



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del
Medio Natural

Escuela Politécnica Superior de Gandía

ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE *LIMONIUM GIRADIANUM*
EN LAS MALLADAS DEL PARC NATURAL DE L'ALBUFERA
DE VALÈNCIA Y SU RESPUESTA A TEMPERATURA
ELEVADA, FACTOR AMBIENTAL RELACIONADO CON EL
CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Trabajo Fin de Grado Integrado

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Grado en Ciencias Ambientales

AUTOR/A: Sanchis Muñoz, Clara

Tutor/a: Boscaiu Neagu, Mónica Tereza

Tutor/a: Martínez Nieto, María Isabel

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen

Limonium girardianum (Guss.) Fourr. es un endemismo del sur de Francia, este de la Península Ibérica y Baleares. La especie está presente en el Parc Natural de l'Albufera, constituyendo un elemento vegetal importante en las comunidades de malladas y microhábitats asociados. En este trabajo se diferencia dos líneas complementarias. La primera, el estudio de la distribución poblaciones dentro del parque, mediante la identificación de las zonas en las que está presente y la realización de censos. La segunda, el análisis de la capacidad de respuesta de la especie a temperaturas elevadas, realizando tratamientos de estrés térmico durante la fase de germinación y de crecimiento, tanto para plantas jóvenes como adultas. La exposición a altas temperaturas se considera un factor de estudio interesante, al ser el aumento de las temperaturas uno de los primeros efectos, ya perceptibles, del calentamiento global, que puede provocar cambios en la fenología y distribución de las especies.

En el estudio realizado, se ha visto como la especie se localiza en tres zonas del parque la Mallada de la Rambla, Mallada Llarga y Estany del Pujol y un efecto del aumento de las temperaturas en el desarrollo de plántulas y en la germinación de las semillas.

Palabras clave: censos poblacionales; estructura de comunidades; estrés térmico; respuesta germinativa; crecimiento vegetativo

Abstract

Limonium girardianum (Guss.) Fourr. is endemic to southern France, eastern Iberia Peninsula and the Balearic Islands. The species is present in the Parc Natural de l'Albufera, constituting an important plant element in the communities of "malladas" and associated microhabitats. This work distinguishes between two complementary lines of research. The first is the study of the distribution of populations within the park, by identifying the areas where it is present and carrying out censuses. The second is the analysis of the species' capacity to respond to high temperatures, performing heat stress treatments during the germination and growth phases, both for young and adult plants. Exposure to high temperatures is considered an interesting study parameter, as rising temperatures are one of the first and already noticeable effects of global warming, which can lead to changes in the phenology and distribution of species.

In the study made, it has been seen how the species is located in three areas of the park Mallada de la Rambla, Mallada Llarga and Estany del Pujol and an effect of the increase in temperatures on seedling development and seed germination.

Key words: population censuses; community structure; heat stress; germination response; vegetative growth.

Agradecimientos

Primeramente, agradecer a mis tutoras Mónica Boscaiu y M. Isabel Martínez Nieto que me han orientado y ayudado durante todo el proceso.

A Diana Mircea, por la gran colaboración y apoyo durante la realización de los ensayos.

Al profesor Antonio Lidón por proporcionar los datos sobre muestras de suelo y de las sondas de l'Albufera, junto con José Vicente Seguí, a quién agradezco además su ayuda en el muestreo de las plantas adultas.

A Pilar Soriano, profesora de la Universitat de Valencia, por la colaboración durante todas las salidas de campo, especialmente en la ayuda para la correcta identificación de las especies.

A David Herrea Báez técnico del Servicio Técnico de la Devesa de la Albufera, por su dirección dentro del parque en cuanto a las poblaciones y su localización.

Índice

1. Introducción	6
1.1. Antecedentes	6
1.2. Descripción de la especie estudiada	8
1.3. Descripción de la zona de estudio	11
2. Objetivos.....	13
3. Metodología.....	14
3.1. Caracterización climática.....	14
3.2. Estudio de las poblaciones	15
3.3. Ensayos de germinación	18
3.4. Ensayos de crecimiento	19
3.5. Tratamiento de datos.....	20
4. Resultados.....	21
4.1. Caracterización climática.....	21
4.2. Estudio de las poblaciones	22
4.2.1. Mallada de la Rambla	22
4.2.2. Estany del Pujol.....	27
4.2.3. Mallada Llarga	29
4.2.4. Características edáficas.....	31
4.3. Germinación de las semillas.....	31
4.4. Ensayos de crecimiento	35
4.4.1. Choque térmico plantas juveniles	35
4.4.2. Choque térmico en plantas adultas.....	37
4.4.3. Tratamiento a largo plazo	38
5. Conclusiones del trabajo.....	43
6. Recomendaciones para la gestión de <i>Limonium girardianum</i>	44
7. Bibliografía.....	45

Índice figuras

Figura 1. Distribución del <i>Limonium girardianum</i> en España. Fuente: anthos.es.....	9
Figura 2. Distribución del <i>Limonium girardianum</i> en Francia. Fuente: inpn.mnhn.fr	9
Figura 3. <i>Limonium girardianum</i> en el Parc Natual de l'Albufera: ejemplar al inicio de la floración (A); individuo en momento de plena floración (B)	10
Figura 4. Mapa de localización del Parc Natural de l'Albufera. En rojo se marca el límite del parque, en verde el límite del P.O.R.N.	11
Figura 5. Mapa unidades geológicas del Parc Natural de l'Albufera.....	12
Figura 6. Mapa de litología del Parc Natural de l'Albufera	12
Figura 7. Esquema de los sistemas presentes en el Parc Natural de l'Albufera. Fuente: parquesnaturales.gva.es.....	13
Figura 8. Mapa de localización de las zonas con presencia de <i>Limonium girardianum</i> en la Devesa de l'Albufera	15
Figura 9. Cuadro de 1m ² utilizado para el muestreo.....	16
Figura 10. <i>Datalogger</i> en la Mallada de la Rambla.....	17
Figura 11. Placas preparadas para comenzar el tratamiento 30-20°C.....	18
Figura 12. Plantas de <i>Limonium girardianum</i> en el invernadero.....	19
Figura 13. Climograma de la estación l'Albufera/Tancat de la Pipa para el periodo 2016-2023	22
Figura 14. Mapa de los puntos del muestreo sistemático en la Mallada de la Rambla.....	23
Figura 15. Mapa de los puntos del muestreo dirigido en la Mallada de la Rambla	24
Figura 16. Temperatura media diaria registrada por el <i>datalogger</i> instalado en la Mallada de la Rambla	25
Figura 17. Humedad volumétrica media diaria registrada por el <i>datalogger</i> instalado en la Mallada de la Rambla	26
Figura 18. Conductividad eléctrica media diaria registrada por el <i>datalogger</i> instalado en la Mallada de la Rambla.....	26
Figura 19. Mapa de los puntos del muestreo del Estany del Pujol.....	27
Figura 20. Temperatura media diaria registrada por el <i>datalogger</i> instalado en el Estany del Pujol.....	28
Figura 21. Humedad volumétrica media diaria registrada por el <i>datalogger</i> instalado en el Estany del Pujol	28
Figura 22. Conductividad eléctrica media diaria registrada por el <i>datalogger</i> instalado en el Estany del Pujol	29
Figura 23. Mapa de los puntos del muestreo de la Mallada Llaga.....	30
Figura 24. Porcentaje de germinación de las semillas para 21 días de tratamiento ...	32
Figura 25. Porcentaje final medio de las semillas germinadas	32
Figura 26. Primer plano de las semillas germinadas de dos placas	33
Figura 27. Tiempo medio de germinación (MGT)	33
Figura 28. Porcentaje de germinación de las semillas para el tratamiento 40/30 y recuperación (25/15).....	34
Figura 29. Contenido hídrico medio de la parte aérea y raíces de las plantas juveniles al final del ensayo del choque térmico	36
Figura 30. Foto plantas pequeñas del choque térmico	37
Figura 31. Contenido hídrico medio de la parte aérea y raíces de las plantas adultas del choque térmico	38
Figura 32. Crecimiento medio por semanas del tallo de las plantas del invernadero..	39

Figura 33. Longitud media del tallo por semanas de las plantas del invernadero	39
Figura 34. Temperatura media, máxima y mínima diaria registrada por el sensor del invernadero.....	40
Figura 35. Humedad relativa diaria registrada por el sensor del invernadero	40
Figura 36. Longitud media del tallo por semanas de las plantas del invernadero y del estrés térmico	41
Figura 37. Imagen de las diferentes estructuras reproductivas: flor, estambres y polen	42
Figura 38. Contenido hídrico medio de la parte aérea y raíces de las plantas del tratamiento a largo plazo	43

Índice tablas

Tabla 1. Descripción biogeográfica según la clasificación de Rivas-Martínez.....	13
Tabla 2. Especificaciones sobre los sensores instalados	17
Tabla 3. Tratamientos empleados para el ensayo choque térmico	20
Tabla 4. Valores medios mensuales para el periodo 2016-2023 de la estación l'Albufera/Tancat de la Pipa. Fuente: AVAEMET.....	21
Tabla 5. Descripción bioclimática según la clasificación de Rivas-Martínez	22
Tabla 6. Número de individuos en cada punto de muestreo sistemático en la Mallada de la Rambla	23
Tabla 7. Número de individuos en cada punto de muestreo dirigido en la Mallada de la Rambla	24
Tabla 8. Número de individuos en cada punto de muestreo del Estany del Pujol	27
Tabla 9. Número de individuos en cada punto de muestreo de la Mallada Llaga.....	30
Tabla 10. Datos del suelo de muestreos realizados en la Mallada de la Rambla y Estany del Pujol.....	31
Tabla 11. Contenido foliar de clorofila y humedad y temperatura del sustrato a los 14 días de tratamientos	35
Tabla 12. Pesos de la parte aérea y radical de las plantas juveniles antes y después del secado.....	36
Tabla 13. Pesos de la parte aérea y radical de las plantas adultas en los ensayos de choque térmico antes y después del secado	37
Tabla 14. Numero de hojas media de las plantas del tratamiento a largo plazo durante las primeras semanas de estudio.....	38
Tabla 15. Contenido foliar de clorofila y humedad y temperatura del sustrato en el tratamiento a largo plazo	42
Tabla 16. Pesos de la parte aérea y radical de las plantas del tratamiento a largo plazo	43

1. Introducción

1.1. Antecedentes

El calentamiento global representa uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la sociedad actual, que afecta a todas las regiones del mundo. Este proceso está causando daños y pérdidas trascendentales en ecosistemas terrestres de agua dulce, costeros y de mar abierto, acercándose algunos impactos a ser irreversibles (IPCC, 2023). El impacto del cambio climático a nivel global afecta ya de manera drástica la biodiversidad de nuestro planeta, provocando modificaciones en la distribución de las especies y aumentando el riesgo de extinción de las especies raras y endémicas. El cambio climático está alterando aspectos vitales del medio ambiente como la temperatura y las precipitaciones, la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos, así como la composición atmosférica, la cobertura del suelo y su régimen de humedad. La temperatura, la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO₂) y los nutrientes disponibles son los factores clave de los que dependerá la supervivencia de las especies; los cambios en estos factores probablemente estresarán los ecosistemas y las posibilidades de invasiones aumentarán. Especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático son las especies endémicas, con distribución restringida y poblaciones escasas. Según los escenarios proyectados (IPCC, 2023), en la segunda mitad del siglo XXI surgirán cambios significativos en la distribución de especies, aumentará la abundancia de unas y disminuirá la de otras; igualmente, se modificarán los comportamientos de algunas especies, perturbando los ciclos biológicos y el funcionamiento de los ecosistemas.

La cuenca mediterránea se incluye entre los 36 “hotspots” o puntos calientes de diversidad de la Tierra, definidos como tal por su alta tasa de endemismos y grado de amenaza (Myers et al., 2000). El área mediterránea, con más de 25.000 especies nativas de plantas, es una de las zonas de mayor riqueza vegetal del mundo, pero al mismo tiempo es uno de los “hotspots” más amenazados por pérdida de hábitat y degradación de la tierra, contaminación, sobreexplotación y presión antrópica (Cuttelod et al., 2008). Sin embargo, en las últimas décadas, es el calentamiento global uno de los mayores factores de riesgo para esta extensa región. Los “hotspots” de biodiversidad son las regiones más vulnerables al cambio climático, por estar ya muy perturbadas, al mantener tan solo, aproximadamente, el 30% de su vegetación primaria original (Malcolm et al., 2006; Bellard et al., 2014). El Mediterráneo en particular se considera muy susceptible al calentamiento global, como lo demuestra el índice regional de cambio climático, calculado a partir de las proyecciones de temperatura y precipitación (Lionello y Scarascia 2018).

Las distribuciones de temperatura y precipitación están ya sujetas a cambios y considerables, y se ampliarían en futuros escenarios climáticos (Hertig et al., 2010). Un incremento de la variabilidad interanual, especialmente en verano, junto con el aumento del calentamiento medio, conducirá a episodios de temperaturas extremadamente elevadas cada vez más frecuentes. La disminución de la precipitación media y la mayor frecuencia de grandes anomalías en la temperatura aumentarían la intensidad y la frecuencia de los eventos de sequía (Giorgi y Coppola, 2009). Un estudio de Zittis et al. (2014), mostró que las olas de calor en el Mediterráneo podrían intensificarse al disminuir la humedad del suelo y, por tanto, reducirse su enfriamiento por la evaporación.

Muchos aspectos de la fisiología vegetal pueden verse afectados por el estrés térmico, incluyendo la inmovilización de reservas, la desnaturalización de proteínas y la alteración de la fluidez de las membranas, la inactivación de enzimas, la inhibición de la síntesis de proteínas y el deterioro de la biosíntesis de clorofila, entre otros (Hasanuzzaman et al., 2013; Jha et al., 2014). Además, el estado fenológico de la planta juega un papel relevante en la magnitud de los efectos adversos que se derivan de los episodios de altas temperaturas. Estos efectos pueden ser especialmente dañinos durante el periodo reproductivo, siendo la germinación una de las etapas más sensibles del ciclo vital de una planta y una de las más susceptibles a diversos tipos de estrés. Diversos estudios han demostrado que una planta resistente en esta fase tiene más probabilidades de superar el resto de las fases de su ciclo vital (Soltani et al., 2015; Donohue et al., 2010) Por lo tanto, el estudio del efecto de la temperatura sobre la germinación como etapa crítica de la vida de las plantas es crucial cuando se requiere la evaluación de los posibles efectos del futuro cambio climático.

El calentamiento global produce alteraciones importantes también en la estructura de la vegetación, y ya se han observado cambios en la distribución de las plantas, tales como reducciones en sus áreas de distribución (Chen et al., 2011; Hoffmann et al., 2019). El cambio climático perturbará los ecosistemas y algunas especies nativas disminuirán debido directamente a sus efectos, o indirectamente a través de equilibrios competitivos alterados con las especies circundantes y la presencia de especies invasoras (Zettlemoyer et al., 2019).

Los saladares son ecosistemas complejos, caracterizados por la salinidad de sus horizontes. Son de gran importancia por su diversidad ecológica, donde se desarrollan especies adaptadas a las condiciones salinas y representan hábitat para aves acuáticas migratorias, especies de peces transitorias y flora y fauna autóctonas (Simas et al., 2001). Estos hábitats se ven afectados por el cambio climático, especialmente por el aumento de las temperaturas y del nivel del mar. Según los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2023) la temperatura superficial global aumentó alrededor de 1,1°C en el período 2011-2020 respecto al 1850-1900, mientras que el nivel del mar aumentó 0,20 metros entre 1901 y 2018.

La conservación de los saladares está basada en varias estrategias, tanto en la recuperación de la cobertura original de las especies estructurales, fundamentales para el funcionamiento de estos ecosistemas, como en la conservación y reintroducción de las especies endémicas, raras y/o amenazadas de alto valor ecológico. Las respuestas al estrés salino en especies frecuentes en los saladares han sido objeto de numerosas investigaciones (e.g., Koyro, 2006; Tipirdamaz et al., 2006; Redondo-Gómez et al., 2009; Wiszniewska et al., 2019, entre muchos otros). Sin embargo, no hay ningún tipo de dato sobre las respuestas de estas especies en condiciones de altas temperaturas, factor ambiental que en los últimos años está adquiriendo una relevancia cada vez mayor debido al calentamiento global.

Este trabajo se centra en la especie halófila *Limonium girradianum* (Guss.) Four. presente en los saladares interdunares del Parc Natural de l'Albufera, conocidos localmente como malladas. La especie no es un endemismo exclusivo, ya que tiene un área de distribución más amplia desde el sur de Francia hasta la Comunidad Valenciana y por este motivo, a pesar de su interés ecológico y de conservación, no ha sido estudiada en la misma medida que otras especies de *Limonium*. El objetivo de este

estudio es conocer el efecto de la temperatura, uno de los factores ambientales característicos del cambio climático, sobre *L. girardianum* para entender mejor cómo el calentamiento global puede afectar a su presencia en el parque y a su fenología, y poder aplicar este conocimiento a la restauración y protección de estos ecosistemas.

1.2. Descripción de la especie estudiada

El género *Limonium* Mill. forma parte de la familia Plumbaginaceae, del orden Caryophyllales. Es el género más grande y diverso de la familia, contando con más de 400 especies (Erben, 1993). Tiene una distribución cosmopolita concentrándose su mayor diversidad en la cuenca mediterránea, donde aproximadamente un 70% de las especies son endémicas (Koutroumpa et al., 2018). Varios autores consideran que la gran diversidad de especies de *Limonium* se debe a su sistema de reproducción asexual (por apoximis), así como a la frecuente hibridación interespecífica. En consecuencia, el género es taxonómicamente muy complejo y presenta dificultades para el reconocimiento correcto de las especies. Por este motivo, para identificarlo es conveniente y en algunos casos necesario que el individuo esté en flor.

Las especies de *Limonium* son hierbas o pequeños arbustos y se establecen principalmente en zonas salinas o áridas. Son plantas perennes u ocasionalmente anuales con hojas generalmente enteras, dispuesta en roseta basal o de forma helicoidal. La inflorescencia puede ser variada, pero en forma de panícula. Las ramas tienen una disposición unilateral o bilateral (inusualmente en hélice) y algunas especies pueden presentar ramas estériles. Las flores se encuentran en espiguillas de una o más flores y rodeadas de tres brácteas (externa, media e interna). Muchas especies son conocidas por su uso como plantas ornamentales (Erben, 1993).

En la flora ibérica (Península Ibérica e Islas Baleares) se encuentran 107 especies, de cuales 82 son endémicas (Laguna et al., 2021), muchas de estas son endemismos locales con efectivos poblaciones reducidos y un gran riesgo de extinción. En *Lista Roja de la Flora Vasculare Española* (Bañares et al., 2010), es de los géneros más nombrados, con un total de 84 especies y subespecies. Además, están incluidos 16 taxones en el *Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y Catálogo Español de Especies Amenazadas* (Real Decreto 139/2011). La Comunidad Valenciana es una de las regiones de Europa más ricas en especies de este género, con 29 especies presentes en el territorio. Más de la mitad (15 especies) son endemismos exclusivamente valencianos y siete especies (24,14%) son endémicas del este de la Península Ibérica. Por tanto, 22 especies (75,86% de la riqueza valenciana) son endemismos españoles (Laguna et al., 2021). En la última actualización de los catálogos valencianos de especies protegidas se contemplan 13 especies de *Limonium*, 6 de los cuales están en peligro de extinción (Orden 2/2022, de 16 de febrero, de la Consellería de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica, por la que se actualizan los listados valencianos de especies protegidas de flora y fauna)

La especie estudiada en este trabajo, *Limonium girardianum* (Guss.) Four. es un endemismo del sur de Francia, este de la Península Ibérica y Baleares. Se encuentra distribuida por el noroeste del mediterráneo, a lo largo en el litoral español y francés (Figuras 1 y 2). Se establecen en zonas salinas de suelo arenoso (marismas salinas) y acantilados costeros, en altitudes de entre 0 y 25 m (Erben, 1993).



Figura 1. Distribución de *Limonium girardianum* en España. Fuente: anthos.es

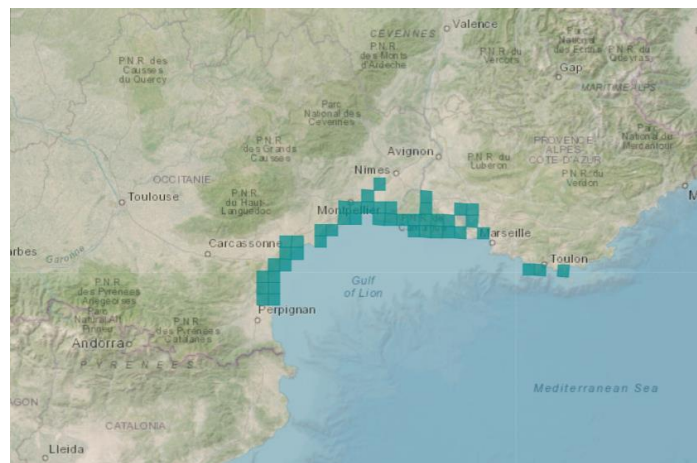


Figura 2. Distribución de *Limonium girardianum* en Francia. Fuente: inpn.mnhn.fr

La especie es una planta perenne de 10-40 cm de altura y cepa corta. Las hojas están dispuestas en forma de roseta, de color verde que mantiene durante la floración (Figura 3 A y B). Tienen forma oblanceolada con ápice agudo o mucronado (Figura 3A) y presenta de 1 a 3 nervios. Las ramificaciones suelen empezar en la parte superior del tallo y las inflorescencias pueden tener ramas estériles. Espigas terminales muy densas, con 10 a 14 espiguillas por centímetro (Figura 3B). Las espiguillas son bilaterales y de igual forma densas, con 2 a 7 flores. Las flores son pequeñas, con un diámetro alrededor de los 5 mm, con pétalos de color violáceo y forma cuneiforme. La floración se produce mayoritariamente durante el periodo estival (Erben, 1993).

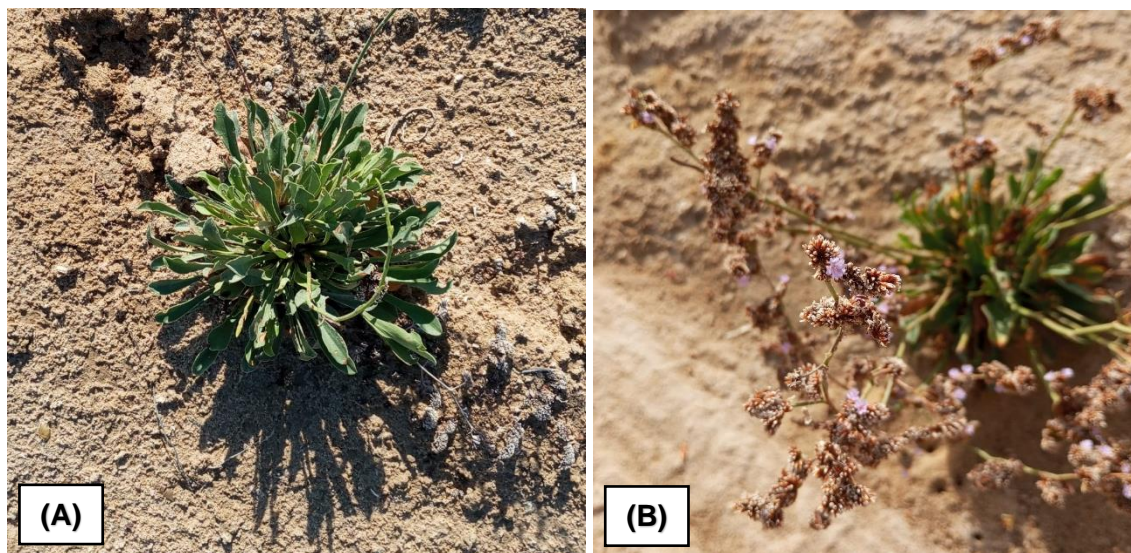


Figura 3. *Limonium girardianum* en el Parc Natural de l'Albufera: ejemplar al inicio de la floración (A); individuo en momento de plena floración (B)

En Francia la especie está en estado de decadencia, habiendo desaparecido en algunas zonas y encontrándose frecuentemente aislada o de forma residual (Pavon, 2005). Está incluida en el listado de especies vegetales protegidas en el territorio francés continental (*Arrêté du 20 janvier 1982*), y recientemente en la *Lista roja de la flora vascular de la Francia metropolitana (2019)*, catalogado como preocupación minoritaria.

En la Península Ibérica se encuentra en zonas orientales hasta Alicante en saladares y acantilados costeros. En los acantilados bajos forma junto al hinojo de mar una asociación característica *Crithmo maritimi-Limonietum girardiani* Costa 1982 mientras que en suelos arenosos aparece en varias comunidades. En el Parc Natural de la Albufera, *L. girardianum* está presente en la asociación *Puccinellio festuciformis-Arthrocnemetum fruticosi* Br.-Bl. 1931, comunidad en la que domina con gran biomasa *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott en las depresiones dunares ("malladas") que se encharcan temporalmente y sufren un largo período de sequía, con formación de costras salinas en verano sobre el suelo, cuya textura varía desde la franco-arenosa a la franco-limosa (Costa y Boira, 1981). Sobre suelos de textura franco-arenosa se distingue la subasociación *sporobolotum pungentis* Costa y Boira, en la que *Sporobolus pungens* (Schreb.) Kunth y *Limonium girardianum* son sus características diferenciales. Esta subasociación está bien representada en las malladas de la Devesa del Saler. *L. girardianum* aparece también en zonas más elevadas de los saladares que no llegan a inundarse y se caracterizan por su reducida humedad y elevada salinidad, como parte de la asociación vegetal *Artemisio gallicae-Limonietum angustibracteatum* Costa y Boira 1981. La especie es más frecuente cuando el suelo se hace muy arenoso, y se le considera como característica diferencial de la subasociación *limonietosum girardiani* Costa y Boira, 1981.

1.3. Descripción de la zona de estudio

El Parc Natural de l'Albufera es un humedal formado por el lago de l'Albufera y su entorno húmedo y litoral. Fue declarado parque natural en 1986 con el *DECRETO 89/1986, de 8 de julio, del Consell de la Generalitat Valenciana, de régimen jurídico del Parque Natural de la Albufera*. Además, forma parte de Lista de Humedales de importancia internacional (Lista Ramsar) y de la Red Natura 2000. Esto último se debe a que está catalogado como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona Especial de protección de Aves (ZEPA). Se encuentra al sur de ciudad de Valencia, entre el río Turia y Júcar. Cuenta con una superficie de 21.120 hectáreas, abarcando 13 municipios: Valencia, Alfafar, Sedaví, Massanassa, Catarroja, Albal, Beniparrell, Silla, Sollana, Algemesí, Albalat de la Ribera, Sueca y Cullera.

En la Figura 4 se muestran los límites del parque y el límite del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (P.O.R.N.) de l'Albufera.



Figura 4. Mapa de localización del Parc Natural de l'Albufera. En rojo se marca el límite del parque, en verde el límite del P.O.R.N. Elaborado con la cartografía "Parcs Naturals de la Comunitat Valenciana" y "Límits P.O.R.N. dels Parcs Naturals de la Comunitat Valenciana" disponible en el geoportel de la Infraestructura de Dades Espacials Valenciana (IDEV).

Por lo que respecta a la geología, nos encontramos con una unidad reciente y homogénea, con materiales, principalmente, cuaternarios de edad del holoceno. En la Figura 5 se puede ver como gran la mayoría del parque está formado por depósitos de albufera, siendo estos limos (Figura 6).

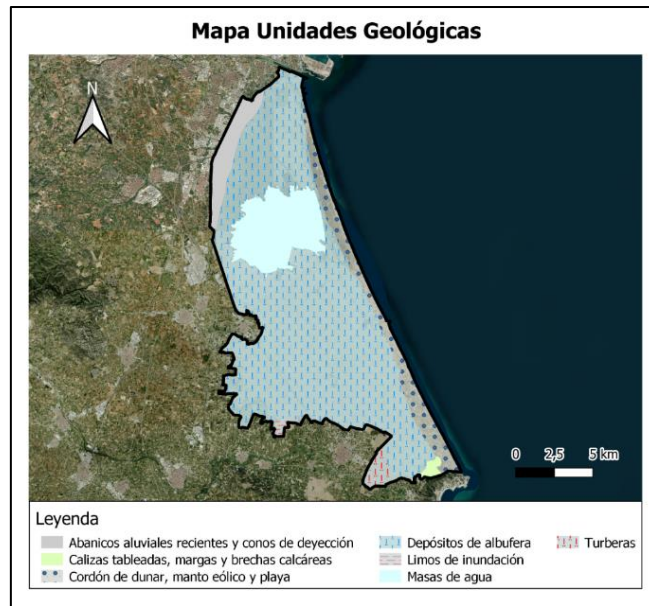


Figura 5. Mapa unidades geológicas del Parc Natural de l'Albufera. Elaborado con: *Cartografía Geológica de la Comunidad Valenciana disponible en el geoportal de la Infraestructura de Dades Espacials Valenciana (IDEV)*. Escala 1:350.000

La llanura litoral del Golfo de Valencia presenta una pendiente escasa, lo que permitió el depósito de estos sedimentos derivados de la erosión, originando así esta unidad geológica.

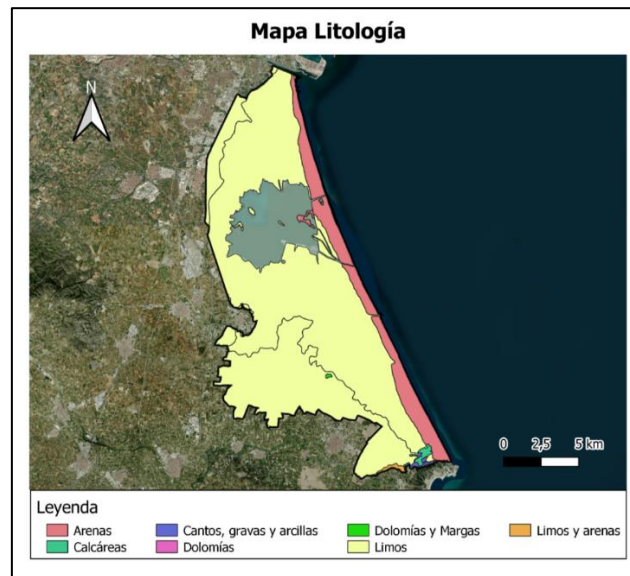


Figura 6. Mapa de litología del Parc Natural de l'Albufera. Elaborado con: *Litología (COPUT-1991)* disponible en el geoportal de la Infraestructura de Dades Espacials Valenciana (IDEV).

Otra unidad importante es el cordón dunar, manto eólico y playa. Este representa el ambiente de la restinga, cordón litoral que produjo la formación de l'Albufera al separar al antiguo golfo marino del mar. Este fenómeno se dio lugar por la distribución de los sedimentos de los aportes del río Turia y Júcar por la corriente marina. En este sentido, está compuesto por arenas (Figura 6). Al sur es donde se observa estructuras diferentes como turberas, limos de inundación y calizas tableadas, margas y brechas calcáreas. Estos últimos forman parte de la Serra de les Rabosses (Cullera).

El Parc de l'Albufera presenta una gran diversidad de ecosistemas (Figura 7). Este trabajo se ha realizado en el sistema litoral de la Restinga, el más complejo del parque, donde se distinguen de forma general cuatro ambientes: la playa, cordón de dunas delanteras, malladas y sistema dunar interno.



Figura 7. Esquema de los sistemas presentes en el Parc Natural de l'Albufera. Fuente: parquesnaturales.gva.es

Las malladas donde se sitúan las poblaciones analizadas, son depresiones interdunares donde el nivel freático es elevado (cercano a la superficie del suelo), produciendo que se inundan en determinadas épocas del año (periodos de lluvia). Esto junto con las altas tasa de evapotranspiración en el verano, resulta en un aumento de la salinidad. De este modo, la sal es un factor condicionante para el desarrollo de la vegetación en estas zonas, representada por plantas halófitas, capaces de aprovechar las aguas salinas gracias a mecanismos especializados para la eliminación de las sales. A pesar de que estos hábitats no suelen presentar una gran diversidad en especies, las comunidades vegetales, varían dependiendo de la concentración de sales, humedad o propiedades del suelo. En zonas muy salinas con inundación prolongada presentan comunidades vegetales pobres en especie dominadas por la *Salicornia patula* y *Suaeda spicata*. Matorrales halófitos: en las depresiones húmedas con alto contenido en sales se encuentran formaciones de pequeños matorrales halófitos, representados por los órdenes de *Arthrocnemalia* y *Limonietalia*. El primero se destaca por agrupaciones densas dominadas por suculentas donde se destacan especies como la *Sarcocornia fruticosa*, *Halimione portulacoides* o *Inula crithmoides*, entre otras. El segundo, se presenta en zonas menos húmedas o con periodo de inundación más corto y predominan las especies del género *Limonium*, destacando por el carácter endémico de algunos de los individuos. En áreas menos salinas y con suelos húmedos en la mayor parte del tiempo, aparece formaciones de juncales (alianza *Juncion maritimi*) y pastizales halófitos (alianza *Plantaginion crassifoliae*).

Por otro lado, comentando brevemente la biogeografía, siguiendo el estudio de Rivas-Martínez (1987), el lugar se integra en las categorías presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción biogeográfica según la clasificación de Rivas-Martínez

Reino	Holártico
Región	Mediterránea
Provincia	Valenciano-Catalano-Provenzal
Sector	Setabense

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es analizar la respuesta de la especie *Limonium girardianum* ante la exposición temperaturas elevadas, factor ambiental estrechamente

relacionado con el cambio climático, así como su presencia y distribución dentro de las malladas del Parc Natural de l'Albufera de València.

Los objetivos específicos que nos ayudarán a cumplir el objetivo principal son:

- Identificar las poblaciones de la especie dentro de la zona de estudio y evaluar el estado de los especímenes
- Testar la capacidad germinativa de las semillas en diferentes condiciones de temperatura
- Analizar el efecto del estrés térmico sobre el crecimiento de plantas juveniles y adultas
- Evaluar el desarrollo reproductivo de la especie ante diferentes exposiciones de temperatura

En el Anexo 1 se incluye la relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. De forma resumida, mencionar, que el estudio se enmarca dentro del objetivo número 15: Vida de ecosistemas terrestres.

Con este trabajado se pretende consolidar los conocimientos y aplicar los principios del Paisajismo Forestal, Repoblaciones forestales y la Recuperación de espacios degradados. Estas competencias forman parte del módulo de Tecnologías Específicas de Explotaciones Forestales, contemplado en la orden CIN/324/2009.

3. Metodología

3.1. Caracterización climática

Para la caracterización climática se emplearon datos meteorológicos de la Asociación Valenciana de Meteorología (AVAMET), más concretamente, de la estación l'Albufera/Tancat de la Pipa. La elección de la estación se basó en la proximidad a la zona estudiada, situada dentro del parque. De los registros de la estación, se descargaron datos para una serie de 8 años (2016-2023).

Se realizará una caracterización bioclimática de la zona de estudio siguiendo la clasificación de Rivas-Martínez (*Clasificación bioclimática de la Tierra*, 2004). Se utilizarán tres índices bioclimáticos: Índice de continentalidad simple, Índice ombrotérmico anual y Índice de termicidad; cuyas fórmulas se exponen a continuación:

$$I_c = T_{max} - T_{min} \quad (1)$$

donde I_c es el índice de continentalidad simple, T_{max} es la temperatura media del mes más cálido (°C) y T_{min} es la temperatura media del mes más frío (°C)

$$I_o = P_p / T_p \quad (2)$$

donde I_o es el índice ombrotérmico anual, P_p es la suma de la precipitación media (mm) de los meses cuya temperatura media es superior a 0°C y T_p es la suma de las temperaturas medias mensuales (°C) superiores a 0°C

$$It = (T + m + M) * 10 \quad (3)$$

donde It es el índice de termicidad, T es la temperatura media anual ($^{\circ}\text{C}$), m es la temperatura media de las mínimas del mes más frío ($^{\circ}\text{C}$) y M es la temperatura media de las máximas del mes más frío ($^{\circ}\text{C}$)

3.2. Estudio de las poblaciones

Para analizar la presencia de *Limonium girardianum* en el Parc Natural de l'Albufera, se llevó a cabo un estudio de las poblaciones. Para ello, en primer lugar, se ha efectuado una visita al parque para identificar las zonas donde se encuentra la especie. Para ello se contó con la ayuda de un técnico del Servicio Técnico de la Devesa de la Albufera, conocedor de las especies presentes en el parque y su distribución.

Las zonas donde estaba presente *Limonium girardianum* fueron tres: Mallada de la Rambla, Estany del Pujol y Mallada Llarga. Estas localizaciones se pueden observar en el Mapa 1 (Figura 8). Posteriormente, se volvieron a visitar las zonas para el análisis de las poblaciones, la composición florística y la realización de censos.

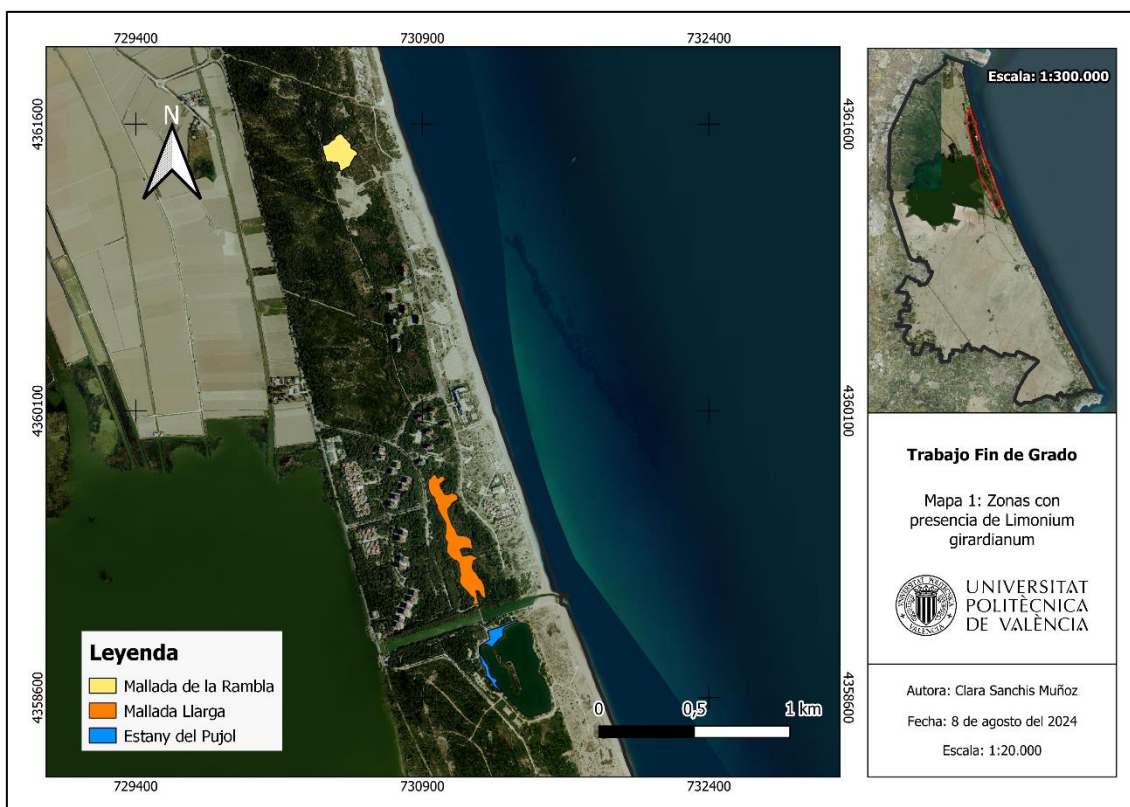


Figura 8. Mapa de localización de las zonas con presencia de *Limonium girardianum* en la Devesa de l'Albufera

Los censos se desarrollaron durante los meses de junio y julio, cuando la especie estaba en estado de floración y es más fácil su reconocimiento. Se efectuaron utilizando dos procedimientos diferentes dependiendo de la abundancia de *L. girardianum* en las áreas de estudio. Por un lado, en la Mallada de la Rambla la especie se encuentra distribuida aproximadamente por un tercio del lugar. El muestreo se efectuó en esta extensión de forma sistemática, por el método de los cuadrantes (Mostacedo y Fredericksen, 2020),

utilizando un cuadro de 1m² (Figura 9). El sistema utilizado fue tomar un punto de muestreo cada 20 metros aproximadamente, realizando tres barridos en línea recta, de límite a límite de la mallada. Una vez tomadas las muestras se obtiene el promedio de individuos y se calcula la densidad (ecuación 4) y el número total de individuos (ecuación 5).

$$D = \frac{n}{a} \quad (4); \quad N = A * D \quad (5)$$

siendo:

- D : densidad (nºind/ m²)
- n : número promedio de individuos (nºind)
- a : área del cuadrante (1m²)
- N : número total estimado de individuos (nºind)
- A : área de muestreo (m²)

Se realizará una segunda estimación del número total de individuos de la mallada aplicando un método por agregados puesto que se observa que se distribuye de esta manera y la estimación sistemática podría ser imprecisa. Para ello, se identificarán los puntos muestreados que presenten una agrupación de especímenes y se obtendrá el promedio de individuos de estos cuadrantes. Por último, se buscará el número de agrupaciones en la zona de estudio y se multiplicará por el promedio de individuos anteriormente calculado.

Además, en la misma mallada se realizó un segundo muestreo. En este caso fue dirigido hacia las zonas con una mayor concentración de la especie, donde se contaba el número de individuos presentes.



Figura 9. Cuadro de 1m² utilizado para el muestreo.

Por otro lado, en la Mallada Llarga y Estany del Pujol la especie no tiene una amplia distribución en el lugar. De este modo, el muestreo se realizó dirigiéndose a los puntos donde está presente, y contado todos los individuos. Posteriormente, se suman todos los valores para obtener la cantidad total de especímenes.

En todos los casos, se registró la ubicación de los puntos de muestreo mediante el uso de un GPS y fueron cartografiados utilizando el Sistema de Información Geográfica de libre acceso *QGIS*. Los mapas realizados, junto con el Mapa 1 de localización de las malladas, se incluyeron como Anexo 2, de forma que se pueda apreciar mejor los puntos de muestreo.

En la Mallada de la Rambla y Estany del Pujol fue instalado un sensor (Figura 10). La información de cada *datalogger*, su puesta en marcha y la ubicación de las sondas se puede observar a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones sobre los sensores instalados

Mallada de la Rambla		
Fecha instalación	18/04/2024	
Modelo <i>datalogger</i>	z6-24253	
Sondas		
Posición	Puerto	Profundidad
Al lado de <i>L. girardianum</i>	1	5 cm
	2	15 cm
Sin plantas cercanas	3	5 cm
	4	15 cm

Estany del Pujol		
Fecha instalación	22/02/2024	
Modelo <i>datalogger</i>	z6-24251	
Sondas		
Posición	Puerto	Profundidad
Al lado de <i>L. girardianum</i>	1	5 cm
	2	15 cm



Figura 10. *Datalogger* en la Mallada de la Rambla

Los sensores fueron retirados el 29 de julio del mismo año y sus datos fueron descargados. Se elaboraron gráficos de las medias diarias de temperatura, humedad y conductividad eléctrica para cada puerto y de forma conjunta.

Además, se dispone de datos de suelo de muestras tomadas en la Mallada de la Rambla y Estany del Pujol.

3.3. Ensayos de germinación

Para analizar el efecto de la temperatura sobre la germinación se realizaron cuatro ensayos, utilizando en cada caso un rango de temperatura diferente, con el mismo fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad. Los tratamientos seleccionados fueron: 25-15°C, 30-20°C, 35-25°C y 40-30°C.

Las semillas empleadas fueron proporcionadas por el Centro de investigación y experimentación forestal (CIEF) de la Generalitat Valenciana.

Para los ensayos se utilizaron placas Petri con dos capas de papel de filtro sobre donde se colocan las semillas. Por cada tratamiento se realizaron cinco repeticiones, a excepción del 35-25°C donde fueron cuatro. En todos los casos se pusieron 10 semillas por placa (Figura 11).

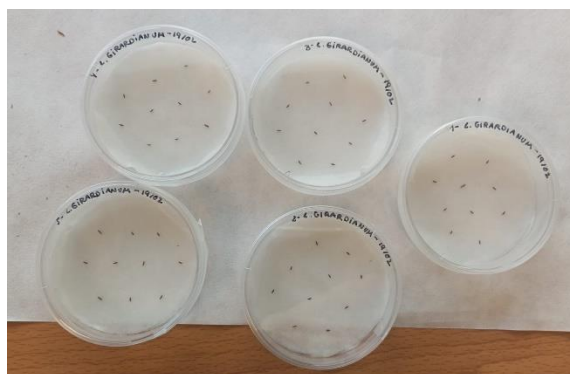


Figura 11. Placas preparadas para comenzar el tratamiento 30-20°C

Una vez puesta las semillas se añadió un poco de agua y se introdujeron las placas en una cámara de germinación, donde se mantendrá la temperatura entre los rangos establecidos para cada tratamiento. Se hicieron uso de dos cámaras de la marca Equitec (Ibercex, España) en las mismas condiciones de iluminación y fotoperiodo, una ubicada en el laboratorio de botánica de la ETSIAMN, para los tratamientos 40/30 y 35/25 y otra ubicada en el Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM) para los tratamientos 30/20 y 25/15 °C.

La duración de los ensayos fueron un total de 21 días. Durante este tiempo las placas se revisaban diariamente, contando el número de semillas germinadas y añadiendo agua en caso de que fuera necesario. Con esta información se procederá a calcular el porcentaje y la velocidad de germinación. Además, para el tratamiento 40/30 se llevó a cabo un ensayo de recuperación. Para ello, las placas que previamente estuvieron en el tratamiento 40-30°C durante las primeras semanas se cambiaron posteriormente a una temperatura óptima de 25-15°C.

El porcentaje de germinación se entiende como la proporción de semillas germinadas en relación con el número de semillas total. En este caso, se obtendrán los valores diarios por cada tratamiento (promedio de todas las réplicas).

Para la velocidad de germinación, se calcula el tiempo medio de germinación, utilizando la fórmula de MGT (Mean Germination Time) de Ellis y Roberts (1981):

$$MTG = \frac{\sum(n*d)}{N} \quad (6)$$

siendo:

- n : número de semillas germinadas día
- d : número de días desde el inicio del ensayo
- N : número de semillas germinadas total

3.4. Ensayos de crecimiento

Los ensayos de crecimiento se realizaron tanto para plantas adultas como en plántulas. El material vegetal ha sido proporcionado por el Servicio Devesa el Saler (Ayuntamiento de Valencia).

Las plantas adultas se ubicaron en el invernadero número 8 de la ETSIAMN (Figura 12) para estudiar su evaluación a largo plazo. Durante el primer mes, se contabilizó una vez a la semana el número de hojas por planta, utilizando como criterio que fueran mayores de 5 cm. Pasado este periodo de tiempo, se comenzó a medir las longitudes de los tallos, una vez a la semana. En caso de que no hubiera crecido aún el tallo, se computaba como 0.



Figura 12. Plantas de *Limonium girardianum* en el invernadero (primera fila de bandejas). Al fondo se ven individuos de *Limonium albuferae*

Plantas adultas y plántulas fueron sometidos a un choque térmico. Para este proceso se establecen cuatro condiciones diferentes:

- Estrés térmico (ST)
- Temperatura óptima (TO)
- Sequía (S)
- Control (C)

De la combinación de estos parámetros, obtenemos los cuatro tratamientos, resumidos en la Tabla 3. El número de ejemplares empleados en cada tratamiento ha sido de 3 en caso de las adultas y de 5 en caso de las juveniles.

Tabla 3. Tratamientos empleados para el ensayo choque térmico

Tratamiento	Temperatura	Riego
TOC	26-15°C	Sí
TOS	26-15°C	No
STC	42-30°C	Sí
STS	42-30°C	No

En otro ensayo, 6 plantas del invernadero se trasladaron en momento del inicio floración a cámaras de crecimiento para observar el efecto de la temperatura en la fase reproductiva. La mitad fue incorporada en la cámara del IAM a 30-20°C y el resto en la cámara del laboratorio a 35-25°C. Después de un mes, se tomaron fotos de las flores y del polen, incluyendo del invernadero como control. En todas los ensayos de crecimiento el fotoperiodo ha sido de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad

Una vez acabado el tratamiento, se procedió al muestreo todas las plantas, siguiendo los siguientes pasos:

1. Determinación parámetros bioquímicos. Se midió la temperatura y humedad del suelo con una sonda WET Sensor (Delta T Devices) y de la clorofila con un medidor Minolta SPAD 502 plus.
2. Separación de la planta del sustrato y toma fotos de los individuos.
3. Medición de la longitud del tallo, en caso de presentar uno
4. Separación de las raíces de la parte aérea
5. Pesado de cada una de las partes (peso fresco) y guardado en sobres
6. Los sobres son llevados a una estufa donde se secarán a 65°C
7. Después del secado se vuelve a pesar cada una de las partes (peso seco)

Teniendo los valores de peso fresco y peso seco se podrá obtener el contenido hídrico de la planta. Se calculará tanto para las hojas como para las raíces (ecuación 7).

$$CH = \frac{(\text{peso fresco} - \text{peso seco})}{\text{peso fresco}} * 100 \quad (7)$$

siendo:

- *CH*: contenido hídrico (%)
- *peso fresco*: peso antes de ser secado (g)
- *peso seco*: peso después de la estufa (g)

Este mismo procedimiento fue empleado para el muestreo de las plantas adultas del tratamiento a largo plazo (invernadero y del estrés térmico). La única diferencia, es que, en este caso, además de pesar la parte aérea, se cuenta el número de hojas, diferenciando secas de verdes.

3.5. Tratamiento de datos

Lo datos obtenidos fueron analizados utilizando el programa Statgraphics Centurion v. 18 (Statgraphics Technologies Inc., The Plains, Virginia). Para comprobar el efecto de los tratamientos de estrés térmico en las diferentes fases del ciclo biológico de las

plantas se realizó un ANOVA de un factor seguido de un análisis post-hoc con el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%.

Para la realización de cálculos y elaboración de tablas y gráficos, se utilizó la aplicación MS Excel.

4. Resultados

4.1. Caracterización climática

Los registros descargados de la estación Tancat de la Pipa De para una serie de 8 años (2016-2023) permiten calcular las medias mensuales de varios parámetros climáticos indicados en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores medios mensuales para el periodo 2016-2023 de la estación l'Albufera/Tancat de la Pipa. Fuente: AVAEMET

Mes	Tº media	Tº max media	Tº min media	HR media	P media
	(ºC)	(ºC)	(ºC)	(%)	(mm)
Enero	11,6	15,6	8,3	70,0	47,5
Febrero	12,7	16,5	9,5	75,8	17,1
Marzo	14,1	17,9	10,5	75,8	53,7
Abril	15,7	19,1	12,2	76,8	37,6
Mayo	19,1	22,3	15,7	77,0	29,9
Junio	23,1	25,9	20,0	78,4	24,3
Julio	25,8	28,3	22,7	81,4	7,3
Agosto	25,9	28,9	22,6	79,4	14,8
Septiembre	23,4	26,8	19,7	79,5	73,3
Octubre	19,9	23,5	16,4	77,7	58,4
Noviembre	15,6	19,4	12,4	72,3	53,5
Diciembre	13,3	17,1	10,1	73,2	40,5

Los datos indican veranos cálidos y secos, con temperaturas medias máximas cerca de los 30ºC e inviernos templados donde la media de las mínimas no baja de los 8ºC. Para la serie de datos, la temperatura media anual resultó de 18,4ºC. Los veranos también son secos, con poca precipitación, con menores precipitaciones en julio (con una media 7,3 mm). Las épocas de mayor precipitación son en primavera y otoño por encima de los 50 mm. La humedad relativa media se mantiene aproximadamente constante a lo largo del año.

Con los valores de temperatura media y precipitación se elabora un climograma (Figura 13). Teniendo en cuenta el Índice de Gaussen, podemos comprobar como existe un periodo de aridez. Esto se debe a que en algunos meses el doble de la temperatura es mayor que la precipitación (Rodríguez-Puebla et al., 2006).

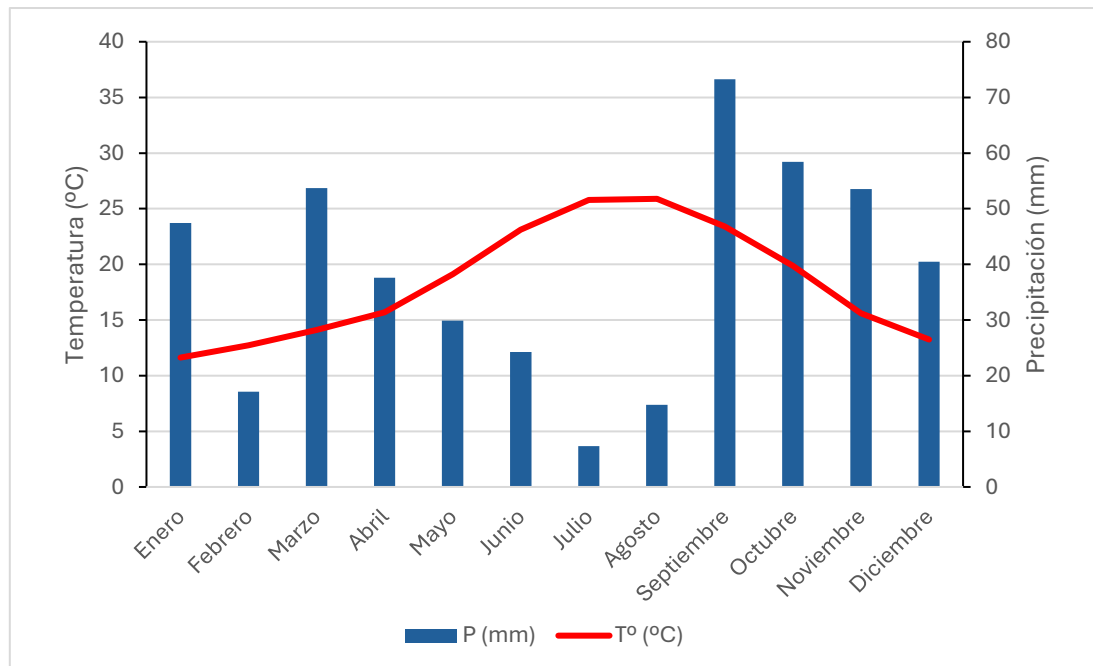


Figura 13. Climograma de la estación l'Albufera/Tancat de la Pipa para el periodo 2016-2023

Como se comentó en la metodología, se realiza una clasificación bioclimática

Respecto a la clasificación bioclimática, según se ha comentado en la metodología, se calcularon tres índices bioclimáticos utilizando las ecuaciones 1-3. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Índice de continentalidad simple (I_c) $\rightarrow 14,3$
- Índice ombrotérmico anual (I_o) $\rightarrow 2,1$
- Índice de termicidad (I_t) $\rightarrow 423$

De este modo, la clasificación bioclimática de la zona de estudio sería la indicada a continuación en la Tabla 5:

Tabla 5. Descripción bioclimática según la clasificación de Rivas-Martínez

Macrobioclima	Mediterráneo
Bioclima	Mediterráneo pluviestacional-oceánico
	Piso bioclimático
Termotipo	Termomediterráneo inferior
Ombrotipo	Seco inferior

4.2. Estudio de las poblaciones

4.2.1. Mallada de la Rambla

Como se comentó en el apartado de la metodología, en esta mallada se realizaron dos muestreos diferentes. En primer lugar, se efectuó el muestreo sistemático. Los puntos de muestra fueron un total de 21 y se pueden observar su ubicación en la Figura 14. El número de individuos contados en cada cuadrante están recogidos en la Tabla 6.

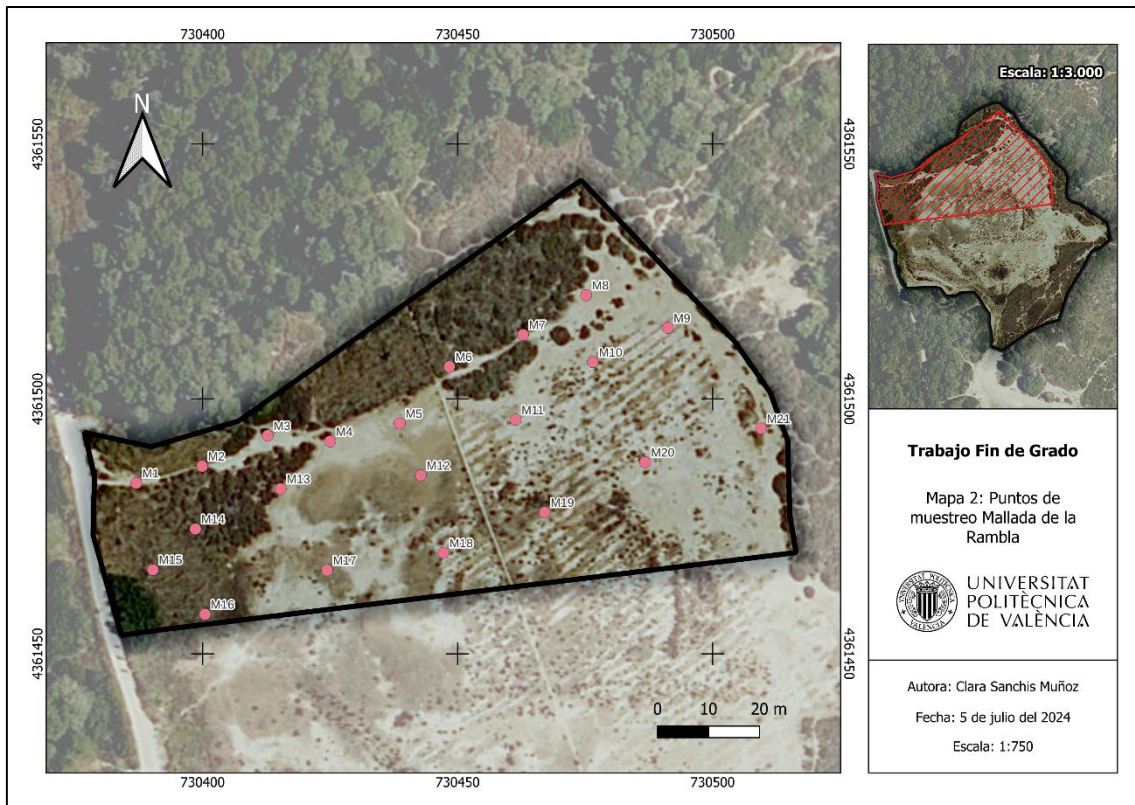


Figura 14. Mapa de los puntos del muestreo sistemático en la Mallada de la Rambla

Tabla 6. Número de individuos en cada punto de muestreo sistemático en la Mallada de la Rambla

Muestra	Nº individuos	Muestra	Nº individuos
1	0	12	6
2	7	13	0
3	0	14	14
4	0	15	0
5	11	16	0
6	0	17	0
7	0	18	0
8	0	19	0
9	0	20	0
10	0	21	8
11	0		

Con estos datos, y utilizando la ecuación 4, se calcula la densidad de individuos en el área. El valor resultante es de 2,19 individuos por m². Conocida la densidad, empleando la ecuación 5, obtenemos que de forma estimada la zona de muestreo presentaría un total de 15.717 individuos. Este número, es demasiado grande y poco realista, teniendo en cuenta las observaciones hechas sobre la especie y la densidad de vegetación de la mallada. Este resultado desmesurado se debe a que la especie se distribuye de forma agrupada, lo que provoca que haya una concentración mayor individuos en unos puntos, pero que no es representativo de todo el conjunto de la zona de estudio.

Por otro lado, los resultados del muestreo dirigido se pueden observar en la Figura 15 y Tabla 7. Los puntos de muestreo representan las zonas con mayor presencia de la especie en la mallada, por lo que se aprecia como la especie no está distribuida de

forma uniforme. Los puntos verdes, representan los vértices de un perímetro, donde se consideró toda el área como punto de muestreo (12). Esto se realizó porque la especie estudiada se encontraba en toda esa extensión, conformando una de las comunidades más destacables, por su tamaño y abundancia, que se encuentra actualmente en l'Albufera. En este muestreo, se contabilizó un total de 400 individuos.

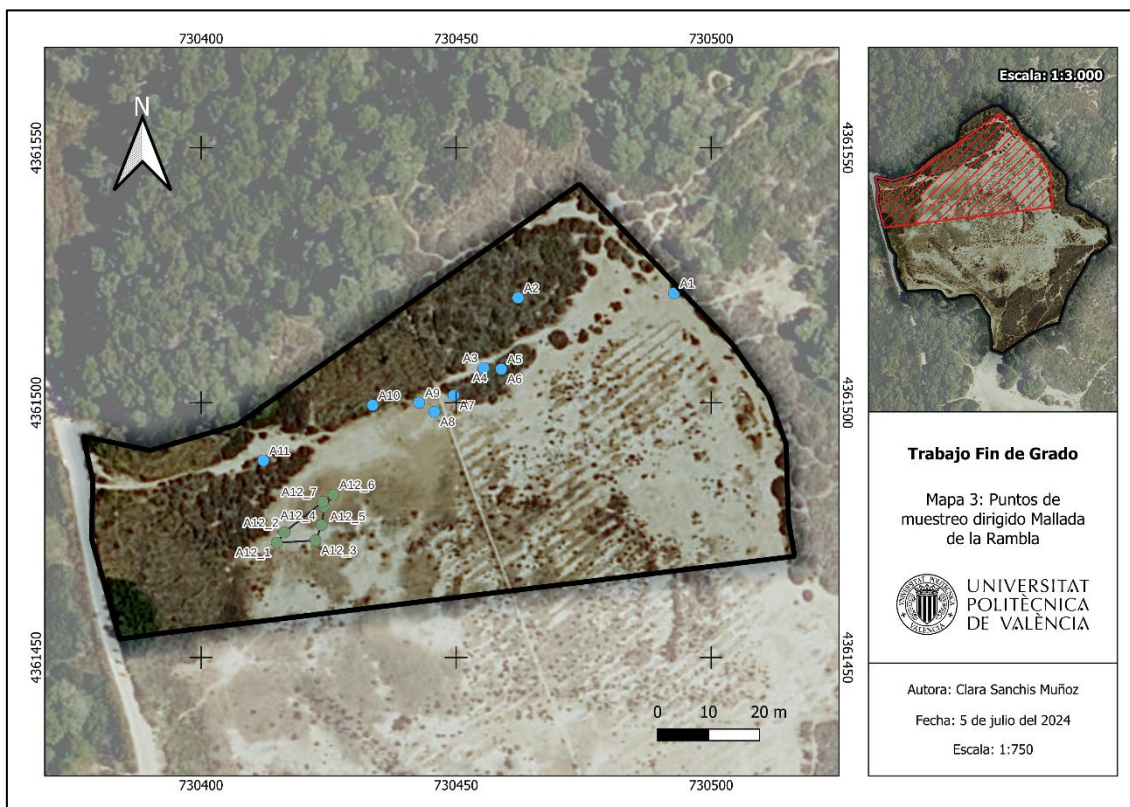


Figura 15. Mapa de los puntos del muestreo dirigido en la Mallada de la Rambla

Tabla 7. Número de individuos en cada punto de muestreo dirigido en la Mallada de la Rambla

Muestra	Nº individuos	Muestra	Nº individuos
1	33	7	42
2	7	8	61
3	20	9	49
4	11	10	73
5	7	11	16
6	13	12	68

El total de muestreos realizados en este segundo análisis se puede utilizar como el número de agrupaciones presentes en la zona de estudio para la aplicación del método de los agregados. De este modo, tendríamos 12 agrupaciones (Tabla 7). No obstante, como el punto 12 abarca una superficie más grande, se calculará cuantos agregados podría haber en esta extensión, para obtener mejor aproximación al número de grupos presentes en la mallada. Considerando que el resto de agregados tenía una superficie alrededor de 1 m², ya que se comprobó con ayuda del cuadrado empleado en el primer análisis, y que el área del punto 12 es de 36,2 m², estimamos que en este punto habría unas 36 agrupaciones. Como resultado tenemos un total de 47 agregados equivalentes. De la Tabla 6 se determina que hay un promedio de 9,2 individuos por agregado.

Conociendo estos dos valores, según lo explicado en la metodología, se obtienen un total de 432,4 individuos.

Comparando este resultado con los individuos encontrados del conteo directo, se aprecia unos valores similares por lo que puede considerarse que el número real de individuos estará entre esos valores. Por esta razón, se considera el promedio de estos dos valores como la mejor aproximación a la cantidad real de especímenes en la zona, siendo un total de 416 individuos.

Los individuos de *L. girardianum* suelen crecer agrupados en pequeños. En esta mallada se observó como muchos de los ejemplares se establecieron en los bordes de una senda. Es común encontrar la especie estudiada junto con *Limonium virgatum*, (Willd.) Fourr., especie del mismo género con una mayor distribución. La zona oeste se encuentra dominada por la especie invasora *Spartina patens* (Ait.) Mul.

Los gráficos individuales para todos los puertos del sensor instalado en esta mallada están incluidos en el Anexo 3. En las Figuras 16, 17 y 18 a continuación, se pueden observar los gráficos conjuntos de temperatura, humedad y conductividad, respectivamente.

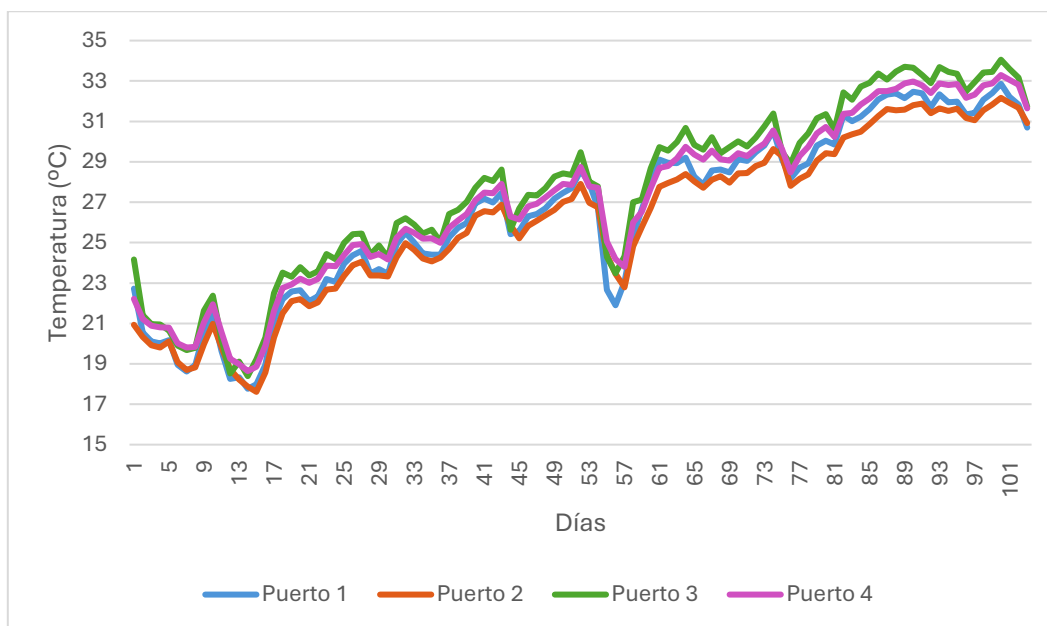


Figura 16. Temperatura media diaria registrada por el *datalogger* instalado en la Mallada de la Rambla

La serie de datos de 101 días, entre primavera y verano (18/04/2024-29/07/2024), presenta valores de temperatura muy similares durante todo el tiempo. En primera instancia no se aprecia ninguna diferencia significativa. No obstante, se puede comentar como la sonda colocada en una zona sin plantas (puerto 3 y 4) sí que presenta una temperatura unos grados más elevada que en la zona con plantas (puerto 1 y 2). Además, conforme los días son más calurosos, empiezan a haber una ligera diferencia de temperatura según la profundidad de la sonda.

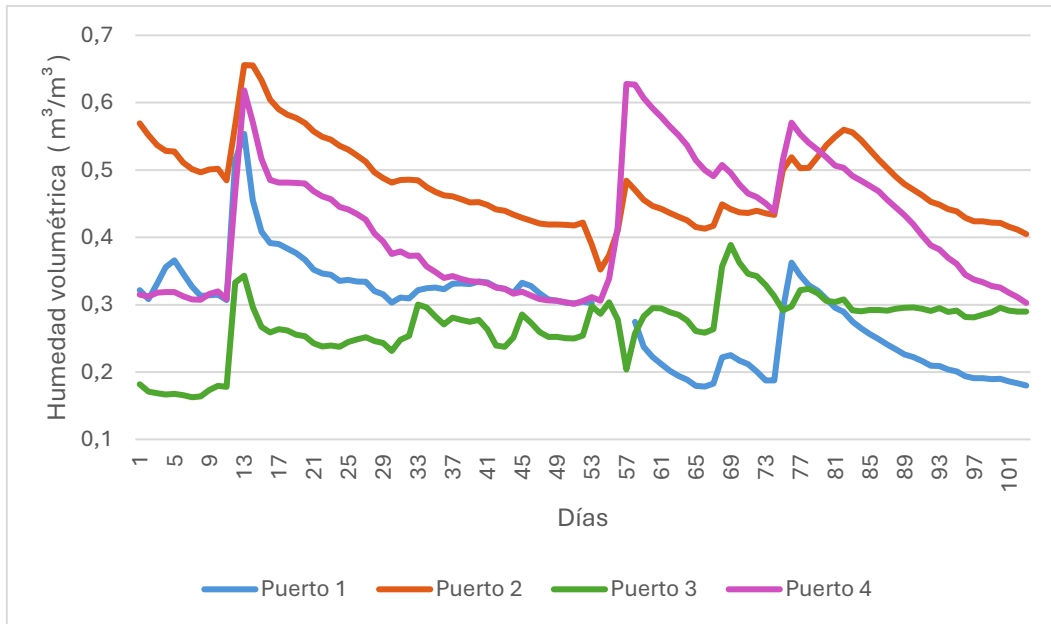


Figura 17. Humedad volumétrica media diaria registrada por el *datalogger* instalado en la Mallada de la Rambla

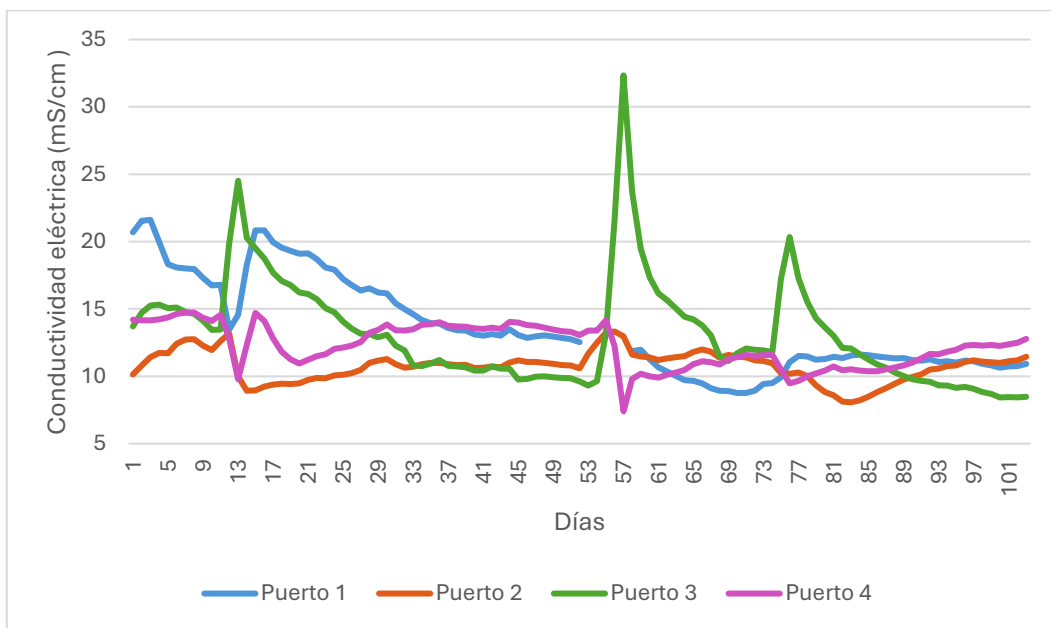


Figura 18. Conductividad eléctrica media diaria registrada por el *datalogger* instalado en la Mallada de la Rambla

Respecto a la humedad volumétrica y la conductividad eléctrica sí que presenta una diferencia más notable. Se observa como la humedad es mayor en las zonas en las sondas colocadas a 15 cm de profundidad (puerto 2 y 4) que a 5 cm (puerto 1 y 3). En general, las zonas con plantas tienen una mayor humedad. Los picos de humedad se deben principalmente a que se produce precipitación durante esos días.

Por otro lado, la conductividad tiene un patrón inverso a la humedad volumétrica, teniendo valores más altos las zonas con menor profundidad. Esto se puede explicar considerando que en la superficie se produce una mayor evaporación provocando una reducción de la humedad y una acumulación de sales (costras salinas de las malladas).

Otro aspecto a comentar es como los días con precipitación se reducen los valores de la conductividad, como consecuencia del lavado de las sales por la lluvia.

4.2.2. Estany del Pujol

En la Figura 19 y la Tabla 8 se muestran los resultados del muestreo realizado en el Estany del Pujol. Se observa como en el punto 4 y 5 hay algunos ejemplares que han crecido de forma aislada. El resto de las muestras son una comunidad más grande y agrupada. De hecho, para el punto 3 se evaluó, realizando un perímetro (puntos verdes) y contando en toda el área. El total de especímenes encontrados en el Estany fue de 105 individuos.

En esta ubicación *L. girardianum* se encontraba junto con algunos ejemplares del *Limonium albuferae* P.P. Ferrer et al.

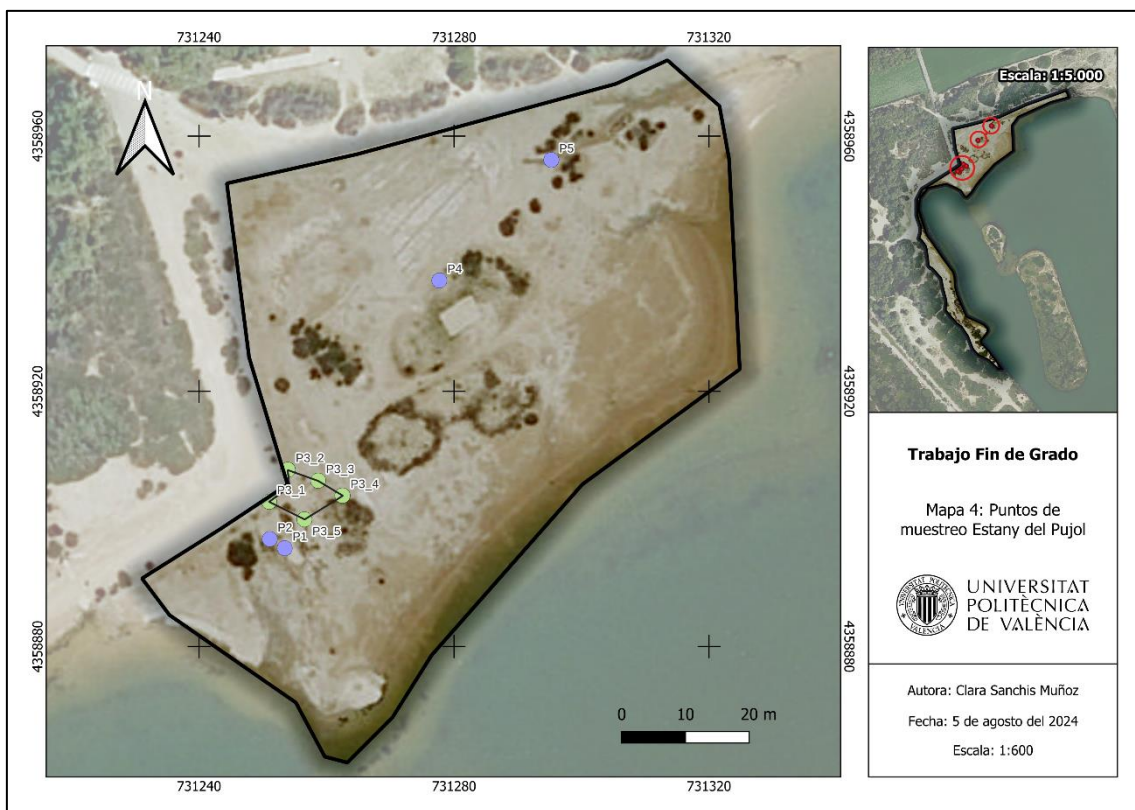


Figura 19. Mapa de los puntos del muestreo del Estany del Pujol

Tabla 8. Número de individuos en cada punto de muestreo del Estany del Pujol

Muestra	Nº individuos
1	1
2	1
3	97
4	5
5	1

De igual forma que para el apartado anterior, los gráficos individuales de los datos del sensor se incluyeron en el Anexo 3, mientras que este documento se añadieron los conjuntos en las Figuras 20-22.

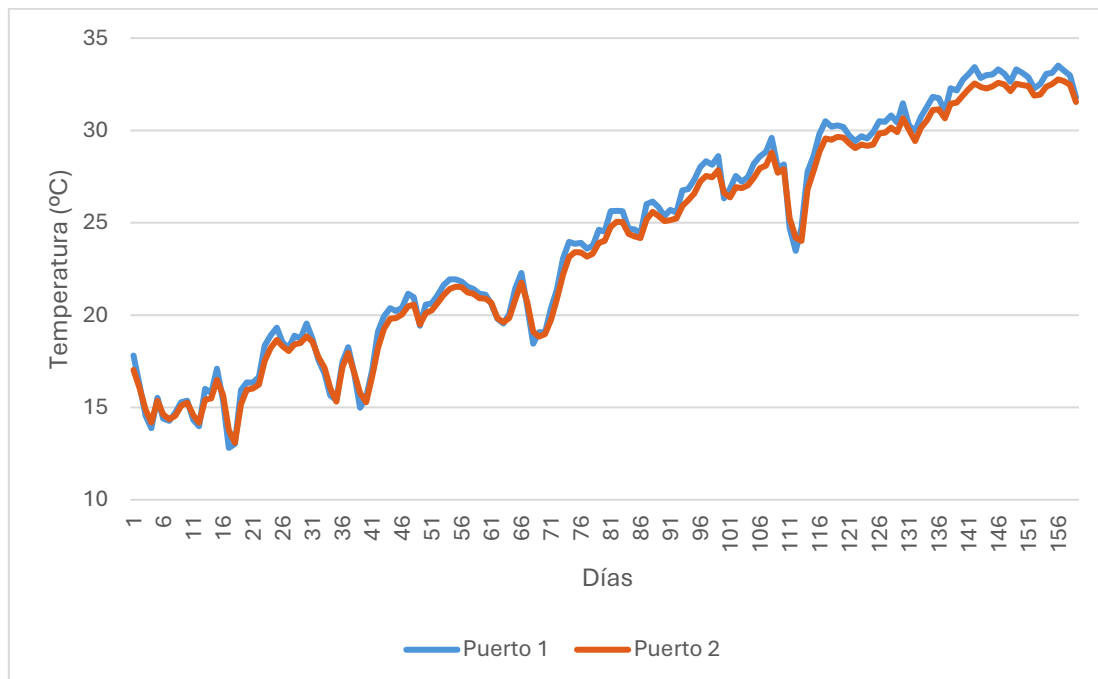


Figura 20. Temperatura media diaria registrada por el *datalogger* instalado en el Estany del Pujol

Los valores de temperatura para la serie de datos de 156 días (22/02/2024-29/07/2024) son prácticamente iguales. Conforme va subiendo la temperatura media se aprecia como se distancian un poco, siendo mayor para el puerto 2 a 15 cm de profundidad, en comparación del puerto 1 a 5 cm de profundidad.

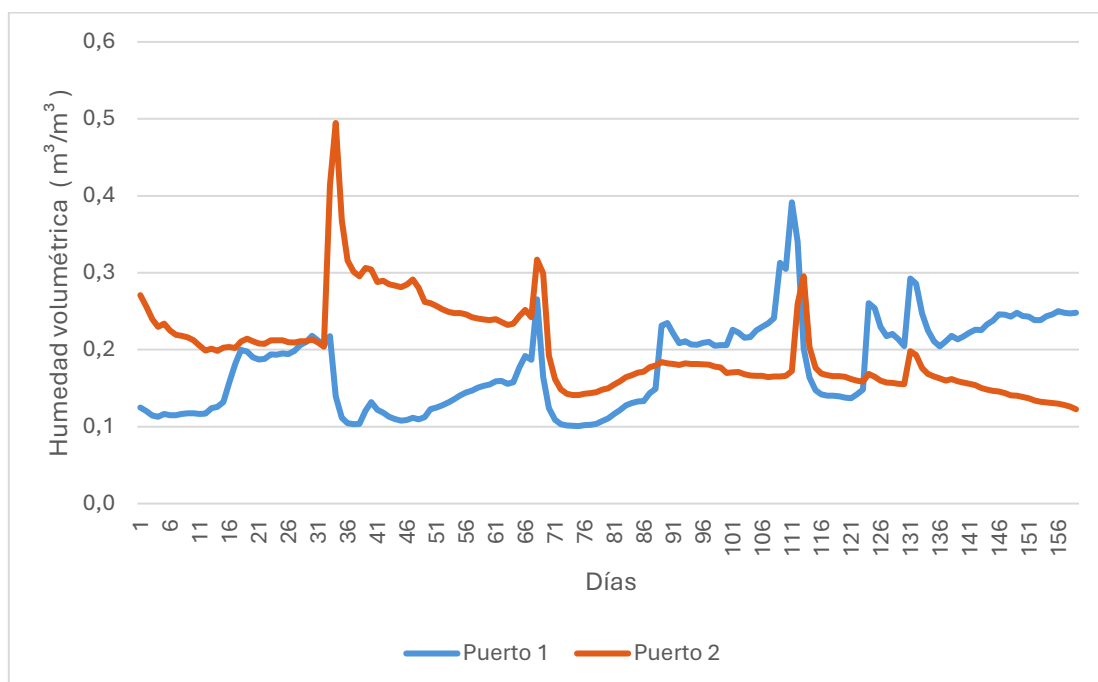


Figura 21. Humedad volumétrica media diaria registrada por el *datalogger* instalado en el Estany del Pujol

En cuanto a la humedad volumétrica se observa como al principio hay mayor humedad a mayor profundidad y va disminuyendo al paso del tiempo, mientras que para la menor profundidad ocurre lo contrario.

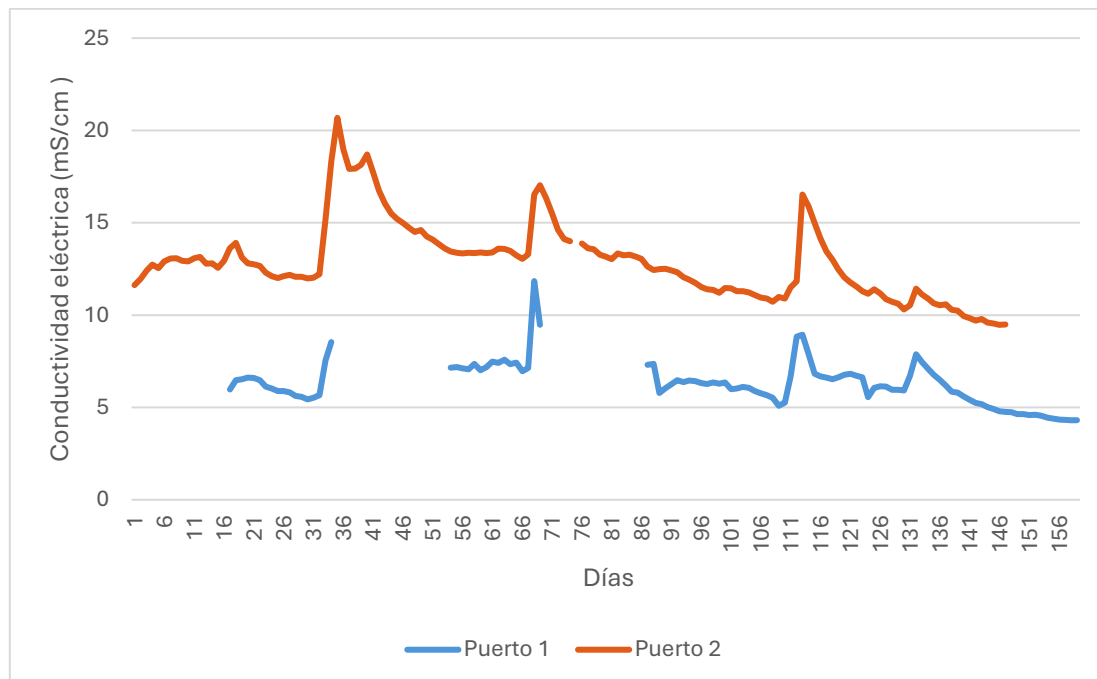


Figura 22. Conductividad eléctrica media diaria registrada por el *datalogger* instalado en el Estany del Pujol

Sobre la conductividad eléctrica, hubo muchos días en lo que no se registraron los valores para el puerto 1, por lo que no tenemos la serie de datos completa. No obstante, fijándonos en el gráfico se puede suponer que sigue un patrón similar que el puerto 2, solo que con valores más pequeños.

4.2.3. Mallada Llarga

En la Mallada Llarga, la presencia de esta especie es la más reducida de todas las zonas. Se encuentra en los bordes de caminos. La gran mayoría en una senda secundaria ubicada en la primera mitad de la mallada, al final de la pasarela de madera. A continuación de este, se encontró un único ejemplar en el sendero principal.

En la Figura 23 se pueden visualizar la localización de los puntos muestreados y en la Tabla 9 el número individuos en cada uno. En total, se encontraron un total de 45 individuos en la mallada.

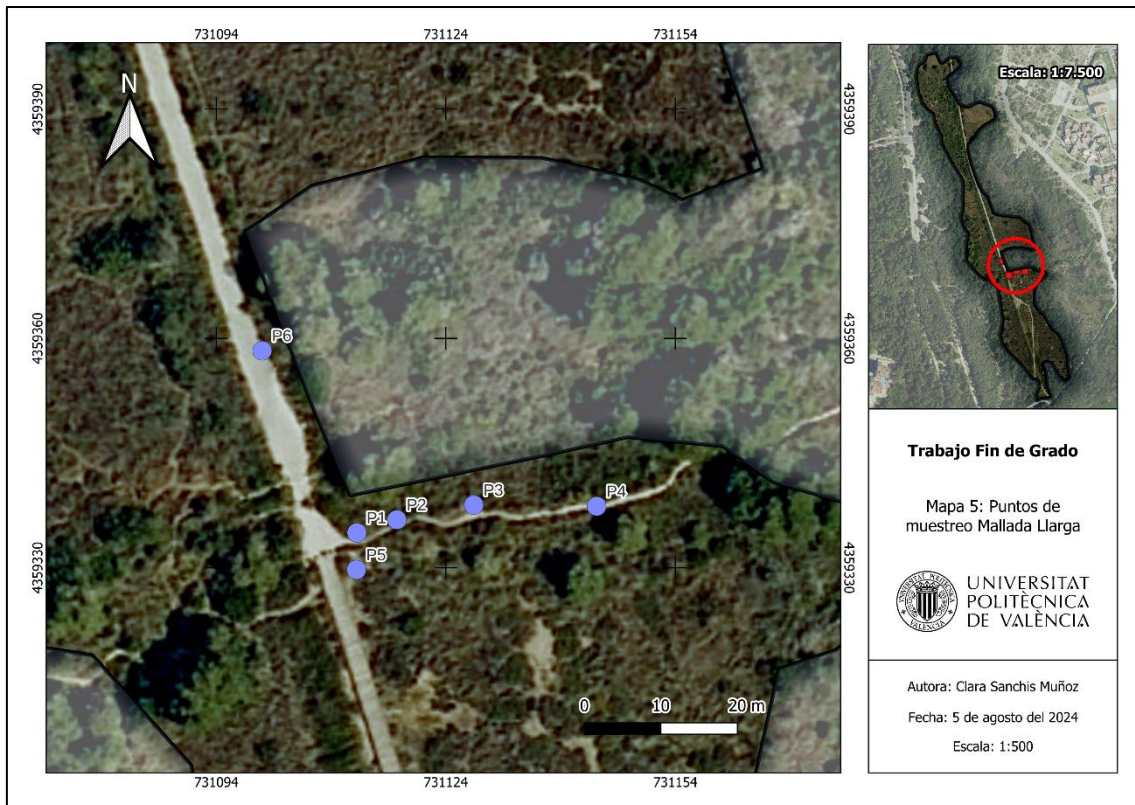


Figura 23. Mapa de los puntos del muestreo de la Mallada Llarga

Tabla 9. Número de individuos en cada punto de muestreo de la Mallada Llarga

Muestra	Nº individuos
1	1
2	12
3	18
4	11
5	2
6	1

En el Parc Natural de l'Albufera los ecosistemas de las malladas junto con otros sistemas litorales sufrieron una gran degradación debido a los procesos de expansión urbanística. Las zonas de saladares quedaron reducidas, encontrándose actualmente prácticamente limitados a la zona de La Devesa del Saler. En los estudios realizados, se ha visto cómo las poblaciones se encuentran de forma reducida. No se encuentran estudios sobre la distribución de la especie en el parque, pero sí existen registros de la presencia del *L. girardianum* en otras de sus malladas (Ferrer-Gallego et al., 2016). Otras especies del género han recibido mayor atención al ser endemismos exclusivos, como *L. dufourii* (Girard) Kuntze, que sufrió una gran degradación en consecuencia de la pérdida de hábitats, quedando poblaciones reducidas y fragmentadas (Navarro et al., 2006).

4.2.4. Características edáficas

Los datos tomados en el campo con la sonda WET han sido completados con datos proporcionados por el Prof. Antonio Lidón del Departamento de Química de la UPV y se presentan a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10. Datos del suelo de muestreos realizados en la Mallada de la Rambla y Estany del Pujol

Zona	Especie	Clase textural	Materia orgánica (%)	pH	CE _{1:5} (dS/m)
Mallada de la Rambla	<i>Limonium girardianum</i>	Arenosa	0,36	9,01	5,601
	Sin planta	Arenosa	0,29	9,18	2,762
Estany del Pujol	<i>Limonium girardianum</i>	Arenosa	0,22	9,11	2,404

Se observa como para las tres muestras se obtuvieron resultados similares. La textura es arenosa, a causa de que nos encontramos en un sistema litoral interdunar. Esto, concuerda con la información litológica expuesta en el apartado de geología. Los suelos arenosos se caracterizan por estar muy aireados, resultando en una descomposición rápida de la materia orgánica. Por esta razón, presenten porcentajes muy bajos de materia orgánica.

En relación con el pH se puede observar que se trata de una zona alcalina. Sobre la conductividad, los valores indican que son suelos salinos, parámetro característico de las zonas de las malladas. En la mallada de la Rambla hay una mayor conductividad en la muestra tomada a lado de la especie que en la tomada sin planta. Se observa una salinidad menor en el Estany de Pujol que en la Mallada de la Rambla.

4.3. Germinación de las semillas

En esta sección se comentarán los resultados de los ensayos de germinación realizados en varias condiciones de temperatura. En la Figura 24 se muestra la evolución diaria de la germinación para cada tratamiento. Se observa como para el menor rango de temperatura se obtuvieron mayores porcentajes de germinación, teniendo un 30% más que el siguiente tratamiento. Las temperaturas más altas tuvieron un éxito reducido, con menos del 40%, las semillas germinando únicamente en la primera semana del ensayo.

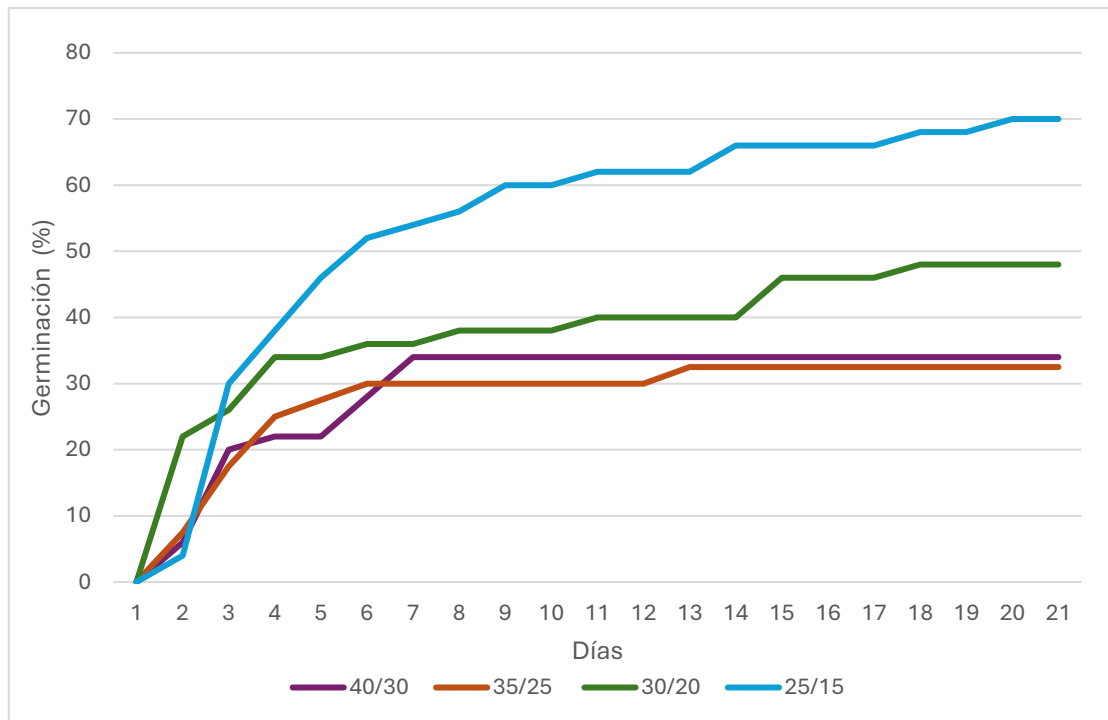


Figura 24. Porcentaje de germinación de las semillas para 21 días de tratamiento

En la Figura 25 se muestran los porcentajes medios de germinación al final de los tratamientos. Los rangos de temperatura más elevadas presentan una media de germinación final muy similar. La única diferencia estadísticamente significativa se observa para el tratamiento a menor temperatura (25/15°C) con una germinación de aproximadamente 70 %. Para el tratamiento 30/20 aunque sí parece tener un mayor éxito que el 40/30 y 35/25, a nivel estadístico no se aprecian diferencias significativas.

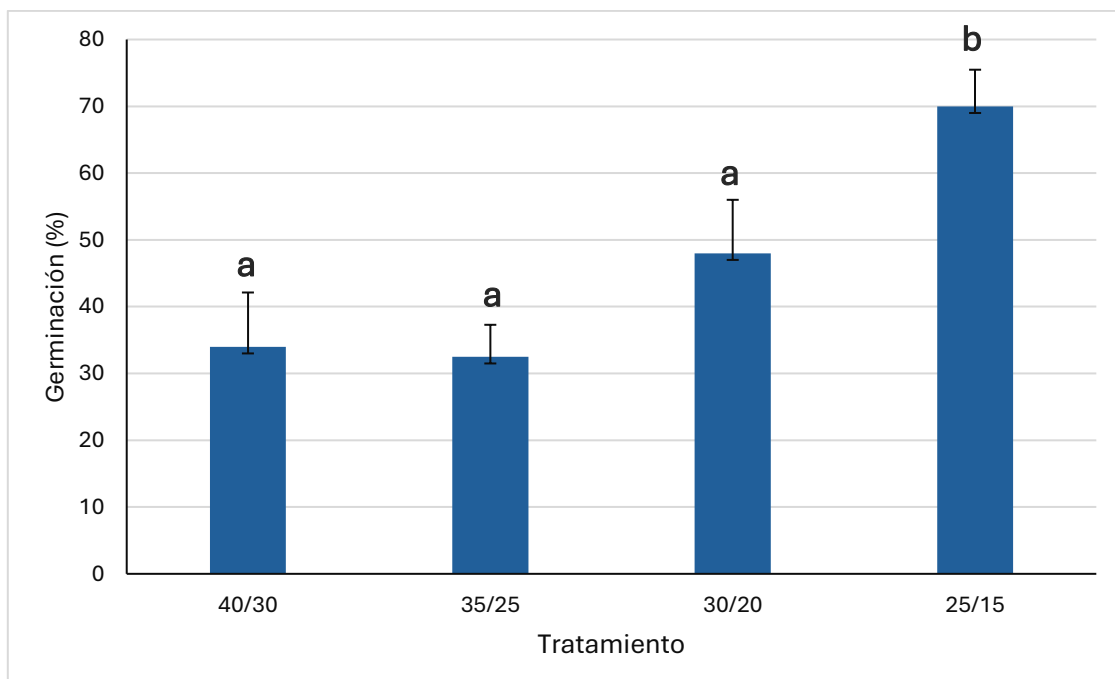


Figura 25. Porcentaje final medio de las semillas germinadas. Barra de error representa el SE (n=4 para 35/25; n=5 para el resto). Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%

En la Figura 26, se puede ver la diferencia en el aspecto de las semillas bajo condiciones de mayor y menor temperatura. A 40/30 °C aunque se inicia la germinación con la emergencia de la radícula, el proceso no prospera y muchas de las semillas germinadas se secan y adquieren un color amarillado. Por otro lado, bajo condiciones de 25/15 °C la germinación avanza y se desarrollan los dos cotiledones.

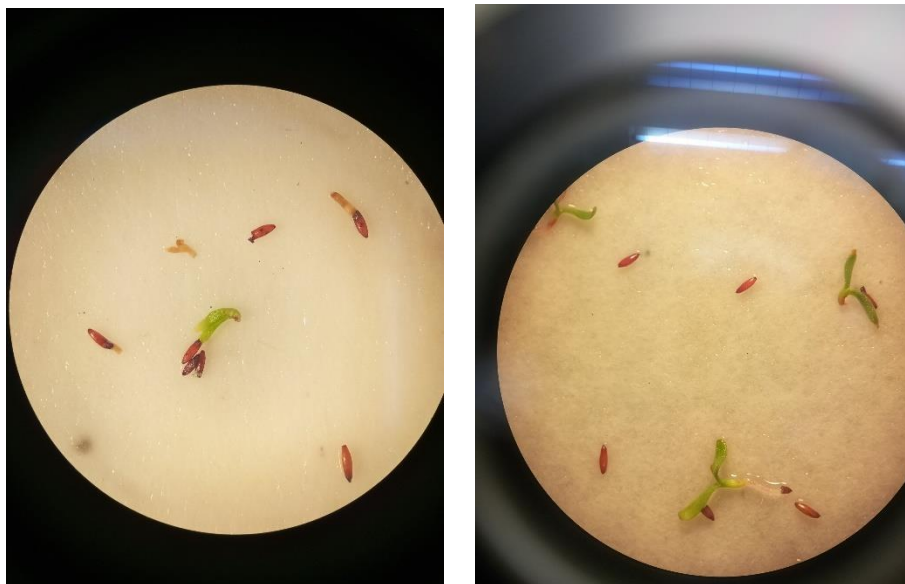


Figura 26. Primer plano de las semillas germinadas de dos placas. A la izquierda perteneciente al tratamiento 40/30, a la derecha al 25/15

El tiempo medio de germinación se calculó utilizando la ecuación de Ellis y Roberts (1981) indicada en la metodología. Los valores fueron muy parecidos en todos los casos entre los 4 y 5 días y un poco mayor para 25/15 °C. No se aprecia ningún efecto significativo de las temperaturas con la velocidad de germinación (Figura 27).

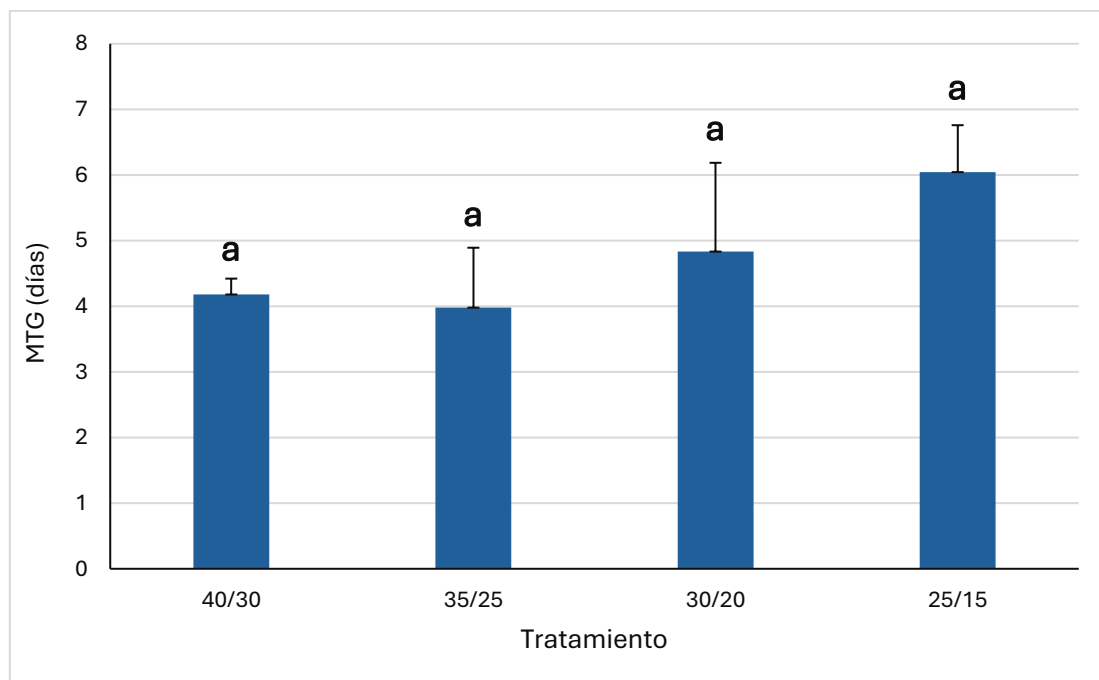


Figura 27. Tiempo medio de germinación (MGT). Barra de error representa el SE (n=4 para 35/25; n=5 para el resto). Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%

Durante el tratamiento 40/30 °C las placas se secaban rápidamente haciendo necesario añadir agua todos los días. A las dos semanas se encontraban en un mal estado y se decidió llevar a cabo un ensayo para analizar la recuperación y ver si habían perdido la capacidad de germinación. Durante la recuperación las placas estuvieron a una temperatura de 25/15 °C. Los resultados se muestran en la Figura 28. A la temperatura de 40/30 °C se produce una primera germinación, quedándose posteriormente estancado, alrededor del 35% de las semillas. Una vez se pasa a la recuperación, los primeros días se mantienen el mismo porcentaje, pero enseguida se reanuda la germinación. Esto nos indica que las semillas se han mantenido su viabilidad.

En general las especies halófitas se caracterizan por mantener la viabilidad de las semillas, manteniéndolas en estado de latencia y germinando cuando existen condiciones óptimas, debido a que se desarrollan en hábitats poco adecuados para el desarrollo de las semillas (Khan y Ungar, 1997).

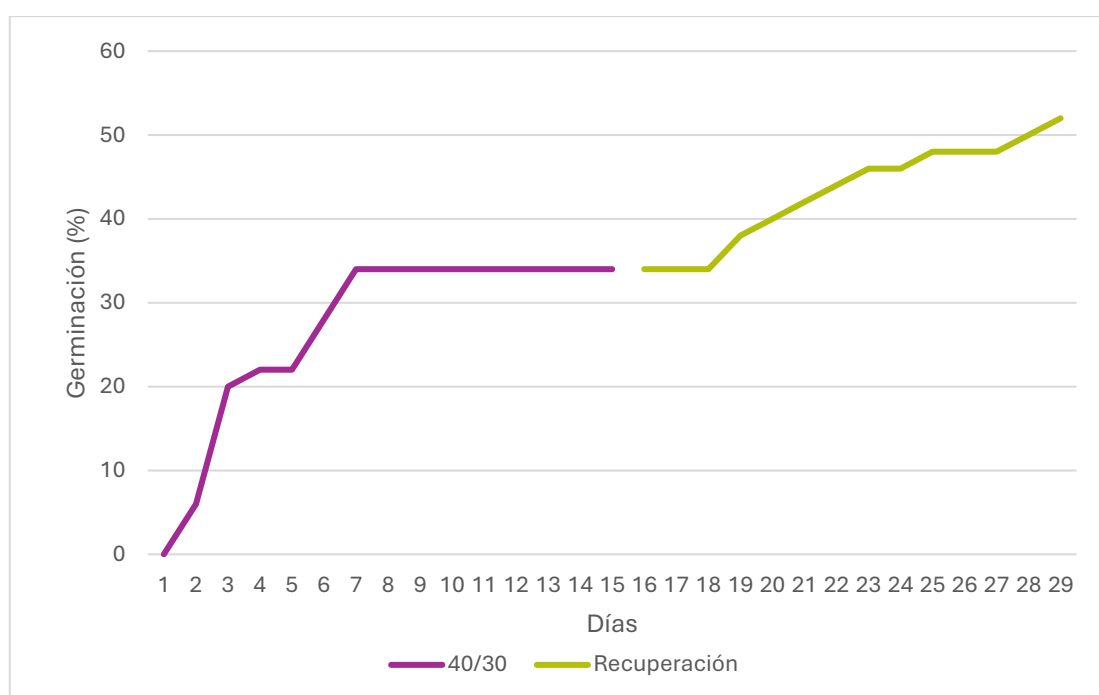


Figura 28. Porcentaje de germinación de las semillas para el tratamiento 40/30 y recuperación (25/15)

Para las plantas halófitas una de las etapas más críticas de su ciclo de vida es el periodo de germinación y las primeras etapas de desarrollo (Ungar, 1978), siendo etapas determinantes para el éxito de sus poblaciones. En este ensayo se observó cómo una vez pasando en rango óptimo de entre 25 y 15 grados, el aumento de temperatura, sin otro tipo de variables, tiene un efecto negativo sobre la germinación, no obstante, se mantiene incluso a temperaturas elevadas. En un estudio realizado sobre los efectos de la temperatura en varias especies de este género, incluyendo *L. girardianum*, se concluyó que todas eran bastante tolerantes al aumento de la temperatura (Monllor et al., 2018). No obstante, la temperatura interactúa con otros factores importantes en este proceso como son la salinidad, luz y humedad, provocando una gran variabilidad de respuestas (Khan y Gul, 2006). De este modo, un aumento de las temperaturas podría provocar problemas en la germinación debido a su impacto sobre otros parámetros, como por ejemplo un aumento de la evaporación. Por este motivo hay numerosos

estudios sobre la germinación de especies *Limonium* con interés de conservación. En muchos endemismos ibéricos las temperaturas óptimas de germinación son bajas: en rango de 10/15 °C en *L. cossonianum* (Giménez Luque et al., 2013 y *L. minutum* (Cardona et al., 2021) o 15°C en *L. mansanetianum* (Fos et al., 2021). En un estudio sobre cuatro especies de *Limonium* presentes en el Parc Natural de l'Albufera, incluyendo *L. girardianum*, se han obtenido elevados porcentajes de germinación en todos los rangos de temperaturas testados desde 10 a 30 °C, las temperaturas elevadas acelerando el proceso de germinación (Monllor et al., 2018). Porcentajes similares de germinación en todas las temperaturas comprobadas se han observado también en *L. supinum*, endemismo del SE de la Península ibérica (Melendo y Gimenez, 2018), mientras que las especies de *Limonium* de climas subtropicales tienen un claro óptimo de germinación a temperaturas altas, de 25-35 °C en *L. stocksii* de Pakistán (Zia y Lhan, 2008) y en 20-30 °C en dos endemismos de Turquía (Yildiz et al., 2008).

4.4. Ensayos de crecimiento

4.4.1. Choque térmico plantas juveniles

La exposición de las plantas al estrés térmico durante la fase de crecimiento puede causar problemas en su desarrollo, daños físicos y alteraciones de los procesos de fotosíntesis y respiración. Durante la fase de plántula, pueden verse especialmente afectadas por los aumentos de las temperaturas porque cerca del suelo las temperaturas pueden ser especialmente elevada a causa como de una capa límite de aire cerca de la superficie del suelo (Sharkey y Schrader, 2006). Además, la tolerancia a los factores de estrés es menor en fase juvenil (Vicente et al., 2004).

Los efectos del choque térmico en plantas juveniles resumen en las Tabla 11 y 12.

En la Tabla 11 se indican los valores medios de las mediciones efectuados con el SPAD para el contenido en clorofila y la sonda WET para la humedad y temperatura del sustrato. Cuando las plantas reciben riego, el aumento de la temperatura no afecta el contenido de clorofila. El riego o la sequía no influye cuando es en temperatura óptima, pero si lo hace, y de forma notoria, para el estrés térmico. Por otro lado, estas dos condiciones si mostraron un efecto significativo en la humedad y temperatura del sustrato. Para la humedad, las plantas que no tenían aporte de agua presentaron porcentajes muy reducidos. En relación a la temperatura del sustrato, se observa un aumento progresivo por tratamiento, teniendo STS casi 10 grados más que para el TOC.

Tabla 11. Contenido foliar de clorofila y humedad y temperatura del sustrato a los 14 días de tratamientos. Media \pm SE (n=5). Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%. Abreviaciones: TOC, temperatura óptima con riego (control); TOS, temperatura óptima sin riego (sequía); STC, estrés térmico con riego; STS, estrés térmico sin riego

Tratamiento	Clorofila (ud. SPAD)	Humedad sustrato (%)	Tº sustrato (ºC)
TOC	57,18 \pm 2,05bc	69,76 \pm 1,29a	25,48 \pm 0,27a
TOS	50,04 \pm 4,17b	3,72 \pm 0,55b	27,12 \pm 0,04b
STC	61,38 \pm 1,39c	58,76 \pm 3,93c	28,82 \pm 0,17c
STS	36,60 \pm 2,98a	10,72 \pm 0,76d	35,06 \pm 0,51d

Tabla 12. Pesos de la parte aérea y radical de las plantas juveniles antes y después del secado. Media \pm SE (n=5). Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%

Tratamiento	Peso fresco parte aérea (g)	Peso seco parte aérea (g)	Peso fresco raíces (g)	Peso seco raíces (g)
TOC	3,412 \pm 0,27b	0,60 \pm 0,06a	0,46 \pm 0,07b	0,11 \pm 0,01b
TOS	1,46 \pm 0,15a	0,51 \pm 0,05a	0,10 \pm 0,01a	0,03 \pm 0,1a
STC	2,91 \pm 0,22b	0,68 \pm 0,07a	0,35 \pm 0,04b	0,10 \pm 0,01b
STS	1,054 \pm 0,17a	0,62 \pm 0,08a	0,22 \pm 0,02a	0,09 \pm 0,01b

En la segunda tabla se anotaron los pesos de la parte aérea y de las raíces, antes y después del secado en estufa. Con estos datos y utilizando la ecuación 7 indicada en el capítulo de Materiales y Métodos, se obtuvo el contenido hídrico de las raíces y partes aéreas de las plantas (Figura 29). En el gráfico se observa cómo hay una mayor variación en el contenido hídrico de la parte aérea que en la parte radicular. Estadísticamente, no se encontraron diferencias representativas a nivel de raíz, mientras que si se obtuvieron para la parte aérea. Se aprecia un cambio importante en el contenido hídrico dependiendo de si el tratamiento era con riego (control) o no (sequía). Además, entre el TOS y STC tampoco hubo diferencias significativas.

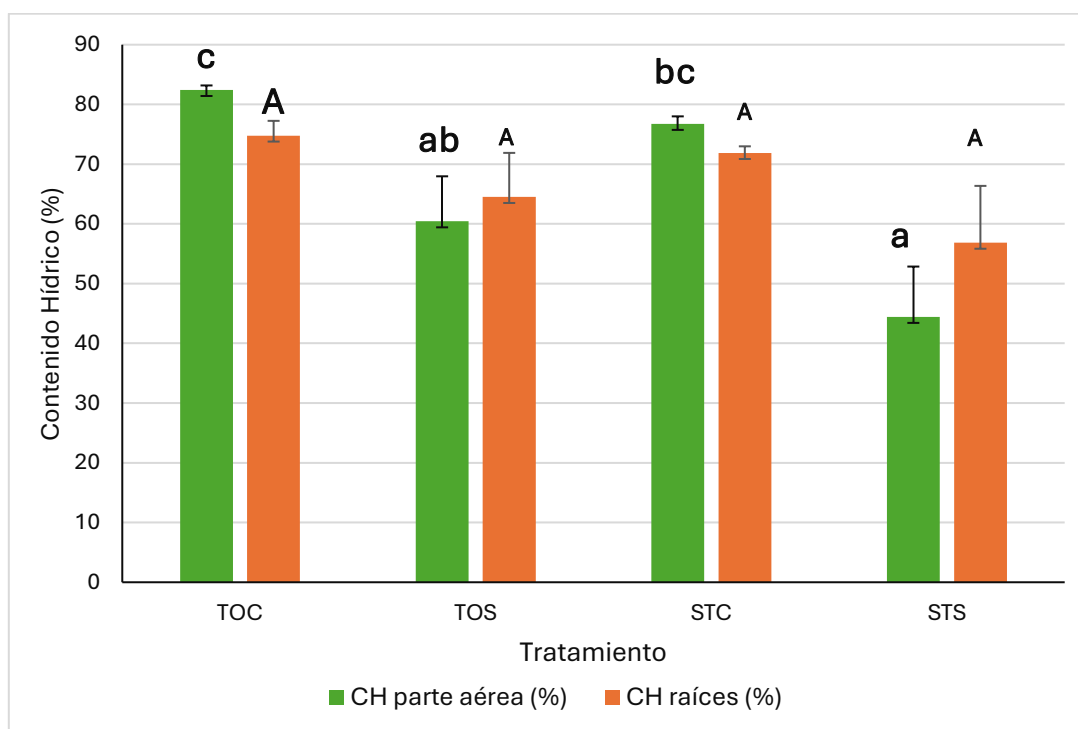


Figura 29. Contenido hídrico medio de la parte aérea y raíces de las plantas juveniles al final del ensayo del choque térmico. Barra de error representa el SE (n=5). Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%

En la Figura 30 se muestran las fotografías de dos plantas tomadas al final de los ensayos, una del tratamiento de temperatura óptima con riego (TOC) y otra del tratamiento de estrés térmico y sequía (STS). Según lo comentado, se puede ver como

para el STS las hojas tienen un tamaño menor y algunas adquirieron un color amarillento.



Figura 30. Foto plantas pequeñas del choque térmico. A la derecha del tratamiento TOC, a la derecha del STS

4.4.2. Choque térmico en plantas adultas

En la Tabla 13 se muestran los datos de los pesos frescos y secos obtenidos en el ensayo realizado con plantas adultas. El análisis estadístico indica que no hay diferencias significativas, ya que entre todas las condiciones se obtuvieron pesos muy similares. Esta similitud se refleja también en el contenido hídrico, en todos los tratamientos el valor siendo alrededor del 70%, excepto un porcentaje más elevado (pero no significativo) en las raíces en las plantas del tratamiento STC (estrés térmico con riego).

Tabla 13. Pesos de la parte aérea y radical de las plantas adultas en los ensayos de choque térmico antes y después del secado. Media \pm SE (n=3). Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%

Tratamiento	Peso fresco parte aérea (g)	Peso seco parte aérea (g)	Peso fresco raíces (g)	Peso seco raíces (g)
TOC	1,66 \pm 1,66a	0,50 \pm 0,50a	0,62 \pm 0,63a	0,20 \pm 0,20a
TOS	1,20 \pm 0,41a	0,34 \pm 0,11a	0,73 \pm 0,73a	0,21 \pm 0,21a
STC	1,35 \pm 0,50a	0,37 \pm 0,11a	1,87 \pm 1,10a	0,40 \pm 0,40a
STS	1,55 \pm 0,25a	0,48 \pm 0,10a	1,23 \pm 0,62a	0,36 \pm 0,10a

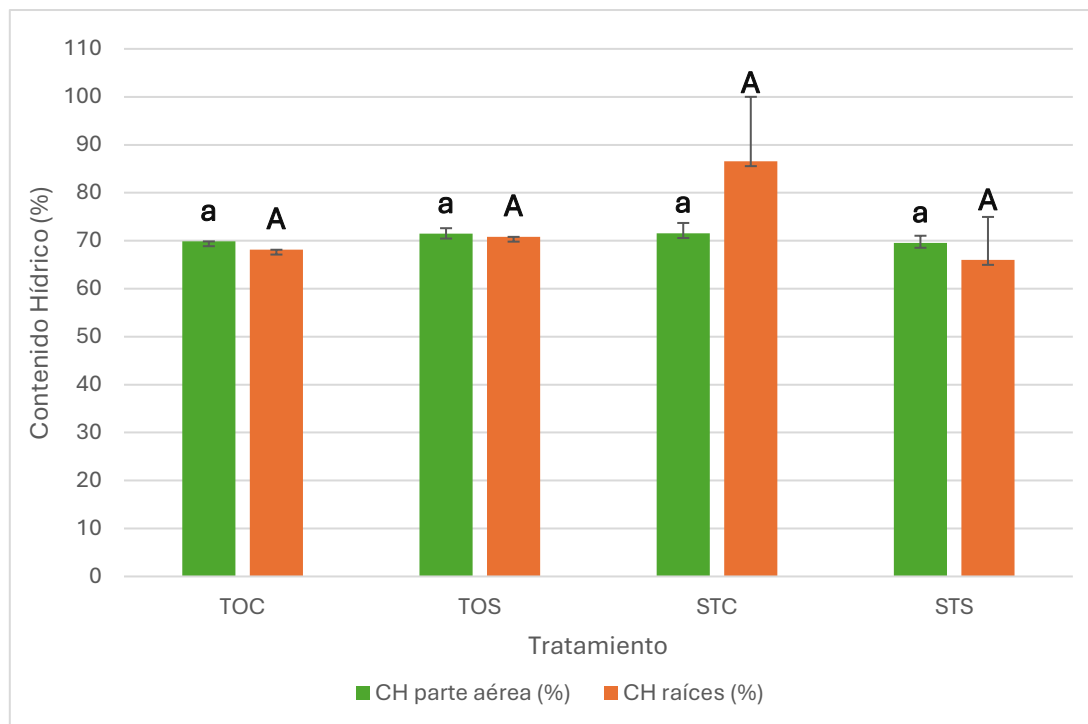


Figura 31. Contenido hídrico medio de la parte aérea y raíces de las plantas adultas del choque térmico. Barra de error representa el SE (n=3). Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%

En este experimento se ha demostrado que, en el caso de las plantas adultas, el estrés térmico no parece afectar de forma notable a la parte aérea ni a las raíces.

4.4.3. Tratamiento a largo plazo

El tratamiento a largo plazo se efectuó utilizando plantas que han crecido durante varios meses en el invernadero. Como se explicó en el apartado de metodología, durante las primeras semanas se contó el número de hojas. En la Tabla 14 se muestran los datos obtenidos.

Tabla 14. Numero de hojas media de las plantas del tratamiento a largo plazo durante las primeras semanas de estudio.

Semana	1	2	3
Número de hojas	5,32	6,08	6,8

Posteriormente se comenzó a medir la longitud del tallo, durante un total de 12 semanas. Con esta información se elaboraron dos gráficos, uno calculado como diferencias entre dos mediciones seguidas de las mismas plantas, representando el crecimiento por semana (Figura 32) y otro de la longitud del tallo (Figura 33).

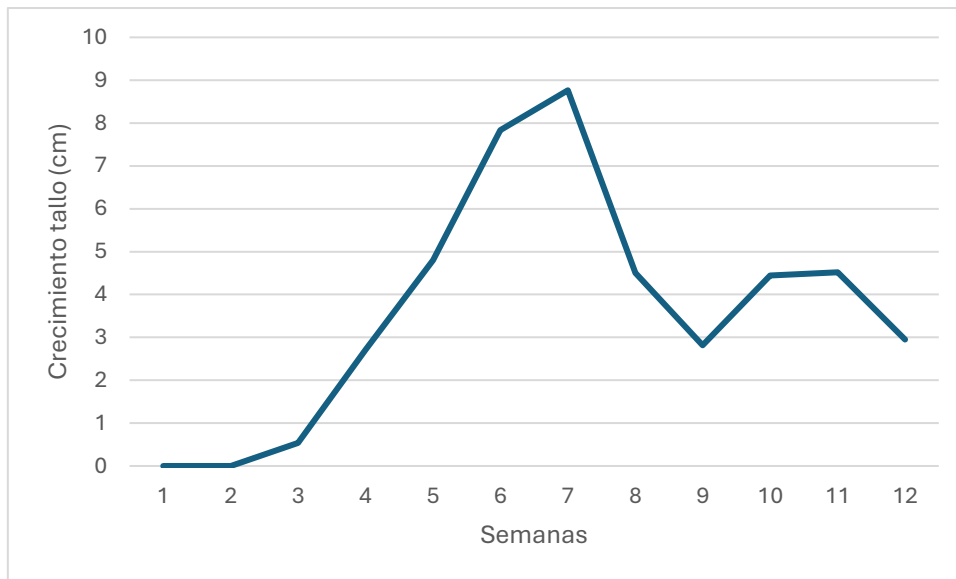


Figura 32. Crecimiento medio por semanas del tallo de las plantas del invernadero

Se observa como durante las primeras semanas tienen un crecimiento rápido. Una vez llegado a las siete semanas se reduce drásticamente el crecimiento medio, por debajo de los 3 cm por semana. Después vuelve a aumentar, pero pronto comienza a disminuir de nuevo.

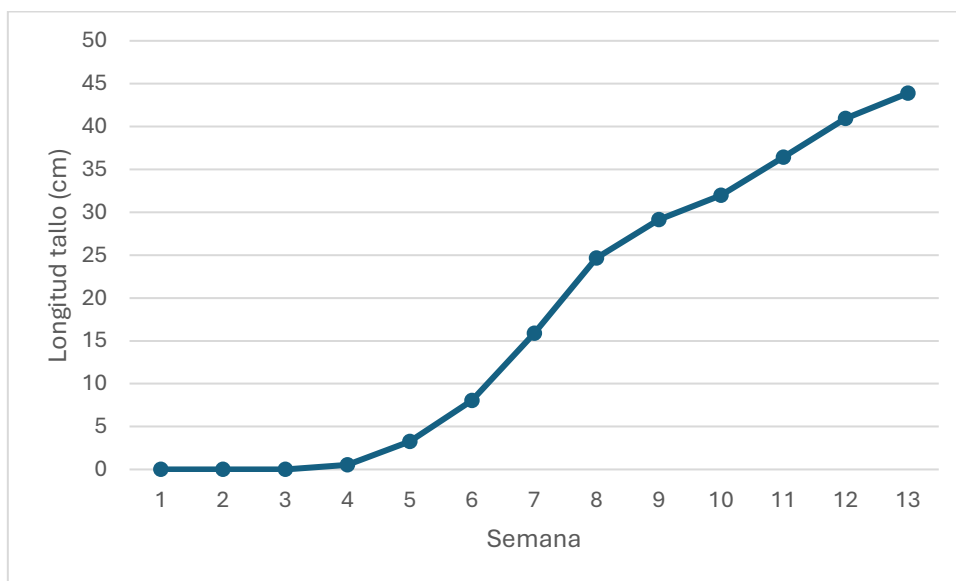


Figura 33. Longitud media del tallo por semanas de las plantas del invernadero

En la gráfica de la longitud media de los tallos, se aprecia esta primera fase crecimiento rápido, aumentando el tamaño de forma exponencial hasta los 25 cm. A continuación, el crecimiento es mucho más lento, tal y como se observa en la figura anterior.

Durante la realización de este estudio se observó como los tallos iban incrementando su longitud hasta que empezaba la floración, momento en el que los tallos dejaban de crecer. Una vez florecían y comenzaban a fructificar los tallos se tornaban amarillentos y en algunos casos se acortaban, perdiendo algunos milímetros. Transcurridas estas semanas, es cuando se separaron las plantas para inducir las a un estrés térmico. Para conocer las condiciones del control durante el ensayo, es decir del invernadero, se dispone de la información recogida por un sensor (Figura 34 y 35).

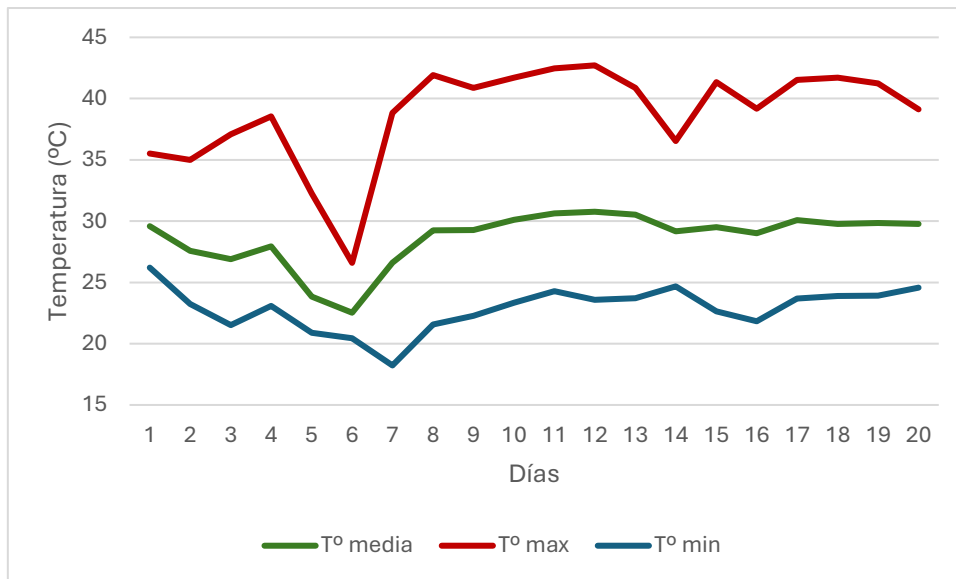


Figura 34. Temperatura media, máxima y mínima diaria registrada por el sensor del invernadero

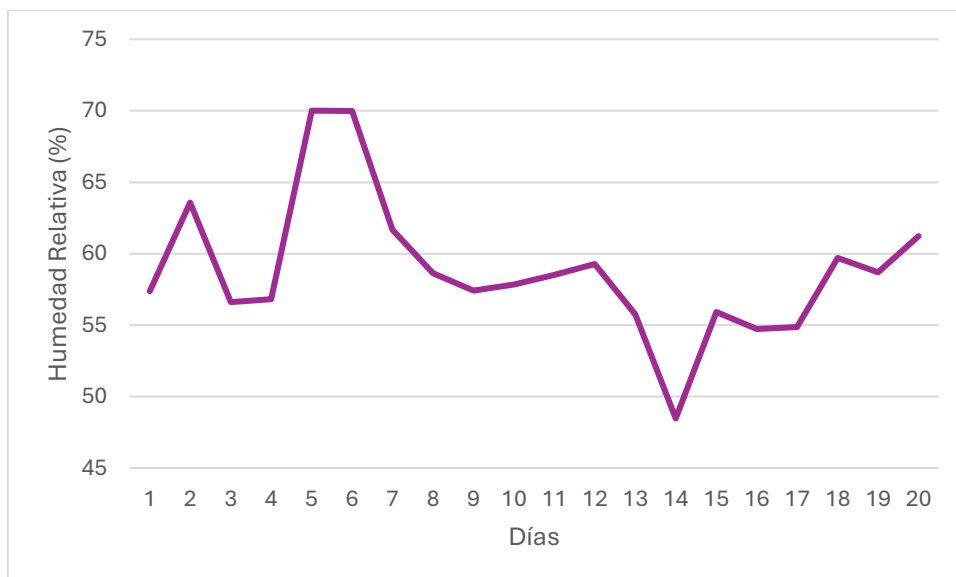


Figura 35. Humedad relativa diaria registrada por el sensor del invernadero

La serie de datos de las figuras se corresponde con la información obtenida durante el mes de junio, concretamente, entre el 7 y 26 de junio. Este periodo se corresponde con el tiempo en que las plantas estuvieron en estrés térmico.

De forma general, se puede decir que las temperaturas se mantienen entre 40-35°C de máxima y 25-20°C mínima, y con casi 30° de media. El porcentaje de humedad aumentó los días en los que se produjeron precipitaciones.

Durante este periodo de tiempo se continuó midiendo la longitud de los tallos, tanto para el invernadero como para las plantas de las cámaras. Los resultados se pueden ver en la Figura 36 a continuación.

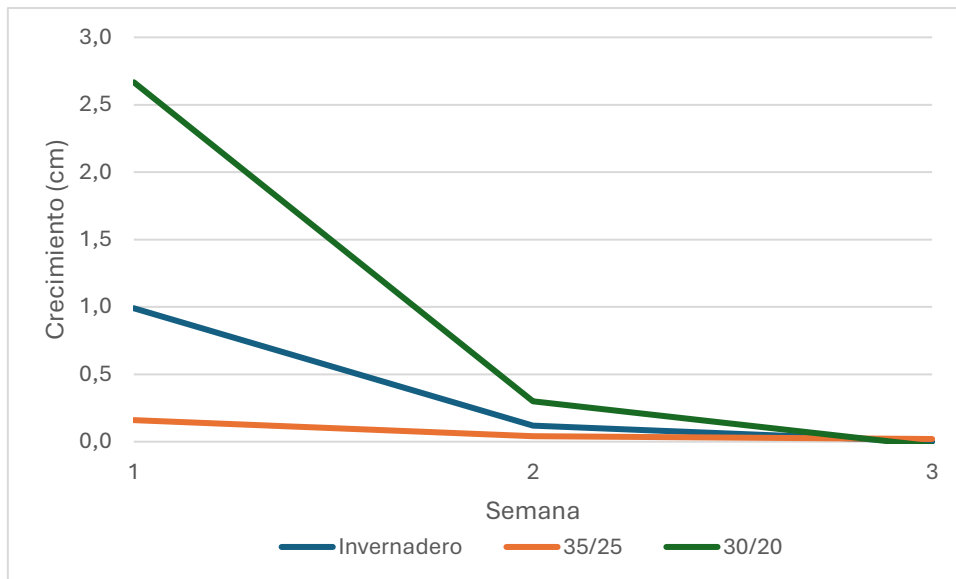
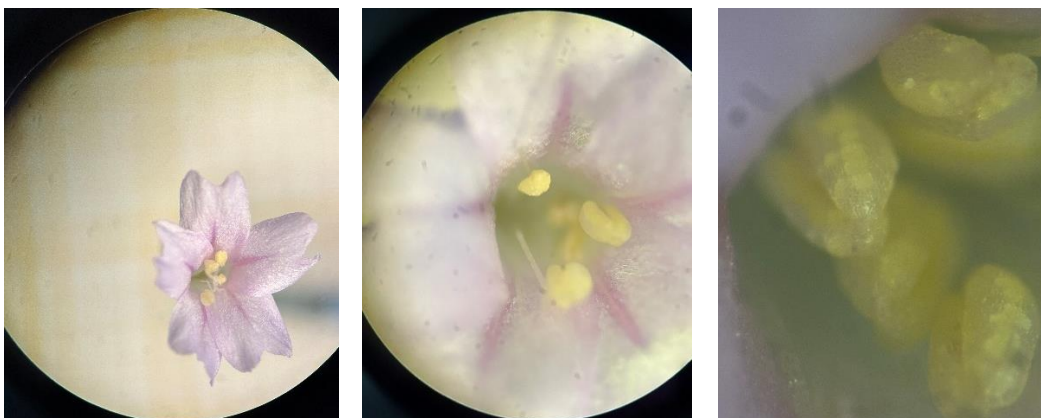


Figura 36. Longitud media del tallo por semanas de las plantas del invernadero y del estrés térmico

En primer lugar, hay que tener en cuenta que, en el momento de realizar este tratamiento, las plantas estaban a punto de iniciar la floración. Así, como se ha mencionado anteriormente, los tallos reducen su crecimiento, llegando a cero en la última semana. Por este motivo en este ensayo no se obtuvieron datos concluyentes sobre el desarrollo de los tallos floríferos. Aparenta como en el laboratorio (35/25) se produce un desarrollo menor en comparación con el IAM (30/10), el cual estaba en condiciones de temperatura más baja, en contraste con los datos obtenidos en los ensayos anteriores.

La etapa reproductiva, es considerada una de las más sensible de las plantas. Particularmente en el desarrollo del, debido a que no presentan proteína de protección del calor. No obstante, del análisis de las estructuras reproductivas no se apreció ninguna diferencia entre las plantas de los diferentes tratamientos.



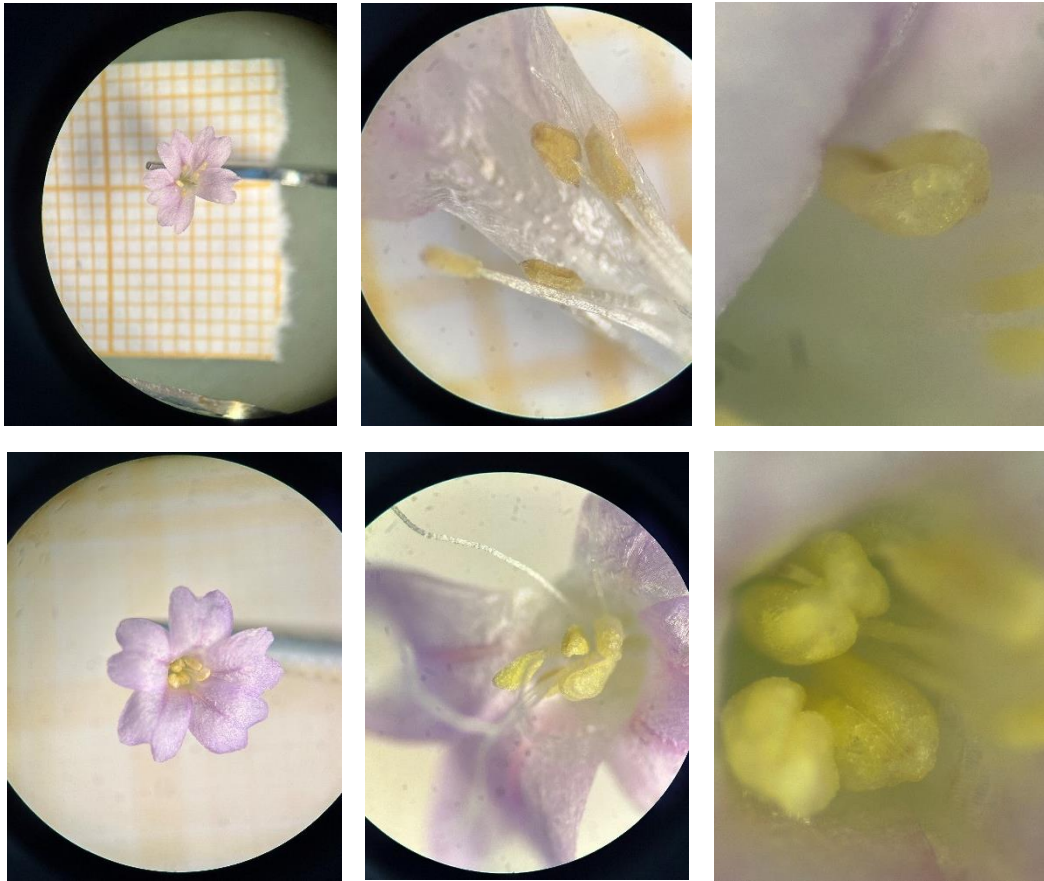


Figura 37. Imagen de las diferentes estructuras reproductivas: flor, estambres y polen. Primera fila del invernadero, segunda del tratamiento 35/25 °C y última del 30/20 °C

Los resultados del muestreo final de estas plantas se presentan en las Tablas 15 y 16 y la Figura 38.

Tabla 15. Contenido foliar de clorofila y humedad y temperatura del sustrato en el tratamiento a largo plazo. Media \pm SE (n=4 para invernadero; n=3 para el resto). Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%

Tratamiento	Clorofila (ud.SPAD)	Humedad suelo (%)	T° suelo (°C)	Longitud tallo (cm)	N° hojas verdes	N° hojas secas
Invernadero	52,30 \pm 3,21a	55,00a	26,0a	48,85 \pm 0,32	37	22
35/25	54,00 \pm 1,91a	41,70a	29,4b	45,20 \pm 1,06	47	12
30/20	60,1 \pm 1,15a	46,40a	26,4a	42,10 \pm 1,15	24	8

Cómo se observa en la Tabla 15, el estrés térmico solo tuvo un efecto sobre la temperatura del suelo. En caso de los tallos, tal y como se comentó anteriormente, hay una ligera desigualdad en el crecimiento. No obstante, aquí se puede comprobar cómo esta diferencia no es estadísticamente significativa.

Los datos de los pesos fueron muy similares, tanto para la parte aérea y las raíces, y en consecuencia también los del contenido hídrico.

Tabla 16. Pesos de la parte aérea y radical de las plantas del tratamiento a largo plazo. Media \pm SE (n=4 para invernadero; n=3 para el resto). Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%

Tratamiento	Peso fresco parte aérea (g)	Peso seco parte aérea (g)	Peso fresco raíces (g)	Peso seco raíces (g)
Invernadero	4,89 \pm 1,00a	1,16 \pm 0,27a	0,47 \pm 0,16a	0,18 \pm 0,07a
35/25	8,31 \pm 4,27a	1,72 \pm 0,91a	0,33 \pm 0,10a	0,12 \pm 0,04a
30/20	2,76 \pm 0,85a	1,36 \pm 0,82a	0,41 \pm 0,06a	0,13 \pm 0,01a

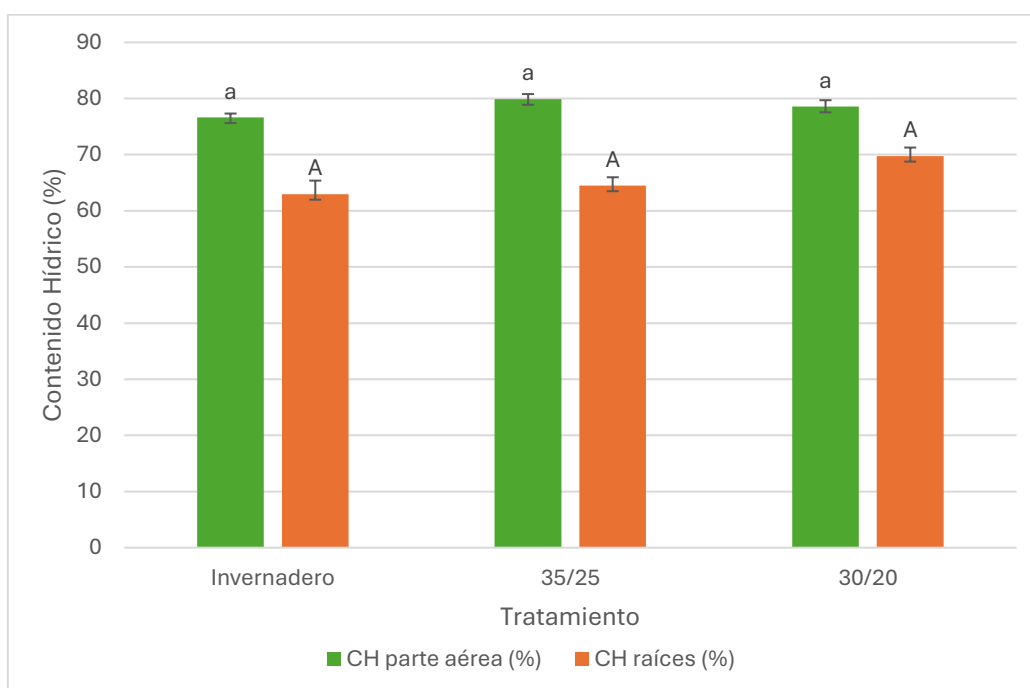


Figura 38. Contenido hídrico medio de la parte aérea y raíces de las plantas del tratamiento a largo plazo. Barra de error representa el SE (n=4 para invernadero; n=3 para el resto). Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey a un intervalo de confianza de 95%

Los resultados obtenidos en este ensayo indican que el estrés térmico aplicado a plantas adultas durante el periodo de floración no afectó significativamente a su desarrollo. A pesar de la gran variedad de trabajos existentes sobre el efecto de la temperatura en la germinación de especies de género y de la salinidad, no se han realizado estudios parecidos sobre el impacto del estrés térmico durante el crecimiento. De este modo, no se puede comparar los resultados con otros proyectos sobre especies de *Limonium*.

5. Conclusiones del trabajo

De acuerdo con los resultados obtenidos y su discusión, se obtienen las siguientes conclusiones

- *Limonium girardianum* presenta una distribución limitada en el Parc Natural de l'Albufera, ya que se han podido localizar en tan solo tres zonas. Donde mayor presencia ha mostrado es en la Mallada de la Rambla, donde las plantas suelen

asentarse sobre los bordes de caminos. En l'Estany del Pujol existe una población en desarrollo y algunos individuos dispersos. La población de la Mallada Llarga es la más reducida, localizada en una zona muy concreta de la mallada.

- La mayoría de las plantas presentan un tamaño reducido.
- En la germinación un aumento de la temperatura disminuye el porcentaje de germinación, pero incluso las temperaturas elevadas no inhiben por completo este proceso. A altas temperaturas las semillas inician la germinación con la emergencia de las radículas, pero en muchas el desarrollo de las plántulas se ve afectado, ya que no desarrollan cotiledones. Sin embargo, las semillas no pierden la capacidad, ya que en el ensayo de recuperación de la germinación se obtienen nuevas germinaciones.
- El estrés térmico en combinación con el estrés hídrico tiene un efecto muy drástico sobre las plantas juveniles, pero no en las plantas adultas.
- No se observaron efectos notables del aumento de temperatura sobre las estructuras reproductivas

En definitiva, la especie *Limonium girardianum* se puede ver afectada por un aumento de temperaturas como consecuencia del cambio climático, especialmente en la fase de la germinación y en el desarrollo de las plántulas. En el Parc Natural de l'Albufera, sus poblaciones se han visto reducidas teniendo actualmente una presencia escasa en el parque.

6. Recomendaciones para la gestión de *Limonium girardianum*

Al no ser un endemismo exclusivo esta especie ha recibido menos interés que otras del mismo género que son restringidas al territorio valenciano. Sin embargo, aunque la especie está incluida en muchos inventarios fitosociológicos realizados en las malladas del Parc Natural de l'Albufera en las últimas décadas del siglo pasado, su presencia en la actualidad es más escasa.

- Por ello, la primera recomendación es realizar censos periódicos en las tres poblaciones analizadas en este estudio para seguir su evolución en los próximos años en relación con los parámetros climáticos.
- Otra actuación de interés sería el reforzamiento de poblaciones, introduciendo nuevos individuos en poblaciones con escaso número de plantas, restaurando poblaciones ya extinguidas e incluso creando nuevas poblaciones.
- Los datos obtenidos en condiciones controladas indican que la combinación de altas temperaturas y sequía puede tener un efecto drástico en las plantas juveniles. Por lo tanto, sería necesario controlar la humedad del suelo durante los periodos de altas temperaturas, ya que la sequía es cada vez más frecuente y se produce no sólo en verano, sino también en primavera, cuando tiene lugar el reclutamiento de nuevos individuos en las poblaciones.

7. Bibliografía

ANTHOS. (2024). Sistema de información de las plantas de España. Real Jardín Botánico, CSIC- Fundación Biodiversidad. Recuperado el 21 de agosto de 2024 en www.anthos.es

ARRÊTÉ du 20 janvier 1982 fixant la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire. *Légifrance*. Recuperado el 21 de agosto de 2024 en <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000865328>

AVAMET. (s.f.). *MXO el temps / el tiempo València - l'Albufera/Tancat de la Pipa*. Recuperado el 23 de agosto de 2024 en https://avamet.org/mxo_i.php?id=c15m250e16

BELLARD C., LECLERC C., LEROY B., BAKKENES M., VELOZ S., THUILLER W., COURCHAMP F. (2014). Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Glob. Ecol. Biogeog.* 23, 1376-1386.

CARDONA, C., CORTÉS, I., MIR, P. M., GIL, L. (2021). Assessing the germinability of coastal *Limonium minutum* (Plumbaginaceae) under different temperature and salinity conditions. *Plant Ecol. Evol.* 154(3), 332-340.

CHEN I-C., HILL J.K., OLLEMÜLLER R, ROY B.D., THOMAS, C.D. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333 (6045), 1024-1026.

Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Infraestructures i Territori. (s.f.). *Parc Natural de l'Albufera de València*. <https://parquesnaturales.gva.es/va/web/pn-l-albufera>

Convención de Ramsar sobre los Humedales. (2024). *Lista de humedales de importancia internacional (Sitios Ramsar)*. <https://www.ramsar.org/sites/default/files/2023-08/sitelist.pdf>

COSTA, M., BOIRA, H. (1981). La vegetación costera valenciana. Los saladares. *An. Jard. Bot.* 38, 233-244.

CUTTELOD, A., GARCÍA, N., ABDUL MALAK, D., TEMPLE, H., KATARIYA, V. (2008). The Mediterranean: a biodiversity hotspot under threat. In: J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor & S.N. Stuart (eds). *The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN Gland, Switzerland.

DONOHUE, K., RUBIO DE CASAS, R., BURGHARDT, L., KOVACH, K., WILLIS, C.G. (2010), Postgermination, Adaptation, and Species Ecological Ranges. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 41, 293–319

ELLIS, R.H., ROBERTS, E.H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9, 373-409.

ERBEN, M. (1993) *Limonium* Mill. In: CASTROVIEJO, S., AEDO, C., CIRUJANO, S., LAÍNIZ, M., MONTSERRAT, P., MORALES, R., MUÑOZ GARMENDIA, F., NAVARRO, C., PAIVA, J., SORIANO, C. (Eds.) *Flora ibérica*, vol. 3. Real Jardín Botánico, C.S.I.C., Madrid, pp. 2-143.

- FERNÁNDEZ, I.C.D., LUQUE, E. G., MERCADO, F. G., & PEDROSA, W. (2016). Influence of temperature and salinity on the germination of *Limonium tabernense* Erben from Tabernas Desert (Almería, SE Spain). *Flora* 218, 68-74.
- FERRER-GALLEGO, P. P., ROSELLÓ, R., ROSATO, M., ROSSELLÓ, J. A., & LAGUNA, E. (2016). *Limonium albuferae* (Plumbaginaceae), a new polyploid species from the Eastern Iberian Peninsula. *Phytotaxa*, 252(2), 114-122. doi:[10.11646/phytotaxa.252.2.3](https://doi.org/10.11646/phytotaxa.252.2.3)
- FOS, M., ALFONSO, L., FERRER-GALLEGO, P.P.,LAGUNA, E. (2021). Effect of salinity, temperature and hypersaline conditions on the seed germination in *Limonium mansanetianum* an endemic and threatened Mediterranean species. *Plant Biosyst.* 155(1), 165-171.
- GIMÉNEZ LUQUE, E., DELGADO FERNÁNDEZ, I. C.,GÓMEZ MERCADO, F. (2013). Effect of salinity and temperature on seed germination in *Limonium cossonianum*. *Botany* 91(1), 12-16.
- GIORGI F., COPPOLA, E. (2009) Projections of twenty-first century climate over Europe. *The European Physical Journal Conferences* 1, 29-46. doi: 10.1140/epjconf/e2009-00908-9.
- HASANUZZAMAN, M., NAHAR, K., ALAM, M., ROYCHOWDHURY, R., FUJITA, M. (2013). Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *Int. J. Mol. Sci.* 14, 9643-9684.
- HERTIG E., SEUBERT S., JACOBET, J. (2010). Temperature extremes in the Mediterranean area: Trends in the past and assessments for the future. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 10, 2039-2050.
- HOFFMANN, A.A. (2019). Impacts of recent climate change on terrestrial flora and fauna: Some emerging Australian example. *Austr. Ecol.* 44, 3-27.
- IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: [10.59327/IPCC/AR6-9789291691647](https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647)
- KHAN, M., GUL, B. (2006). *Halophyte seed germination*. In. Khan, M., Weber, D. (eds). *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants*. Tasks for Vegetation Science, vol 40. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-4018-0_2
- KOUTROUMPA, K., THEODORIDIS, S., WARREN, B.H., JIMÉNEZ, A., CELEP, F., DOĞAN, M., ROMEIRAS, M.M., SANTOS-GUERRA, A., FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., CAUJAPÉ-CASTELLS, J., MOURA, M., MENEZES DE SEQUEIRA, M., CONTI, E. (2018). An expanded molecular phylogeny of Plumbaginaceae, with emphasis on *Limonium* (sea lavenders): Taxonomic implications and biogeographic considerations. *Ecol. Evol.* 8(24), 12397-12424.
- KOYRO, H.W. (2006). Effect on salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). *Env. Exp. Bot.* 56, 136-146.

- LAGUNA, E., FOS, S., FERRANDO-PARDO, I., FERRER-GALLEGU, P.P. (2021). Endangered Halophytes and Their Conservation. In: Grigore, MN. (eds) *Handbook of Halophytes*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57635-6_21
- LIONELLO, P., SCARASCIA, L. (2018). The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming. *Reg. Environ. Change* 18 (5), 1481-493. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1290-1>.
- MALCOLM, J.R., LIU, C., NEILSON, R.P., HANSEN, L., LEE, H. (2006). Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conserv. Biol.* 20 (2), 538-548.
- MATEO, G., & VIZCAÍNO, A. (2023). Flora y vegetación del Parque Natural de l'Albufera. *Monografías de Botánica Ibérica*, 28.
- MELENDO, M., GIMÉNEZ, E. (2019). Seed germination responses to salinity and temperature in *Limonium supinum* (Plumbaginaceae), an endemic halophyte from Iberian Peninsula. *Plant Biosyst.* 153(2), 257-263.
- MNHN & OFB [Ed]. (2003-2024). Fiche de *Limonium girardianum* (Guss.) Fourr., 1869. Inventaire national du patrimoine naturel (INPN). Recuperado el 21 de agosto de 2024 en https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/106077
- MONLLOR, M., SORIANO, P., LLINARES JV., BOSCAIU, M., ESTRELLES, E. (2018). Assessing Effects of Temperature Change on Four *Limonium* Species from Threatened Mediterranean Salt-Affected Habitats. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca* 46(1), 286-291. <https://doi.org/10.15835/nbha46111010>
- MORENO, J.C., coord. (2008). *Lista Roja 2008 de la flora vascular española*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, y Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas), Madrid. <https://bibdigital.rjb.csic.es/idurl/1/1526095>
- MOSTACEDO, B., FREDERICKSEN, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal* (Vol. 87). Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).
- MYERS, M., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B., KENT, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772), 853-858.
- ORDEN 2/2022, de 16 de febrero, de la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica, por la que se actualizan los listados valencianos de especies protegidas de flora y fauna. *DOGV*, n. 9285 de 24 de febrero del 2022.
- PAVON, D. (2005). Note sur le genre *Limonium* Miller dans le département des Bouches-du-Rhône. *Bull. Société Linn. Provence* 56, 135-139.
- PERIS, A. N., PARDO, I. F., & LUMBRERAS, E. L. (2006). Censo y riesgo de extinción del endemismo vegetal valenciano *Limonium dufourii* (Girard) Kuntze. *Toll Negre*, 38. Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino)- Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas. Madrid, 170 pp.

REAL DECRETO 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. *Boletín Oficial del Estado*, n. 46, de 23 de febrero de 2011.

REDONDO-GÓMEZ, S., MATEOS-NARANJO, E., FIGUEROA M.E. (2009). Synergic effect of salinity and light-chilling on photosystem II photochemistry of the halophyte, *Sarcocornia fruticosa*. *J. Arid Environ.* 73, 586-589.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. (2004). Global bioclimatics. *Clasificación Bioclimática de la Tierra*.

RIVAS MARTÍNEZ, S., GANDULLO, J. M. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España: 1: 400.000*. Madrid: ICONA, DL 1987.

RODRÍGUEZ PUEBLA, C., HERNÁNDEZ ENCINAS, A., NIETO, S., FRÍAS DOMÍNGUEZ, M. D. (2006). *Comparación de las tendencias de índices de precipitación en la Península Ibérica*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), 2006, Serie A, nº 5. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/8852>

SHARKEY, T.D., SCHRADER, S.M. (2006). HIGH TEMPERATURE STRESS. In: Madhava Rao, K., Raghavendra, A., Janardhan Reddy, K. (eds). *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-4225-6_4

SIMAS, T., NUNES, J. P., FERREIRA, J. G. (2001). Effects of global climate change on coastal salt marshes. *Ecol. Model.* 139(1), 1-15. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00226-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00226-5)

SOLTANI, E., SOLTANI, A. Meta-analysis of seed priming effects on seed germination, seedling emergence and crop yield: Iranian studies. *Int. J. Plant Prod.* **2015**, 9, 413–432.

TIPIRDAMAZ, R., GAGNEUL, D., DUHAZE, C., AÏNOUCHE, A., MONNIER, C., ÖZKUM, D., LARHER, F. (2006). Clustering of halophytes from an inland salt marsh in Turkey according to their ability to accumulate sodium and nitrogenous osmolytes. *Env. Exp. Bot.* 57, 139-153.

UICN France, FCBN, AFB & MNHN (2018). *La Liste rouge des espèces menacées en France*. Chapitre Flore vasculaire de France métropolitaine. Paris, France. Recuperado el 21 de agosto de 2024 en https://inpn.mnhn.fr/espece/listerouge/FR/Flore_vasculaire_metropole_2018

UNGAR, I. A. (1978). Halophyte seed germination. *Bot. Rev.* 44(2), 233-264. <https://doi.org/10.1007/BF02919080>

UNIÓN EUROPEA. (2024). *Decisión de ejecución 2024/ 242 de la Comisión, de 2 de febrero de 2024, por la que se actualiza la lista de lugares de importancia comunitaria (LIC) para la región biogeográfica mediterránea*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 424, 1-44. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202400424

VICENTE, O., BOSCAIU, M., NARANJO, M.A., ESTRELLES, E.; BELLÉS, J.M., SORIANO, P. (2004). Responses to salt stress in the halophyte *Plantago crassifolia* (Plantaginaceae). *J. Arid Environ.* 58 (4), 463-481.

- WISZNIEWSKA, A., KOŹMIŃSKA, A., HANUS-FAJERSKA, E., DZIURKA, M., DZIURKA, K. (2019). Insight into mechanisms of multiple stresses tolerance in a halophyte *Aster tripolium* subjected to salinity and heavy metal stress. *Ecotoxicol Environ. Saf.* 180, 12-22.
- YILDIZ, M., CENKCI, S., KARGIOGLU, M. (2008). Effects of salinity, temperature, and light on seed germination in two Turkish endemic halophytes, *Limonium iconicum* and *L. lilacinum* (Plumbaginaceae). *Seed Sci. Technol.* 36(3), 646-656.
- ZETTLEMOYER, M.A., SCHULTHEIS, E.H., LAU, J.A. (2019). Phenology in a warming world: differences between native and non-native plant species. *Ecol. Lett.* doi:10.1111/ele.13290.
- ZIA, S., KHAN, M.A. (2008). Seed germination of *Limonium stocksii* under saline conditions. *Pak. J. Bot.* 40, 683-695.
- ZITTIS, G., HADJINICOLAOU, P., LELIEVELD, J. (2014). Role of soil moisture in the amplification of climate warming in the eastern Mediterranean and the Middle East. *Clim. Res.* 59, 27–37.