preferentes de la germinación. Es cierto que no sabemos si esto se debe a un componente genético o a una señal ambiental que pueda transferirse a la semilla por parte de la madre. En cualquier caso, esta práctica debe extenderse y en las recolecciones *ex situ* de determinadas especies debería tenerse en cuenta la planta madre, especialmente si se tiene caracterizada su germinación, ya que dota al gestor de herramientas para maximizar en éxito ante futuras acciones de reforzamiento o restauración con perspectiva adaptativa.

### 3.2 Debilidades de la metodología y mejoras necesarias.

Tenemos que destacar una debilidad importante en la metodología: la necesidad de disponer de toda la información genómica antes de diseñar los ensayos germinativos, para así intentar representar de la mejor manera posible la diversidad genética y filogenética del taxón en estudio.

Siempre se pueden incorporar aproximaciones, y parte del éxito de PRIOCONEX ha sido centrarse en tres aproximaciones determinantes para la supervivencia de las plantas como son la historia evolutiva y diversidad genética, la germinación y la plasticidad. Dentro de los ensayos de germinación puede existir una limitación a la hora de recolectar las semillas

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo

necesarias para realizar todas las réplicas a temperaturas diferentes, especialmente si se quiere controlar el efecto de la planta madre. En este sentido hay que buscar alternativas, como recurrir a los “pools” tradicionales o pensar en experimentos con semillas de diferentes años.

En lo referente a los cultivos de jardín común, lo deseable es siempre realizar los experimentos de forma recíproca, es decir, no en localidades terceras, sino en las propias localidades donde crecen las plantas en estudio. En nuestro caso, hemos resuelto el problema técnico de instalar maceteros verticales para no sembrar las semillas directamente en la roca con el riesgo de contaminación genética que ello supone. Sin embargo, nuestro diseño en la actualidad es muy dependiente de riegos cada 4-5 días, lo cual lo requiere de un alto mantenimiento que hace el experimento técnicamente inviable. Hay que trabajar en la manera de aportar agua de manera automática en este tipo de instalaciones de una manera que tenga poco impacto.

Como última consideración, son muy necesarios incorporar los estudios fenomorfológicos para el correcto entendimiento de las especies y sus poblaciones. Este trabajo es muy laborioso en cuanto a días de trabajo en el campo, y ha de ser de nuevo priorizado entre todas las especies objeto de estudio. En nuestro caso, planteamos una nueva línea a incorporar en el proyecto, llamada FENO-COMP, con la que solventamos esta debilidad y obtenemos un conocimiento más integral de las especies para usarlo en la priorización.

### 3.3 Discusión integrada por grupo de trabajo.

#### *Androsace cantabrica*

Es importante para la gestión y la conservación el demostrar la entidad genética de *Androsace cantabrica*, y a partir de ahora se puede tratar como un endemismo de área reducida, con las implicaciones y biológicas y de gestión que ello implica. Se ha encontrado una fuerte dependencia de la germinación al frío y oscuridad, indicando que las semillas de esta especie no solo requerirán de un periodo largo de frío, sino de oscuridad. Algunas semillas se entierran en rendijas o entre la materia orgánica del suelo, pero una cobertura prolongada de nieve también proporciona periodos estables de oscuridad generalizada. En este contexto, el cambio climático puede afectar a la especie en diferentes aspectos, la propia temperatura, la cobertura y duración de la nieve y de manera indirecta la competencia que otras plantas menos alpinas puedan ejercer en condiciones más térmicas.



Foto 67: *Androsace cantabrica* en plena floración.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



## Género *Petrocoptis*

Debido a las complicaciones técnicas, aun queda por integrar los análisis genómicos en esta propuesta de priorización, pero la propia naturaleza de los resultados obtenidos para las otras dos acciones (GERM-COMP y CULT-COMP) son de suficiente envergadura para esbozar unas líneas básicas a tener en cuenta para la conservación de las especies de este género. En cualquier caso, la presente priorización para la conservación *ex situ* de *Petrocoptis* será revisada a la luz de los resultados genómicos mencionados.

Las principales conclusiones de los trabajos de germinación son la alta plasticidad germinativa que muestran, en general, las poblaciones de *Petrocoptis* y que, esta, se fundamenta principalmente en una alta variabilidad de respuesta entre las plantas madre. Es decir, el patrón general es que dentro de una misma población existen madres cuyas semillas funcionan mejor a altas temperaturas y otras cuyas semillas lo hacen mejor a bajas temperaturas.

A la luz de los resultados de los cultivos, restringidos solo a *Petrocoptis crassifolia*, se han obtenido dos resultados relevantes. La respuesta morfológica y de crecimiento de las plantas de *Petrocoptis* es muy plástica, reduciéndose las diferencias atribuibles a diferencias genéticas a aspectos de germinación. Además, la especie ha mostrado una importante dependencia climática para la supervivencia, patrón que se ha repetido durante dos años. Esta especificidad climática puede condicionar la supervivencia de algunas poblaciones por lo que *P. crassifolia* debe ser monitorizada y atendida con especial atención para investigar si sus poblaciones disponen de herramientas evolutivas para afrontar un cambio climático como el que enfrentamos en la actualidad. Esta aproximación debe ser replicada para otras especies ligadas a clima continental como pueden ser *P. guarensis*, *P. pardoii* o *P. pseudoviscosa* e ir progresivamente extendiéndolas al resto.



Foto 68: *Petrocoptis crassifolia* afrontando su destino unido a la roca caliza.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





### 3.4. Recolecciones en Espacios Naturales Protegidos.

Este apartado se ha incluido para poner de manifiesto el alcance y magnitud territorial de PRIOCONEX. Se va a aportar información de 93 espacios protegidos diferentes, con más de 150 poblaciones incluidas la mayoría del género.

En la tabla 30 se muestran los 2 Parques Nacionales de cuyo territorio se han incluido un total de 20 poblaciones, 18 de *Petrocoptis*, una de *Androsace cantabrica* y una de *Androsace pyrenaica*.

**Tabla 30.** Listado de Parques Nacionales en los que ha trabajado PRIOCONEX, desglosado en número de poblaciones por taxón.

Espacio natural		Numero de poblaciones				
Código	Denominación	Superficie (ha)	Género Petrocoptis	Androsace cantabrica	Androsace pyrenaica	Total
ES801001	Parque Nacional de Picos de Europa	66104	5	1	-	6
ES241001	Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.	15690	13	-	1	14
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>81.794</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>20</b>

En la tabla 31 se muestran las 10 Reservas de la Biosfera de cuyo territorio se han incluido un total de 42 poblaciones, 35 de *Petrocoptis*, 1 de *Androsace cantabrica* y 6 de *Androsace pyrenaica*.

**Tabla 31.** Listado de reservas de la biosfera en los que ha trabajado PRIOCONEX, desglosado en número de poblaciones por taxón.

Espacio natural		Numero de poblaciones				
Código	Denominación	Superficie (ha)	Género Petrocoptis	Androsace cantabrica	Androsace pyrenaica	Total
-	Somiedo	29060	1	-	-	1
-	Las Ubiñas-La Mesa	45149	1	-	-	1
-	Babia	38147	1	-	-	1
-	Valles de Omaña y Luna	81162	5	-	-	5
-	El Alto Bernesga	33380	1	-	-	1
-	Los Argüellos	33236	1	-	-	1
-	Redes	37702	3	-	-	3
-	Ponga	20584	1	-	-	1
-	Picos de Europa	63658	5	1	-	6
-	Ordesa-Viñamala	117264	16	-	6	22
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>499.342</b>	<b>35</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>42</b>

En la tabla 32 se muestran los 24 Espacios Naturales protegidos a nivel autonómico de cuyo territorio se han incluido un total de 58 poblaciones, 48 de *Petrocoptis*, 6 de *Androsace cantabrica* y 4 de *Androsace pyrenaica*.

**Tabla 32.** Listado de espacios naturales protegidos a nivel autonómico en los que ha trabajado PRIOCONEX, desglosado en número de poblaciones por taxón.

Espacio natural		Numero de poblaciones				
Código	Denominación	Superficie (ha)	Género Petrocoptis	Androsace cantabrica	Androsace pyrenaica	Total
ES113004	Parque Natural de Sierra da Enciña da Lastra.	3185	4	-	-	4
ES120003	Parque Natural de Somiedo.	29006	1	-	-	1
ES120020	Parque Natural de Redes.	37702	3	-	-	3
ES120049	Parque Natural de Ponga.	20505	1	-	-	1
ES120053	Parque Natural Las Ubiñas – La Mesa.	45049	1	-	-	1
ES130004	Parque Natural Saja Besaya.	24353	-	1	-	1
ES130007	Parque Natural de Collados de Asón.	4608	1	-	-	1
ES212007	Parque Natural Alako Harria.	6889	1	-	-	1
ES220022	Reserva Natural Foz de Lumbier.	44	1	-	-	1
ES220118	Parque Natural de Urbasa y Andía.	20938	1	-	-	1
ES241002	Paisaje protegido San Juan de la Peña y Monte Oroel.	9513	3	-	-	3
ES241010	Parque Natural Valles Occidentales.	27047	6	-	-	6
ES241011	Parque Natural de Posets Maladeta.	33469	-	-	4	4
ES241012	Parque Natural de los Cañones y Sierra de Guara.	47637	6	-	-	6
ES241013	Paisaje protegido Foces de Fago y Biniés.	2439	2	-	-	2
ES412006	Parque Natural de las Hoces del Ebro y Rudrón.	46315	2	-	-	2
ES413001	Parque Natural de Babia y Luna.	57756	6	-	-	6
ES413004	Parque Reg. de los Picos de Europa en Castilla y León.	101258	1	1	-	2
ES413005	Monumento Natural Las Médulas.	3163	2	-	-	2
ES414001	Parque Natural Fuentes Carrionas y Fuente Cobre-Montaña Palentina.	78110	-	4	-	4
ES510077	PEIN Aiguabarreig Segre-Noguera Pallaresa.	10119	2	-	-	2
ES510189	PEIN Serra de Turp i Mora Condal Valladán.	3719	1	-	-	1
ES510192	PEIN Serra del Montsec.	30894	1	-	-	1
ES510272	PEIN Vall Alta del Serradell- Serra de Sant Gervàs.	12919	2	-	-	2
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>656.637</b>	<b>48</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>58</b>

En la tabla 33 se muestran los 57 LICs de cuyo territorio se han incluido un total de 143 poblaciones, 117 de *Petrocoptis*, 12 de *Androsace cantabrica* y 14 de *Androsace pyrenaica*.

**Tabla 33.** Listado de los LICs en los que ha trabajado PRIOCONEX, desglosado en número de poblaciones por taxón.

Código	Espacio natural Denominación	Superficie (ha)	Numero de poblaciones			Total
			Género Petrocoptis	Androsace cantabrica	Androsace pyrenaica	
ES000003	LIC Picos de Europa.	23777	1	-	-	1
ES000016	LIC Ordesa y Monte Perdido.	15797	13	-	1	14
ES000054	LIC Somiedo.	29006	1	-	-	1
ES0000122	LIC Aritzakun, Urritzate-Goramendi.	6032	1	-	-	1
ES0000123	LIC Larra Aztaparreta	3922	1	-	-	1
ES0000125	LIC Sierra de Leire y Foz de Arbayún.	8865	1	-	-	1
ES0000126	LIC Roncesvalles Selva de Irati.	18077	1	-	-	1
ES0000132	LIC Arabarko.	1717	1	-	-	1
ES0000149	LIC Posets Maladeta.	34431	-	-	4	4
ES0000210	LIC Alto Sil.	43768	1	-	-	1
ES0000319	LIC Ría de Ribadesella y Ría de Tina Mayor.	5960	1	-	-	1
ES1130009	LIC Sierra da Enciña da Lastra (Galicia).	1790	3	-	-	3
ES1200001	LIC Picos de Europa (Asturias).	25056	2	-	-	2
ES1200008	LIC Redes.	37702	3	-	-	3
ES1200009	LIC Ponga-AMEVA.	28103	2	-	-	2
ES1200010	LIC Montovo-La Mesa.	15035	1	-	-	1
ES1200012	LIC Caldoveiro.	12539	1	-	-	1
ES1200052	LIC Río Trubia.	73	1	-	-	1
ES1300001	LIC Liébana.	42610	6	1	-	7
ES1300002	LIC Montañas Orientales.	24689	2	-	-	2
ES1300021	LIC Valles Altos Nansa y Saja y Alto Campoo.	51068	-	6	-	6
ES2110024	LIC Valderejo Sobrón Sierra de Arcena.	6815	1	-	-	1
ES2120011	LIC Aralar.	14648	1	-	-	1
ES2120016	LIC Aiako Harria.	6806	1	-	-	1
ES2200009	LIC Larrondo Lakartzela.	2614	1	-	-	1
ES2200021	LIC Urbasa y Andia.	27857	1	-	-	1
ES2200025	LIC Sistema fluvial de los ríos Irati, Urrobi y Erro.	1101	1	-	-	1
ES2410001	LIC Los Valles Sur.	22912	1	-	-	1
ES2410003	LIC Los Valles.	27065	6	-	-	6
ES2410004	LIC San Juan de la Peña.	1669	2	-	-	2
ES2410009	LIC Congosto de Ventamillo.	246	5	-	-	5
ES2410023	LIC Collarada y Canal de Ip.	4027	2	-	-	2
ES2410025	LIC Sierra y Cañones de Guara.	34662	6	-	-	6
ES2410042	LIC Sierra de Mongay.	3193	3	-	-	3
ES2410048	LIC Río Ara.	2019	1	-	-	1
ES2410050	LIC Cuenca del río Yesa.	5599	2	-	-	2
ES2410051	LIC Cuenca del Río Airés.	3742	-	-	2	2
ES2410052	LIC Alto Valle del Cinca.	14590	-	-	7	7
ES2410056	LIC Sierra de Chía-Congosto de Seira.	8666	3	-	-	3
ES2410057	LIC Sierras de los Valles Aísa y Borau.	10769	2	-	-	2
ES2410061	LIC Sierra de San Juan de la Peña y Monte Oroel.	18185	1	-	-	1
ES2410064	LIC Sierras de Santo Domingo y Caballera.	30874	2	-	-	2
ES2410068	LIC Silves.	2150	1	-	-	1
ES2420117	LIC Río Bergantes.	4402	1	-	-	1
ES2430047	LIC Sierras de Leyre y Orba.	6908	1	-	-	1
ES4120089	LIC Hoces del Ebro y Rudrón.	46275	2	-	-	2
ES4120094	LIC Sierra de Tesla y Valdivielso.	25424	1	-	-	1
ES4130003	LIC Picos de Europa en Castilla y León.	101219	1	1	-	2
ES4130035	LIC Valle de San Emiliano.	55862	6	-	-	6
ES4130037	LIC Hoces de Vegacervera.	5343	1	-	-	1
ES4130117	LIC Montes Aquilianos y Sierra de Teleno.	31788	8	-	-	8
ES4140011	LIC Fuentes Carrionas y Fuente Cobre- Montaña Palentina.	78224	-	4	-	4
ES5130009	LIC Serra de Turp i Mora Condal Valladan.	3719	1	-	-	1
ES5130012	LIC Vall Alta del Serradell- Serra de Sant Gervàs.	12942	2	-	-	2
ES5130014	LIC Aiguabarreig Segre-Noguera Pallaresa.	10119	2	-	-	2
ES5130015	LIC Serres del Montsec. Sant Mamet i Mitjana.	3248	1	-	-	1
ES5223029	LIC Riu Bergantes.	4402	4	-	-	4
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>1.070.101</b>	<b>117</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>143</b>

## 4. Propuestas de priorización

### 4.1 *Petrocoptis* sp.

#### PRIORIZACIÓN POR AMENAZA AL CAMBIO CLIMÁTICO

En la tabla 34 se clasifican las poblaciones estudiadas en cuanto al nivel de amenaza ante el cambio climático atendiendo a sus requerimientos de germinación inferidos en PRIOCONEX. Se han utilizado 5 categorías de priorización en función del comportamiento observado en la germinación a temperaturas cálidas. El esfuerzo de conservación, en un contexto de cambio climático, se debería concentrar en las poblaciones de categorías prioritarias.

**Tabla 34:** Priorización según el nivel de amenaza al cambio climático atendiendo a los requerimientos de germinación.

Categoría	Explicación	Poblaciones y especies
1	Poblaciones con descenso drástico en la germinación en temperaturas cálidas	petgra_oule ( <i>P. grandiflora</i> ) petmts_rigl ( <i>P. montserratii</i> ) petmts_yebr ( <i>P. montserratii</i> ) petpar_llon ( <i>P. pardoii</i> ) petpar_negr ( <i>P. pardoii</i> ) petpyr_aia ( <i>P. pyrenaica</i> ssp. <i>pyrenaica</i> ) petvis_corn ( <i>P. pyrenaica</i> ssp. <i>viscosa</i> )
2	Poblaciones con descenso importante de germinación en temperaturas cálidas	petcra_añis ( <i>P. crassifolia</i> ) petcra_card ( <i>P. crassifolia</i> ) petgra_vill ( <i>P. grandiflora</i> ) petgua_leci ( <i>P. guarensis</i> ) petpyr_arce ( <i>P. pyrenaica</i> ssp. cf <i>pyrenaica</i> ) petvis_ferr ( <i>P. pyrenaica</i> ssp. <i>viscosa</i> )
3	Poblaciones con descenso leve de germinación a temperaturas cálidas	petgua_naya ( <i>P. guarensis</i> ) pethis_sanj ( <i>P. hispanica</i> ) petgla_beje ( <i>P. pyrenaica</i> ssp. <i>glaucifolia</i> ) petgla_emil ( <i>P. pyrenaica</i> ssp. <i>glaucifolia</i> )
4	Poblaciones con cambios inapreciables en la germinación a temperaturas cálidas	pethis_gues ( <i>P. hispanica</i> ) petmon_cell ( <i>P. montsicciana</i> ) petpse_argo ( <i>P. pseudoviscosa</i> ) petpse_run ( <i>P. pseudoviscosa</i> ) petgla_aliv ( <i>P. pyrenaica</i> ssp. <i>glaucifolia</i> ) petgla_ponc ( <i>P. pyrenaica</i> ssp. <i>glaucifolia</i> )
5	Poblaciones con mejor germinación a temperaturas cálidas	petmon_bera ( <i>P. montsicciana</i> )

Destaca que especies como *P. montserratii*, *P. pardoii* presentan sus dos poblaciones en la clase de máxima priorización. En la tabla 35 se muestran los valores medios para las categorías para cada especie y esta información se puede usar para priorizar el estudio germinativo de nuevas poblaciones de las especies con medias de priorización más bajas

**Tabla 35:** Valor medio de categoría de priorización según el nivel de amenaza al cambio climático atendiendo a la germinación.

Taxon	Valor medio
<i>P. montserratii</i>	1
<i>P. pardoii</i>	1
<i>P. grandiflora</i>	1.5
<i>P. pyrenaica ssp. pyrenaica</i>	1.5
<i>P. pyrenaica ssp. viscosa</i>	1.5
<i>P. crassifolia</i>	2
<i>P. guarensis</i>	2.5
<i>P. hispanica</i>	3.5
<i>P. pyrenaica ssp. glaucifolia</i>	3.5
<i>P. pseudoviscosa</i>	4
<i>P. montsiciana</i>	4.5

### PRIORIZACIÓN POR TASA DE GERMINACIÓN Y PLASTICIDAD GERMINATIVA

Atendiendo a criterios de baja germinación y plasticidad germinativa se priorizan las poblaciones indicadas en la tabla 36 donde destaca de nuevo en categorías de máxima priorización *P. pardoii* y se sitúa en categoría 2 la población de *P. montsiciana* de Beranuy (petmon\_bera), muy dependiente de condiciones cálidas para su germinación. En este caso, no se ha considerado fiable realizar medias de la categoría de priorización por especie.

**Tabla 36:** Priorización según el nivel de amenaza atendiendo a la tasa de germinación y la plasticidad germinativa.

Categoría	Explicación	Poblaciones y especies
1	Poblaciones con tasas de germinación bajas	petpar_llon ( <i>P. pardoii</i> ) petpar_negr ( <i>P. pardoii</i> ) petpse_argo ( <i>P. pseudoviscosa</i> ) petpyr_arce ( <i>P. pyrenaica ssp. cf pyrenaica</i> )
2	Poblaciones con tasas de germinación intermedias y plasticidad germinativa baja	petgua_leci ( <i>P. guarensis</i> ) petmts_rigl ( <i>P. montserratii</i> ) petmon_bera ( <i>P. montsiciana</i> ) petpyr_aia ( <i>P. pyrenaica ssp. pyrenaica</i> ) petvis_corn ( <i>P. pyrenaica ssp. viscosa</i> )
3	Poblaciones con tasas de germinación altas y plasticidad germinativa baja	petcra_card ( <i>P. crassifolia</i> ) petgra_oule ( <i>P. grandiflora</i> ) petmts_rigl ( <i>P. montserratii</i> )
4	Poblaciones con cambios inapreciables en la germinación a temperaturas cálidas	pethis_sanj ( <i>P. hispanica</i> ) petgla_emil ( <i>P. pyrenaica ssp. glaucifolia</i> ) petvis_ferr ( <i>P. pyrenaica ssp. viscosa</i> )
5	Poblaciones con mejor germinación a temperaturas cálidas	petcra_añis ( <i>P. crassifolia</i> ) petgua_naya ( <i>P. guarensis</i> ) pethis_gues ( <i>P. hispanica</i> ) petmon_cell ( <i>P. montsiciana</i> ) petpse_run ( <i>P. pseudoviscosa</i> ) petgla_aliv ( <i>P. pyrenaica ssp. glaucifolia</i> ) petgla_beje ( <i>P. pyrenaica ssp. glaucifolia</i> ) petgla_emil ( <i>P. pyrenaica ssp. glaucifolia</i> ) petgla_ponc ( <i>P. pyrenaica ssp. glaucifolia</i> )

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



## PRIORIZACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA ESPECIFICIDAD CLIMÁTICA

En base a la experiencia de los experimentos de jardín común con *Petrocoptis crassifolia* y los resultados de germinación se identifican las siguientes especies prioritarias para conocer su especificidad climática y contrastar la respuesta plástica de sus poblaciones a climas diferentes:

- Petrocoptis pyrenaica ssp pyrenaica* (incluyendo Aiako Harria (petpyr\_aia)).
- Petrocoptis montsiciana* (incluyendo la población de Beranuy (petmon\_bera) dependiente del calor).
- Petrocoptis montserratii* (incluyendo poblaciones de Riglos (petmts\_rigl) y Canciás (petmon\_canc) o Yebra de Basa (petmon\_yebr)).
- Petrocoptis pardoii*.

## PRIORIZACIÓN EN LOS PROTOCOLOS DE RECOLECCION Y CONSERVACION *EX SITU*.

Como resultado de los estudios germinativos se plantea la siguiente reflexión y sugerencia para las futuras campañas de recolección *ex situ* de esta especie, quizá extensible a otras especies de ambientes similares:

Las recolecciones de semillas de *Petrocoptis* para la conservación *ex situ* deben contemplar la variabilidad germinativa potencial entre madres y priorizar una recogida selectiva. Especialmente, si se han comprobado diferencias germinativas entre individuos, en la población se intentará recoger semillas de manera diferencial, por ejemplo en *P. pseudoviscosa* o en *P. montsiciana* de Celler (petmon\_cell), para representar el máximo de variabilidad germinativa. Debido a que este procedimiento, aunque deseable, puede resultar costoso y poco práctico, se recomienda priorizar recolecciones representando el máximo de individuos con especial atención a que puede haber comportamientos germinativos dependientes del núcleo poblacional, como se ha comprobado en el Castillo de Conatel con *P. pyrenaica ssp viscosa* (petvis\_corn).

## NECESIDAD DE UN PROTOCOLO DE RESTAURACION PARA PETROCOPTIS.

Finalmente, en la vertiente aplicada de la conservación *ex situ* se ha identificado una prioridad ineludible para la conservación del *Petrocoptis*. Es necesario establecer protocolos de reintroducción efectivos a partir de semillas. Las *Petrocoptis* comparten ambiente con la escalda, una actividad en auge, y en el marco del proyecto se ha constatado que la escalda es un riesgo potencial alto para este género y que es necesario evaluarlo sin demora.

Además de la constatación directa en Sobrado, diferentes especies de *Petrocoptis* crecen en importantes zonas de escalda como pueden ser Rodellar, Riglos, Agüero, Ventamillo o Camarasa. En nuestro trabajo de campo hemos comprobado que cuando las poblaciones coinciden con vías de escalda suelen presentarse como núcleos reducidos. Estas localidades

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



deben ser estudiadas en profundidad, comprobar los indicios de reducción poblacional con indicadores pasados disponibles y evaluar la necesidad de reforzar las poblaciones bajo la perspectiva de que la supervivencia de las poblaciones de *Petrocoptis* parece radicar en gran medida en una variabilidad de fenotipos germinativos, factible en poblaciones con número poblacional elevado.

Más allá de la aplicación directa en la gestión de la escalda, el protocolo sugerido también será aplicable en restauración de canteras, y taludes y afecciones por obras públicas como carreteras o presas, actividades que tienen también un impacto directo sobre las poblaciones de *Petrocoptis*.

Desde el proyecto PRIOCONEX estamos avanzando en la elaboración de estos protocolos con la Junta de Castilla y León y hacemos extensiva la colaboración a cualquier Administración Pública que lo considere oportuno.

#### 4.2 *Androsace cantabrica*.

### PRIORIDAD EN LA GESTION Y CONSERVACION.

La presumible confirmación de *Androsace cantabrica* como especie válida, efectiva cuando los datos sean publicados en una revista apropiada y revisada por pares, hace que su prioridad en gestión y conservación se incremente. Además, todos los indicadores hacen referencia a que la vulnerabilidad de esta especie es elevada, tanto climáticamente como por la pérdida de hábitat, lo que la mantiene restringida a áreas concretas y con poco margen de migración. Por todo ello, creemos que hay razones suficientes para incluir *Androsace cantabrica* en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, ya que su riesgo de extinción es alto combinando los dos grandes motores de cambio, el climático y el del uso del suelo. Creemos que esta especie, por su atractiva y vistosa floración, que contrasta con lo inadvertido de su presencia el resto del año, tiene potencial para convertirse en una especie bandera de la conservación de las crestas cántabras y palentinas.

### PRIORIDAD EN LA CARACTERIZACION POBLACIONAL

El propio trabajo de campo para la recolección de la especie ha dejado de manifiesto que la presencia de la especie se subestima ampliamente sino se busca en floración. En muchas localidades como Peña de Astia (andcan\_asti), Hoya Continua (andcan\_hoya) o especialmente Coriscao (andcan\_cori) dentro del Parque Nacional de los Picos de Europa, las poblaciones encontradas eran muy escasas, claramente inferiores al centenar de individuos. Sin embargo, los valores de diversidad genética son elevados lo cual nos indican que las poblaciones están en rápido declive o que, en un escenario más favorable para la conservación, existen más núcleos cercanos que no han sido identificados con los que comparten material genético.

En este contexto se plantea la ineludible necesidad de abordar una rigurosa caracterización poblacional que se prioriza de la siguiente manera:

-Elaboración de una Tabla de Floración Relativa para las poblaciones conocidas. Esta tabla consiste en relativizar el periodo de floración de las diferentes poblaciones en función de la población que se considere de referencia, que por accesibilidad e importancia debería ser la de

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo



Tres Mares (andcan\_labra1). De esta manera, se dispondría de una herramienta orientativa para realizar prospecciones fructíferas en busca de más poblaciones o delimitar correctamente las conocidas.

-Cuantificación de poblaciones existentes y búsqueda de nuevas poblaciones con la ayuda de la Tabla de Floración Relativa para tener cartografiada correctamente la especie.

-Complementar el presente estudio con estudios germinativos en más poblaciones y la monitorización de algunas poblaciones para entender el efecto de la naturalización sobre las poblaciones de *Androsace cantábrica* y su densidad y reproducción; recopilando la información necesaria para evaluar correctamente el efecto del cambio en el uso ganadero y el cambio climático sobre el conjunto de la especie.

-Con esta caracterización profunda de la especie se podrán tomar medidas concretas de conservación y evaluar realmente.

Desde los integrantes del proyecto PRIOCONEX mostramos nuestra disposición a colaborar en este sentido.

### CREACIÓN DE UNA MICRORESERVA PARA ANDROSACE CANTABRICA.

A la luz de los resultados obtenidos, la población de Sierra Labra (andcan\_labra1) merece una especial atención por diferentes motivos: es la más numerosa conocida con diferencia, presenta una elevada diversidad genética, es representativa de la diversidad genética del resto de poblaciones de Sierra Labra y se encuentra en un enclave con una singularidad y diversidad florística relevante. Por todo ello, se propone la idea de fomentar una microreserva o fórmula de conservación equivalente en torno al punto (ETRS89) 30T UN 86101 65592 a 2058 (tómese este punto como orientativo) que ayude, en primer lugar, a la conservación de la especie y su hábitat en un entorno de infraestructuras de esquí y, en segundo lugar, al estudio de sus dinámicas poblacionales. Desde los integrantes del proyecto PRIOCONEX mostramos nuestra disposición a colaborar en este sentido.



Vídeo 8: Conservación de *Androsace cantábrica*.

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo

\* Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto

## 5. Agradecimientos

PRIOCONEX cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Mostramos nuestro agradecimiento al conjunto de la Sociedad de Ciencias Aranzadi por apostar por esta línea de investigación y a la Fundación Biodiversidad por su apoyo económico mediante la Convocatoria de ayudas de la Fundación Biodiversidad F.S.P. para la evaluación de la biodiversidad terrestre española 2020. Además queremos destacar la disposición a colaborar de los diferentes servicios territoriales responsables de la gestión de la biodiversidad de la Xunta de Galicia, del Principado de Asturias, de la Junta de Castilla y León, del Gobierno de Cantabria, del Gobierno de la Rioja, del Gobierno Vasco, de la Comunidad Foral Navarra, del Gobierno de Aragón, de la Generalitat Catalana y la Generalitat Valenciana, así como de las Diputaciones Forales de Araba, Bizkaia y Gipuzkoa y de los Parques Nacionales de Los Picos de Europa y Ordesa y Monte Perdido. De la misma manera agradecemos a todas las personas que, como Emilio Laguna y Patricia Pérez, Clara Plandevall, los agentes de la naturaleza de Aragón y Catalunya, Amparo Mora, Daniel Gómez, María Pérez-Serrano, Eider Conde o Roberto Núñez de una u otra manera nos han ayudado a encontrar y/o recolectar localidades, a avanzar en la parte técnica y a discutir y difundir los resultados.

## 6. Bibliografía

- Arslan H, Kirmizi S, Güleriyüz G, & Selcen Sakar F (2011). Germination requirements of *Androsace villosa* L. (Primulaceae). *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 53(2), 32–36. <https://doi.org/10.2478/v10182-011-0029-9>
- Bacchetta G, Bueno Sánchez A, Fenu G, Jiménez-Alfaro B, Mattana E, Piotto B & Virevaire M (eds). 2008. Conservación ex situ de plantas silvestres. Principado de Asturias / La Caixa. 378 pp.
- Borges RM (2009). Phenotypic plasticity and longevity in plants and animals: Cause and effect? *Journal of Biosciences*, 34(4), 605–611. <https://doi.org/10.1007/s12038-009-0078-3>
- Bradshaw AD (1965). Evolutionary Significance of Phenotypic Plasticity in Plants. *Advances in Genetics*, 13(C), 115–155. [https://doi.org/10.1016/S0065-2660\(08\)60048-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2660(08)60048-6)
- Castroviejo S, Aedo C, Laínz M, López-González G, Montserrat P, Muñoz-Garmendia F, Paiva J, Villar L. (eds.) 1990. Flora ibérica 2. Real Jardín Botánico, CISC, Madrid.
- Castroviejo S, Aedo C, Laínz M, Morales R, Muñoz-Garmendia F, Nieto Feliner G, Paiva J. (eds.) 1997. Flora ibérica 5. Real Jardín Botánico, CISC, Madrid.
- Cires E & Prieto J. 2015 Phylogenetic relationships of *Petrocoptis* A. Braun ex Endl. (Caryophyllaceae), a discussed genus from the Iberian Peninsula *Journal of Plant Research*. 128 (2).

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo





- Dixon CJ, Schönswetter P, & Schneeweiss GM (2007). Traces of ancient range shifts in a mountain plant group (*Androsace halleri* complex, Primulaceae). *Molecular Ecology*, 16(18), 3890–3901. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03342.x>
- Dixon CJ, Schönswetter P & Schneeweiss GM (2008). Morphological and Geographical Evidence are Misleading with Respect to the Phylogenetic Position and Origin of the Narrow Endemic Polyploid *Androsace cantabrica* (Primulaceae). *Systematic Botany*, 33(2), 384–389. <https://doi.org/10.1600/036364408784571572>
- Dixon CJ, Schönswetter P, Suda J, Wiedermann MM, & Schneeweiss GM (2009). Reciprocal Pleistocene origin and postglacial range formation of an allopolyploid and its sympatric ancestors (*Androsace adfinis* group, Primulaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.10.009>
- Johnson M, Pokorny L, Dodsworth S, Botigue L, Cowan R, Devault A, Eiserhardt W, Epitawalage N, Forest F, Kim J, Leebens-Mack J, Leitch I, Maurin O, Soltis D, Soltis P, Wong GKS, Baker W & Wickett N. (2018). A Universal Probe Set for Targeted Sequencing of 353 Nuclear Genes from Any Flowering Plant Designed Using k-medoids Clustering. *A Universal Probe Set for Targeted Sequencing of 353 Nuclear Genes from Any Flowering Plant Designed Using K-Medoids Clustering*, 361618. <https://doi.org/10.1101/361618>
- Mayol M & Rosselló J. 1999. A synopsis of *Silene* subgenus *Petrocoptis* (Caryophyllaceae). *TAXON* 48 (3).

## 7. ANEXOS: 13 Fichas Técnicas

Anexo 1: Ficha Técnica 1: *Androsace cantabrica*

Anexo 2: Ficha Técnica 2: *Androsace pyrenaica*

Anexo 3: Ficha Técnica 3: *Petrocoptis crassifolia*

Anexo 4: Ficha Técnica 4: *Petrocoptis grandiflora*

Anexo 5: Ficha Técnica 5: *Petrocoptis guarensis*

Anexo 6: Ficha Técnica 6: *Petrocoptis hispanica*

Anexo 7: Ficha Técnica 7: *Petrocoptis montsicciana*

Anexo 8: Ficha Técnica 8: *Petrocoptis montserratii*

Anexo 9: Ficha Técnica 9: *Petrocoptis pardoii*

Anexo 10: Ficha Técnica 10: *Petrocoptis pseudoviscosa*

Anexo 11: Ficha Técnica 11: *Petrocoptis pyrenaica* ssp *glaucofolia*

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidade de Vigo

Anexo 12: Ficha Técnica 12: *Petrocoptis pyrenaica* ssp *pyrenaica*

Anexo 13: Ficha Técnica 13: *Petrocoptis pyrenaica* ssp *viscosa*

Con el apoyo de:



Colaboran:



Universidad de Vigo