

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA**

Grado en Ciencias Ambientales

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Estudio sobre la tolerancia al estrés  
salino en dos endemismos valencianos del  
género *Limonium*”**

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

Autora:

**Andrea Albors Trabés**

Tutora:

**María del Pilar Donat Torres**

Cotutores:

**Pablo Ferrer Gallego**

**Mónica Tereza Boscaiu Neagu**

**GANDÍA, DICIEMBRE 2018**



## **RESUMEN**

### **ESTUDIO SOBRE LA TOLERANCIA AL ESTRÉS SALINO EN DOS ENDEMISMOS VALENCIANOS DEL GÉNERO LIMONIUM**

En este trabajo se evalúa la capacidad de tolerancia a diferentes niveles de estrés salino en las especies *Limonium albuferae* y *Limonium dufourii* endémicas de Valencia y características de saladares litorales, especialmente importantes por su escasez y nivel de amenaza. Se utilizan semillas del banco de germoplasma CIEF (Centro para la Investigación y Experimentación Forestal) de la Comunidad Valenciana, recolectadas en la Devesa del Parque natural de l'Albufera.

Se han realizado dos ensayos: germinación de semillas en cámaras y crecimiento de plantas en fitotrón. Tanto en la germinación como en el crecimiento vegetativo se ha observado que *L. dufourii* es más sensible al aumento de la salinidad que *L. albuferae*. *L. dufourii* prácticamente no germina a partir de concentraciones de 300 mM, mientras que en *L. albuferae* todavía se observa germinación hasta los 450 mM. Durante el crecimiento vegetativo, estas especies toleran concentraciones muy elevadas de salinidad, hasta 800 mM.

**PALABRAS CLAVE:** *Limonium*, saladares, estrés salino, endémica, conservación, reintroducción.

## **ABSTRACT**

In this work the capacity of tolerance to different levels of saline stress in the *Limonium albuferae* and *Limonium dufourii* species endemic to Valencia and characteristics of coastal salt marshes is evaluated, especially important for its scarcity and level of threat. Seeds are used from the CIEF germplasm bank (“Centro para la Investigación y Experimentación Forestal”) of the “Comunidad Valenciana”, collected in the “Devesa” of the “Parque Natural de l'Albufera”.

Two trials have been carried out: germination of seeds in chambers and plant growth in phytotron. Both in the germination and in the vegetative growth it has been observed that *L. dufourii* is more sensitive to the increase in salinity than *L. albuferae*. *L. dufourii* practically does not germinate from concentrations of 300 mM, while in *L. albuferae* germination is still observed up to 450 mM. During vegetative growth, these species tolerate very high salinity concentrations, up to 800 mM.

**KEY WORDS:** *Limonium*, salt marshes, salt stress, endemic, conservation, reintroduction.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MEDIO FÍSICO .....	4
2.1. Localización .....	4
2.2. Clima y meteorología .....	5
2.3. Hidrología superficial y subterránea .....	6
2.4. Geología, geomorfología y edafología .....	7
3. MEDIO BIÓTICO .....	9
3.1. Flora .....	10
3.2. Fauna .....	11
4. PROBLEMÁTICA Y CONSERVACIÓN .....	12
4.2. Procesos de erosión y contaminación del suelo .....	12
4.3. Estado de conservación .....	13
5. OBJETIVOS .....	14
5.1. Objetivo general .....	14
5.2. Objetivos específicos .....	14
6. MATERIAL Y MÉTODOS .....	15
6.1. Germinación de las semillas .....	15
6.2. Crecimiento de las plantas .....	16
6.3. Análisis estadístico .....	18
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	18
7.1. Germinación de las semillas .....	18
7.2. Crecimiento de las plantas .....	22
7.2.1. Incremento del número de hojas .....	23
7.2.2. Peso fresco de la parte aérea .....	25
7.2.3. Peso fresco de las raíces .....	27
7.2.4. Contenido hídrico en las hojas .....	28
7.2.5. Contenido hídrico en las raíces .....	30
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DE LAS ESPECIES	31
9. BIBLIOGRAFÍA .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fotografías tomadas en el “Racó de l’Olla” de <i>Limonium albuferae</i> Ferrer et. al.....	3
<b>Figura 2.</b> Fotografías tomadas en el “Racó de l’Olla” de <i>Limonium dufourii</i> (Girard) O. Kuntze. .....	4
<b>Figura 3.</b> Límites del Parque Natural de l’Albufera.....	5
<b>Figura 4.</b> Distribución transversal de las distintas zonas de la Devesa indicando los perfiles del suelo más representativos.....	9
<b>Figura 5.</b> Imagen aérea de la regeneración dunar.....	14
<b>Figura 6.</b> Representación gráfica de la germinación durante 30 días de <i>Limonium albuferae</i> . .	19
<b>Figura 7.</b> Representación gráfica de la germinación durante 30 días de <i>Limonium dufourii</i> .....	19
<b>Figura 8.</b> Efectos de la salinidad sobre el porcentaje de germinación. ....	20
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de recuperación de las semillas tras el estrés salino.....	21
<b>Figura 10.</b> Detalle del crecimiento foliar de <i>Limonium albuferae</i> en los diferentes tratamientos .....	22
<b>Figura 11.</b> Detalle del crecimiento foliar de <i>Limonium dufourii</i> en los diferentes tratamientos.	23
<b>Figura 12.</b> Efecto de la salinidad en el incremento del número de hojas. ....	24
<b>Figura 13.</b> Efecto de la salinidad en el incremento del número de hojas en porcentaje.....	24
<b>Figura 14.</b> Efecto de la concentración de sal en el peso fresco de las hojas en gramos.....	26
<b>Figura 15.</b> Efecto de la concentración de sal en el peso fresco de las hojas en porcentaje.....	26
<b>Figura 16.</b> Efecto de la salinidad en el peso fresco en gramos de las raíces.....	27
<b>Figura 17.</b> Efecto de la salinidad en el peso fresco en porcentaje de las raíces.....	28
<b>Figura 18.</b> Efecto de la salinidad en el contenido hídrico foliar.....	29
<b>Figura 19.</b> Efecto de la salinidad en el contenido hídrico radicular.....	30

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Información sobre la estación meteorológica de Benifaió .....	5
<b>Tabla 2.</b> Valores medios mensuales durante un periodo de 12 años de la estación meteorológica de Benifaió .....	6
<b>Tabla 3.</b> Detalle de los tratamientos de germinación. ....	15
<b>Tabla 4.</b> Detalle de los tratamientos de crecimiento de las plantas. ....	17
<b>Tabla 5.</b> Valores obtenidos en el ANOVA del número de hojas.....	20
<b>Tabla 6.</b> Valores obtenidos en el ANOVA del número de hojas.....	25
<b>Tabla 7.</b> Valores obtenidos en el ANOVA del peso fresco foliar. ....	26
<b>Tabla 8.</b> Valores obtenidos en el ANOVA del peso fresco radicular.....	28
<b>Tabla 9.</b> Valores obtenidos en el ANOVA del contenido en agua de la parte aérea. ....	29
<b>Tabla 10.</b> Valores obtenidos en el ANOVA del contenido de agua radicular.....	30

## 1. INTRODUCCIÓN

Los saladares son ecosistemas complejos caracterizados por la presencia de sales en el suelo (principalmente cloruros) y un nivel freático muy cercano a la superficie, por lo que es frecuente los afloramientos de aguas salobres. Estas condiciones ecológicas conllevan un ambiente distintivo en el cual las comunidades vegetales se han adaptado a las elevadas concentraciones de sal. Estas comunidades son las denominadas halófilas.

Las comunidades formadas por vegetación halófila las componen especies vegetales que se desenvuelven en un suelo con una conductividad eléctrica mayor de 4 dS/m, valor mínimo para considerar a un suelo como salino (Schulze *et al.*, 2002). Su existencia y desarrollo dependen del origen de la salinidad y de las condiciones climáticas, por lo que se reducen a pequeñas zonas costeras de climas húmedos y templados, y saladares costeros y de interior de gran tamaño presentes en zonas áridas y semiáridas como consecuencia de la salinización de los suelos, ya que en estos climas es inusual el lavado del suelo debido a las lluvias. Además, las distintas acciones realizadas sobre los saladares contribuyen en gran medida a su fisionomía, como es el cambio del suelo y la modificación del hábitat (Alonso, *et al.*, 2014).

La comprensión sobre la formación de los ambientes salinos y la actividad de su vegetación brinda una valiosa información para combatir desde la raíz los distintos problemas ambientales que están empeorando en las últimas décadas: desertificación, pérdida de biodiversidad, disminución de las tierras fértiles, salinización de acuíferos, etc. (Alonso, 2000).

En estos ambientes las plantas se distribuyen por zonas dependiendo de la humedad edáfica y salinidad, adaptadas a las características ecológicas de cada una de estas, con diferentes características fisionómicas en la vegetación y agrupándose finalmente en comunidades de acuerdo con gradientes ecológicos.

*Limonium* Mill. es un género de plantas perteneciente a la familia Plumbaginaceae, el cual presenta cerca de 350 especies distribuidas en diferentes regiones del mundo, algunas de ellas presentes en la Comunidad Valenciana. Alrededor de 30 especies diferentes de *Limonium* se dispersan en este territorio, muchas de ellas endémicas. Habitan en zonas salobres (saladares), ecosistemas caracterizados por una elevada concentración de sales en el suelo que presentan un gran interés debido a sus peculiares características. Se han realizado estudios para la conservación de especies pertenecientes a este género, tanto para la recuperación de su hábitat natural como para la reintroducción de especies endémicas y su conservación.

La tolerancia al estrés salino es un factor de gran importancia para las especies de *Limonium*, ya que de él depende su distribución. Su conocimiento es fundamental para llevar a cabo

programas de gestión, conservación y reintroducción de estas especies, muchas de ellas endémicas.

La realización de este estudio se ha centrado en dos especies vegetales concretas, endémicas de la Provincia de Valencia: *Limonium albuferae* P.P. Ferrer, R. Roselló, M. Rosato, Rosselló & E. Laguna y *Limonium dufourii* (Girard) O. Kuntze. Las semillas proporcionadas para el estudio proceden del banco de germoplasma CIEF (Centro para la Investigación y Experimentación Forestal) de la Comunidad Valenciana, el cual gestiona el trabajo que se realiza con el propósito de resolver problemas relacionados con la gestión de los sistemas forestales y la conservación de la flora silvestre. Además, el CIEF ejerce como centro de recursos y asistencia técnica (<http://www.agroambient.gva.es/es/web/medio-natural/quienes-somos>). Ambas especies pertenecen a lo que se ha denominado anteriormente como comunidades halófilas.

1. La especie *Limonium albuferae* ha sido descrita como un nuevo taxón vegetal de *Limonium* (Plumbaginaceae) hace apenas 3 años, y se puede encontrar en los suelos de las malladas del “Racó de l’Olla” y del “Estany del Pujol” (Parque Natural de l’Albufera). Este endemismo solo se localiza en estos dos lugares (Figura 1). El número de individuos es de aproximadamente 1.000, entre las dos malladas. Actualmente se considera que debe ser incluida en la categoría de conservación “Vulnerable” (VU). Es una planta perenne, de una altura de 45-55 cm, con 1 a 2 tallos, glabra, de cáudice espeso y leñoso. Presenta hojas basales, las superiores son de color verde-glaucoso. Hojas ovaladas con epidermis rugosa. Las inflorescencias, de 10-20 cm de largo, son abiertas o con espiguillas densamente dispuestas. Las flores de 3-4 mm de ancho y el cáliz 4,3-4,6 mm con pétalos violetas. (Ferrer-Gallego, *et al.*, 2016).



**Figura 1.** Fotografías tomadas en el “Racó de l’Olla” de *Limonium albuferae* Ferrer et. al. Fuente: propia.

2. La especie *Limonium dufourii* es un endemismo valenciano que vive entre las costas de Torreblanca a Cullera. Es una hierba perenne, pelosa, que puede llegar hasta los 50 cm de altura. Las hojas presentan unas dimensiones de 3-6 x 1 cm, de color verde durante la floración, obovado-espatuladas, de 1 a 3 nervios. La inflorescencia es ramosa, con ramas estériles. Los pétalos de 8-9 mm, color azul-violáceo y el cáliz 5.2-6.2 mm de longitud. Se encuentra en el Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España con la categoría de “en Peligro Crítico” (CR), la misma con la que la considera aplicando los criterios UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). Su estado es debido a diferentes factores, como son la fragmentación del hábitat, impidiendo el intercambio genético entre subpoblaciones, los cambios en el uso del suelo y otras actividades antrópicas como el pastoreo y el turismo (Bañares, *et al.*, 2004).



**Figura 2.** Fotografías tomadas en el “Racó de l’Olla” de *Limonium dufourii* (Girard) O. Kuntze. Fuente: propia.

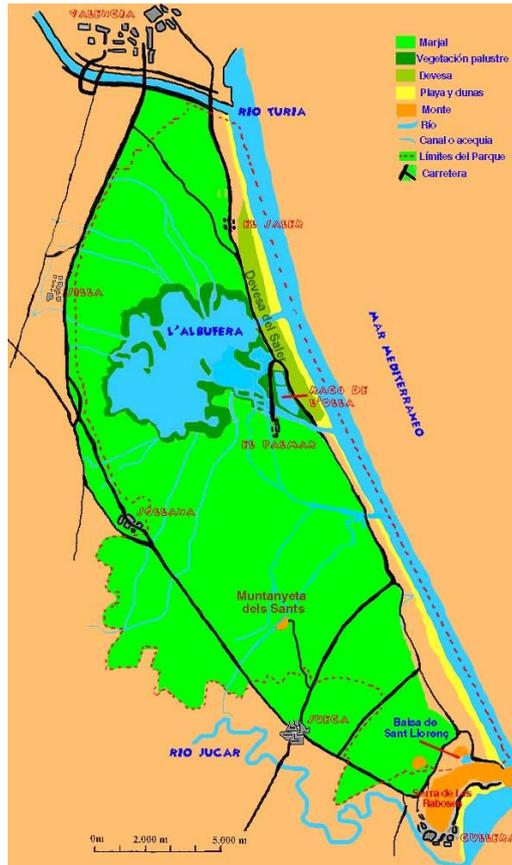
Estuvo protegida por la Generalitat Valenciana por la Orden de 20 de diciembre de 1985, de la Conselleria de Agricultura y Pesca, sobre protección de especies endémicas o amenazadas (derogada). Actualmente, está incluida en el Catálogo Valenciano de Especies de Flora amenazadas (Decreto 70/2009, de 22 de mayo, del Consell) en el Anexo de no catalogadas. Además, se han instaurado varias microrreservas en “l’Albufera”, “Marjal dels Moros” y “Cap de Cullera”. Se han realizado protocolos de micropropagación y cultivo, además de conservar sus semillas en bancos de germoplasma (Bañares, *et al.*, 2004).

## 2. MEDIO FÍSICO

### 2.1. Localización

La Devesa de l’Albufera (El Saler), es un bosque mediterráneo localizado entre la Albufera de Valencia y el mar. Presenta una gran variedad de condiciones ecológicas con numerosas especies y comunidades vegetales en una superficie de aproximadamente 800 Ha. Las semillas estudiadas, aunque pertenecen al banco de germoplasma del CIEF, proceden de esta zona. L’Albufera y su Devesa se encuentran a 10 km de la ciudad de Valencia.

La extensión del parque abarca desde la nueva desembocadura del río Turia hasta la ciudad de Cullera (límites norte y sur del Parque Natural), con alrededor de 30 km de costa arenosa, en el cual la vegetación destaca entre urbanizaciones, paseos marítimos y puertos deportivos. Las coordenadas del lago de l’Albufera son 39° 22’ -24’ N, 0° 18’-23’ O. La Devesa constituye la franja arenosa que separa el lago del mar (<https://studylib.es/doc/5618442/gesti%C3%B3n-de-l%C2%B4albufera-de-valencia-y-su-devesa#>).



**Figura 3.** Límites del Parque Natural de l'Albufera. Fuente: [www.albufera.com](http://www.albufera.com).

## 2.2. Clima

La estación seleccionada en lo relativo al clima que presenta la Devesa del Saler es la del municipio de Benifaió (Valencia), ya que es la estación meteorológica más completa y cercana, situada a una distancia aproximadamente de 13 km. La tabla 1 muestra la información referente a la estación:

Estación meteorológica de Benifaió	Altura: 72 m
UTMX: 718925.000	Huso: 30 N
UTMY: 4350990.000	Serie climática: 2005 - 2017

**Tabla 1.** Información sobre la estación de Benifaió. Fuente: IVIA.

	<b>T<sub>med</sub></b>	<b>T<sub>max</sub></b>	<b>T<sub>min</sub></b>	<b>H<sub>relativa</sub></b>	<b>P<sub>T</sub></b>
<b>Enero</b>	10,22	14,97	4,64	67,51	46,72
<b>Febrero</b>	10,94	15,28	5,38	63,01	33,10
<b>Marzo</b>	13,22	17,86	6,95	62,98	50,40
<b>Abril</b>	15,69	20,05	9,23	66,02	37,12
<b>Mayo</b>	19,01	23,29	1,96	65,28	31,71
<b>Junio</b>	22,77	26,45	1,63	66,52	16,50
<b>Julio</b>	25,55	28,63	1,77	69,42	8,55
<b>Agosto</b>	25,48	28,58	1,97	70,18	18,70
<b>Septiembre</b>	22,55	26,36	1,96	70,59	64,41
<b>Octubre</b>	18,90	22,95	1,81	74,53	68,73
<b>Noviembre</b>	13,59	18,13	7,80	69,62	61,51
<b>Diciembre</b>	10,46	15,36	4,83	70,79	31,68
<b>MEDIA ANUAL</b>	17,37	21,49	1,08	68,04	39,09

**Tabla 2.** Valores medios mensuales durante un periodo de 12 años de la estación meteorológica de Benifaió. Fuente: IVIA.

Donde:

- T<sub>med</sub>: Temperatura media (°C)
- T<sub>max</sub>: Temperatura media máxima (°C)
- T<sub>min</sub>: Temperatura media mínima (°C)
- H<sub>relativa</sub>: Humedad relativa (%)
- P<sub>T</sub>: Precipitación total mensual (mm)

### 2.3. Hidrología superficial y subterránea

L'Albufera de Valencia se encuentra protegida a nivel internacional por la Lista de Humedales de elevada importancia del Convenio de RAMSAR. Esta zona es considerada la más simbólica a nivel medioambiental en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Está compuesta por cinco golos o canales que desaguan al mar, tres de las cuales se encuentran directamente comunicadas con el lago: "Gola de Pujol", "Gola de Perellonet" y "Gola del Perelló". Las dos golos restantes ("Gola del Rei" o del "Mareny" y la "Gola de Sant Llorenç") se encargan de evacuar las aguas del marjal de Sueca y Cullera. Estos canales presentan compuertas

que regulan el nivel y el caudal, realizadas por la Junta de Desagüe que permite el cultivo de arroz en gran parte del marjal, alrededor de 15.000 Ha de las 21.000 Ha del total del Parque Natural.

Los aportes de l'Albufera proceden especialmente de la escorrentía superficial y subterránea, además de los retornos de riego. También existen sensores para controlar el caudal y, además, existe un seguimiento de la evolución del nivel piezométrico de los acuíferos relacionados con l'Albufera: Plana de Valencia Norte y Plana de Valencia Sur (<https://docplayer.es/70801859-Seguimiento-hidrologico-de-l-albufera-de-valencia.html>).

El sistema de acuíferos definido por el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) en los años sesenta y setenta, fue dividido en 1992 según el Plan Hidrológico del Júcar, en la Plana de Valencia Norte y Plana de Valencia Sur. Actualmente, a partir de la Directiva Marco del Agua, ha instaurado el concepto de Masa de Agua Subterránea (MAS), definiéndolos como la MAS Plana de Valencia Norte y la MAS Plana de Valencia Sur. Ambas masas de agua subterránea abarcan una superficie de 879,56 km<sup>2</sup>. El agua subterránea circula desde las zonas de recarga hacia el mar mediterráneo, sin embargo, existen importantes modificaciones del flujo debido a los intensos bombeos locales de agua. ([http://info.igme.es/SIDIMAGENES/139000/868/139868\\_0000012.PDF](http://info.igme.es/SIDIMAGENES/139000/868/139868_0000012.PDF))

## **2.4. Geología, geomorfología y edafología**

Debido a la importancia que presenta la Devesa de El Saler en el desarrollo y conservación de las especies de *Limonium* estudiadas, se cree necesario conocer las características geológicas, geomorfológicas y edafológicas del ambiente natural en el que se desarrollan para una mayor comprensión.

### **- Geología**

La Devesa de El Saler está formada por una barrera arenosa extensa paralela a la costa que separa el Mar Mediterráneo de l'Albufera de Valencia. Presenta una longitud de 14 km aproximadamente y una anchura entre 500 y 100 m. Esta barrera se desarrolló debido a los hundimientos producidos sobre una fracción geológica deprimida durante el Neozoico. A la vez, se formó un golfo marino debido a un hundimiento que se fue rellenando por aluviones cuaternarios con limos y gravas. Las aportaciones de materiales originarios de los ríos Turia, Júcar y Palancia y el barranco de Carraixet rellenaron la zona deprimida, formando un cordón litoral, que se extiende desde Sagunto hasta Cullera. Esta extensión forma lo que actualmente se denomina la Devesa, els Muntanyars y els Marenys (Soria, 1988).

## **- Geomorfología**

La morfología de la Devesa se encuentra muy alterada con respecto a la original. Existen dos conjuntos dunares: uno exterior compuesto por grandes dunas cercanas a la playa que presentan una fuerte insolación, movilidad de la arena y abrasión por el viento; otro conjunto interior más antiguo que el anterior con mayor densidad vegetal. Presenta mayor anchura, aunque menor longitud. Entre estos dos conjuntos existen las denominadas “mallades”, depresiones de difícil drenaje, poco permeables y con el nivel freático muy cercano a la superficie, formándose charcas temporales o permanentes debido a la proximidad del nivel freático y las precipitaciones. Se encuentran rodeadas de vegetación higrófila. Una de las malladas más representativas para estas especies es la de “Racó de l’Olla” (Soria, 1988).

## **- Edafología**

Los suelos presentes en la Devesa del Saler dominan tres factores esenciales: la textura arenosa, el hidromorfismo y la salinidad. La tipología de los suelos de la Devesa dependerá de la incidencia de cada uno de estos factores o el efecto que conlleva su combinación, dividiendo los suelos en tres grupos: Arenosoles calcáricos, Solonchaks gleycos y Gleysoles calcáricos (Sanchís, *et al.*, 1998).

### *Arenosoles*

Los Arenosoles calcáricos (Figura 4) presentan rasgos muy característicos, ya que son suelos poco desarrollados, muy permeables y presentan poca capacidad de retención de materia orgánica y agua. No existe un verdadero intercambio iónico debido a la ausencia de partículas finas, como arcillas y limos. Las especies vegetales que se desarrollan en este tipo de suelo suelen sufrir estrés hídrico, debido a la facilidad de infiltración del agua. La vegetación en los Arenosoles aumenta cuánto más alejado se encuentre de la playa, por lo que disminuye la abrasión de viento, aumenta la cantidad de materia orgánica y el intercambio catiónico, presentando un mayor desarrollo y una espesa y abundante cubierta vegetal (Sanchís, *et al.*, 1998).

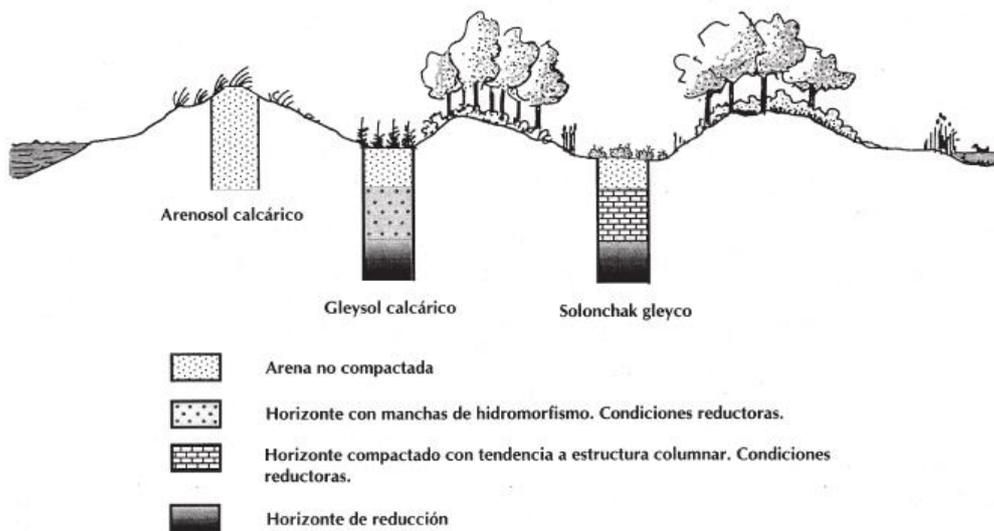
### *Suelos hidromorfos*

Los suelos denominados Gleysoles calcáricos (Figura 4) muestran fenómenos de salinidad, condicionante de su desarrollo edáfico. Este hidromorfismo está presente en las zonas deprimidas, las cuales presentan el nivel freático muy cerca de la superficie debido a la permeabilidad que conlleva la presencia de limos y arcillas, impidiendo una correcta permeabilidad del suelo. Existe una clara diferenciación entre los horizontes del suelo, siendo suelos más evolucionados. Con respecto a la vegetación, debe de estar adaptada a la asfixia radicular y a periodos de sequía (Sanchís, *et al.*, 1998).

## Suelos salinos

En estos suelos existe un exceso de sales solubles ( $> 4$  dS/m), que proceden de los cationes: sodio, calcio y magnesio y de los aniones: cloruros y sulfatos. En estos ambientes se desarrollan los suelos Solonchaks gleycos (Figura 4). Es común la formación de costras de sal en la superficie del suelo debido al movimiento ascendente del agua en época estival. La presencia de iones repercute en la presencia de vegetación, ya que la presión osmótica dificulta la absorción del agua por parte de las plantas. Por este motivo, es normal que en estas zonas de la Devesa solo se desarrolle vegetación muy especializada, la halófila o hiperhalófila (Sanchís, *et al.*, 1998).

Las particularidades de estos suelos salinos de la Devesa conforman una vegetación muy específica y característica, formando un hábitat muy especializado y complejo de alto valor ecológico. Es en estos hábitats donde se desarrollan las especies de *Limonium* objeto de este trabajo.



**Figura 4.** Distribución transversal de las distintas zonas de la Devesa indicando los perfiles del suelo más representativos. Fuente: *Los suelos de la Devesa de la Albufera*. Revista valenciana d'estudis autonòmics 22.

### 3. MEDIO BIÓTICO

El Medio Biótico está compuesto por todos los seres vivos que presenta un ecosistema y las interrelaciones que existen entre ellos: plantas, animales y microorganismos. En este caso nos vamos a centrar en las especies principales de flora y fauna existentes en la Devesa del Saler y, de este modo, comprender con mayor detalle el ecosistema que forman y la importancia que suponen para un equilibrio dinámico del sistema natural.

### 3.1. Flora

La vegetación autóctona de l'Albufera se distribuye por las acequias, “ullals”, “mates” y su entorno y, por otra parte, por la zona costera arenosa, principalmente en la Devesa. La mayor parte de la superficie de l'Albufera se encuentra ocupada por arrozales y el lago propiamente dicho.

La vegetación se puede clasificar dependiendo de su distribución topográfica: vegetación dunícola, halófila, hidrófila y de sustrato rocoso.

#### - Vegetación dunícola

Compuesta por un conjunto de vegetales que se asientan sobre sustratos arenosos. Existe un cordón dunar que se encuentra en las inmediaciones al mar, paralelo a la costa y formado principalmente por plantas resistentes a las acciones abrasivas de los vientos marinos, estrés hídrico y movilidad del sustrato. Especies como *Agropyrum junceum* (“lístó marí”) y *Calystegia soldanella* (L.) R. Br. (campanilla de mar) ([http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox\[auto\\_group1\]/8/](http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox[auto_group1]/8/)).

Hacia el interior, aparece una vegetación dunar más densa, dominada por la especie *Ammophila arenaria* (L.) Link (“borró”). En zonas más maduras se encuentran especies como *Medicago marina* L., *Otanthus maritimus* (L.) Hoffmanns. & Link y *Lotus creticus* L. Pasando el primer cordón dunar, se encuentran las dunas semifijas cuyas especies más representativas son *Halimium halimifolium* (L.) Willk. (jaguarzo), *Anthyllis cytisoides* L. (albaida) y *Helichrysum stoechas* (L.) Moench (siempre viva) ([http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox\[auto\\_group1\]/8/](http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox[auto_group1]/8/)).

A lo largo de la zona de dunas fijas se encuentran matorrales como la *Pistacia lentiscus* (L.) (lentisco), *Lonicera implexa* Aiton (madreselva), *Chamaerops humilis* L. (palmito), *Rhamnus alaternus* L. (aladierno), *Smilax aspera* L. (zarzaparrilla), entre otras. Y en la fase más madura, se encuentran las comunidades forestales predomina pino piñonero, el carrasco y el rodeno. ([http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox\[auto\\_group1\]/8/](http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox[auto_group1]/8/)).

#### - Vegetación halófila

Este tipo de vegetación se caracteriza por vivir en ambientes con gran cantidad de sales presentes en el suelo. Pueden ser estrictas o facultativas, dependiendo de si sólo habitan zonas con elevada salinidad o tienen un rango más amplio, pudiendo desarrollarse en lugares con baja o nula salinidad. En la Devesa se localizan en las depresiones del terreno, conocidas localmente

como malladas, encharcadas temporalmente donde predominan los limos y las arcillas. Algunas de las especies que podemos encontrar en estos ambientes en la Devesa del Saler son *Salicornia ramosissima* J. Woods y *Suaeda maritima* (L.) Dumort, en las depresiones húmedas altamente salinas y, aunque escasas, en áreas de menor humedad se encuentran las saladillas (*Limonium* sp.pl.), en dos de las cuales se centra este estudio ([http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox\[auto\\_group1\]/8/](http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox[auto_group1]/8/)).

#### - **Vegetación hidrófila**

Este tipo de vegetación es aquella formada por comunidades de plantas sumergidas, flotantes y palustres. Entre las plantas palustres, aquellas con las raíces sumergidas, destaca el *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel (Carrizo), el *Juncus* sp. (Juncos), *Cladium mariscus* (L.) Pohl, entre otros. La vegetación sumergida y flotante se ubica en zonas con buena calidad del agua, pudiendo localizarse en los ullals, algunos humedales, como el Tancat de la Pipa, y algunas acequias. Los géneros *Potamogeton* sp., y *Myriophyllum* sp., destacan como vegetación sumergida y *Nymphaea alba* L. (Nenufar) como flotante ([http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox\[auto\\_group1\]/8/](http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox[auto_group1]/8/))

#### - **Vegetación de sustrato rocoso**

Este tipo de vegetación es exclusiva de los afloramientos calcáreos de la Muntanyeta del Sants en Sueca y El Cabeçol en Cullera. Estas zonas sufren de una fuerte antropización. Actualmente, la vegetación predominante es la de tomillares y matorrales de aliaga, romero, ajedea y jara, además de pino carrasco, aunque no tan extenso. En el Cabeçol de Cullera se puede encontrar la especie *Limonium dufourii*, siendo en este ambiente una especie rupícola ([http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox\[auto\\_group1\]/8/](http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox[auto_group1]/8/)).

### **3.2. Fauna**

En l'Albufera de Valencia, uno de los aspectos más valiosos que presenta es la existencia de una gran diversidad y abundancia de especies animales, que confieren un elevado valor faunístico. A esto se le añade la importancia de algunos endemismos como los peces *Valencia hispánica* C. y V. ("samaruc"), en peligro de extinción, y *Aphanius iberus* (V.) ("fartet"), los crustáceos *Dugastella valentina* (Gamba de acequia) y *Palaemonetes zariquieyi* (L.) ("gambetes") y el bivalvo *Unio turtoni valentinus* (Rossmassler) ("petxinot").

Existe una grave recesión del número de endemismos debido a la contaminación de las aguas que, junto con la fuerte adaptación de algunas especies invasoras, favorece su disminución. Especies como las *Mugi cephalus* (L.) (“llises”) o *Cyprinus carpio* (L.) (carpa), han aumentado considerablemente con el descenso de las especies autóctonas más valiosas, tanto ecológica como económicamente, tales como la anguila (*Anguilla anguilla* (L.)), el gallipato (*Pleurodeles waltl* (M.)), la rana común (*Pelophylax perezi* (López-Seoane)), entre otros. Éstos se ven confinados en algunas acequias y ullals (<http://albuferavalencia.com/historia/fauna/>).

Las aves acuáticas son de gran importancia dentro del Parque Natural de l’Albufera y en el contexto general de los humedales europeos. Según datos del Servicio de Biodiversidad, más de 350 especies de aves utilizan este ecosistema y de ellas, entre 240 y 250 son visitantes habituales cada año y, alrededor de 90 se reproducen allí. Se pueden observar gaviotas, garzas como la garza imperial o garceta cangrejera, el pato colorado, el ánade azulón, cerceta común, entre otros.

Las especies nidificantes habituales observadas son el carrán común y el patinegro, además de la gaviota picofina y cabecinegra, la cigüeñuela y la avoceta (<http://albuferavalencia.com/historia/fauna/>).

## **4. PROBLEMÁTICA Y CONSERVACIÓN**

### **4.1. Procesos de erosión y contaminación del suelo**

El Parque Natural de l’Albufera ha sufrido numerosas actividades que han influido en la reducción de su superficie natural y su elevada contaminación. Esta evolución ha sido debida principalmente a las transformaciones agrarias que arrastra desde los años de mayor desarrollo de los cultivos de arroz (1863-1986), el desarrollo urbano e industrial y los grandes proyectos propuestos y/o realizados (Mondría, 2003). En este aspecto, este apartado se va a centrar en las actividades realizadas en la Devesa del Saler, ya que las especies estudiadas crecen y se desarrollan en este espacio.

El proceso de más destacado de erosión del suelo empezó tras la aprobación en 1965 por parte del Ayuntamiento de Valencia para llevar a cabo un Plan de urbanización en la Devesa del Saler. Esta iniciativa quería convertir El Saler en un macro-alojamiento temporal turístico de masas, como el implantado en Benidorm. El plan pretendía dividir esta superficie en tres zonas urbanizadas: 2.5 km de playa para zonas de ocio, con bares, teatro, etc., y las otras dos zonas destinadas a residencias temporales, con campo de golf, parador, etc. Por suerte, tras la oposición ciudadana y los problemas técnicos producidos, no se llevó a cabo el plan en su totalidad, pero actualmente se puede observar algunos bloques de apartamentos turísticos, el campo de golf, el

parador nacional y un hotel de lujo de grandes dimensiones totalmente abandonado (Andrés, 2017).

Esta degradación iniciada en los años 60 permitía una generosa oferta de suelo urbanizable, originando la pérdida de gran parte de la estructura original de la franja litoral, alterando o destruyendo casi por completo las formaciones dunares, además de los aterramientos de la mayoría de malladas (Mondría, 2003).

Por otra parte, paralelamente a la presión urbanística, se ha estado vertiendo agua residual urbana, mucha de ella sin depurar, industrial y lixiviado de productos agrícolas durante décadas. Estas adiciones de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, contribuyen a la eutrofización de sus aguas. Esta eutrofización consiste en la presencia de una elevada concentración de nutrientes, propiciando la aparición de un elevado número de microalgas y fitoplancton que aumentan la turbidez del agua y provocan la disminución del oxígeno disuelto. Todo esto disminuye notablemente la calidad de las aguas del parque entero, contaminando tanto las aguas como los suelos.

### **4.3. Estado de conservación**

Actualmente, l'Albufera de Valencia se encuentra bajo diferentes figuras normativas, cada una de ella con distintos niveles de protección y conservación:

- Protegida a nivel regional como Parque Natural.
- Declarada a nivel comunitario como LIC (Lugar de Interés Comunitario) y ZEPA (Zona de Especial Protección de Aves).
- Reconocida dentro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional RAMSAR (<http://albufera.valencia.es/es/prot%C3%A9gela/r%C3%A9gimen-de-protecci%C3%B3n>).

En la Devesa del Saler se han llevado a cabo actuaciones regenerativas encaminadas a recuperar los ecosistemas más degradados y conservar los menos deteriorados, actuando de en los ecosistemas de dunas móviles, semifijas y fijas, las malladas y el lago de l'Albufera. Además, en 1981 se creó los Viveros Municipales El Saler a falta de experiencia previa de reproducción de especies vegetales autóctonas y el banco de germoplasma del CIEF. También se han realizado actuaciones de reforzamiento de las poblaciones de *Limonium*. (<https://studylib.es/doc/5618442/gesti%C3%B3n-de-l%C2%B4albufera-de-valencia-y-su-devesa>).



**Figura 5.** Imagen aérea de la regeneración dunar. Fuente: MAPAMA

La escasa distribución espacial de los endemismos supone el principal problema para su supervivencia, ya que han evolucionado y se han adaptado a unos ambientes fisicoquímicos concretos y, si éstos resultan ser alterados, pueden presentar un alto riesgo para su conservación. Y si son los hábitats propios de estos endemismos los que se ven afectados, la problemática aumenta todavía más.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

El objetivo general del proyecto es la estimación de la capacidad de tolerancia a diferentes niveles de estrés salino en las especies *Limonium albuferae* y *Limonium dufourii*, endémicas de Valencia y características de saladares litorales, especialmente importantes por su escasez y nivel de amenaza. Y con ello poder aportar información significativa para la conservación y mejora de las condiciones de regeneración de las malladas del parque.

### **5.2 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos de este trabajo son los siguientes:

1. Estudiar las respuestas de la germinación de las semillas en condiciones controladas de estrés salino a diferentes concentraciones y así conocer las respuestas ante estas variaciones en este tipo de ecosistema.

2. Analizar la capacidad de recuperación de las semillas tras haber sufrido el periodo de estrés salino durante el proceso de germinación.

3. Observar el desarrollo del crecimiento de las plantas de ambas especies estudiadas en condiciones artificiales de estrés salino.

4. Realizar propuestas para la reintroducción de las dos especies en los saladares valencianos tras analizar los resultados obtenidos.

## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

Se han realizado dos ensayos: germinación de semillas en cámaras y crecimiento de plantas en fitotrón.

### 6.1. Germinación de las semillas

Las semillas de las especies *Limonium albuferae* y *Limonium dufourii* proceden del banco de germoplasma CIEF (Centro para la Investigación y Experimentación Forestal) de la Comunidad Valenciana.

Se realizan 5 tratamientos diferentes para cada especie, cada uno incluyendo cuatro réplicas de 20 semillas.:

TRATAMIENTO	COMPUESTO	CONCENTRACIÓN
1 (Control)	Agua destilada	0 mM
2	NaCl	150 mM
3	NaCl	300 mM
4	NaCl	450 mM
5	NaCl	600 mM

**Tabla 3.** Detalle de los tratamientos de germinación.

Las semillas se germinan en placas Petri estándar, habiendo un total de 80 de cada especie. Antes de introducirlas en las placas, las semillas se desinfectaron durante 15 minutos con una solución de hipoclorito sódico (10,7 mL de hipoclorito por cada 100 mL de agua).

Una vez desinfectadas, las semillas se introducen en las placas Petri preparadas con algodón estéril y dos capas de papel de filtro, se añaden 10 mL de cada solución y agua destilada para las placas control. A continuación, se cierra cada placa con parafilm, se introducen en la cámara de germinación a unas condiciones de 30 °C y un fotoperiodo de 16 horas de luz y de 20°C para las 8 horas de oscuridad. Permanecen en la cámara durante 30 días para observar su evolución, contando las semillas germinadas cada dos días.

Transcurridos los 30 días, las semillas que no han germinado y se encuentran en buen estado pasan a la fase de recuperación. Esta fase consiste en lavar las semillas con agua destilada para eliminar el exceso de salinidad e introducirlas en nuevas placas Petri, especificando la concentración a la que hayan estado expuestas previamente en las mismas condiciones de germinación. Finalmente, las observamos durante 30 días para analizar su capacidad de recuperación.

Los resultados recogidos en ambos ensayos se representan gráficamente, por un lado, la evolución del número de semillas germinadas con respecto al tiempo y, por otro, el porcentaje de germinación comparando ambas especies. De este modo los datos se observan de una manera más visual.

## **6.2. Crecimiento de las plantas**

Las semillas de las dos especies de *Limonium* que han sido utilizadas en este ensayo también proceden del banco de germoplasma CIEF. Al inicio del ensayo se lleva a cabo la siembra, 3 semillas por cada semillero, con un total de 72 semilleros. Éstas se introducen en el fitotrón 18 del IBMCP (Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas UPV-CSIC) con unas condiciones de fotoperiodo de 16 horas de luz, a una temperatura de 20°C de día y a 17°C de noche, y con una humedad entre el 50% y 80%. El riego consiste en una solución nutritiva denominada Solución de Hoagland.

Los semilleros se riegan 2 veces por semana con la anterior solución. A la tercera semana ya existen pequeñas plántulas y cada una de ellas se traslada a macetas individuales de 12 cm de diámetro que presentan una mezcla de turba comercial (80 gr) y vermiculita en proporción 3:1. Las 72 plántulas se ubican en un total de 6 bandejas.

Las macetas continúan 30 días más en el fitotrón con la solución nutritiva Hoagland. Transcurrido este tiempo se inician los tratamientos en el invernadero del IBMCP con las plántulas de aproximadamente 3 meses, 5 plantas por tratamiento.

Los tratamientos realizados para cada especie son los siguientes:

TRATAMIENTO	COMPUESTO	CONCENTRACIÓN
1 (Control)	Agua destilada	0 mM
2	NaCl	200 mM
3	NaCl	400 mM
4	NaCl	600 mM
5	NaCl	800 mM

**Tabla 4.** Detalle de los tratamientos de crecimiento de las plantas.

Se riegan 2 veces por semana. En cada bandeja se añade 1,5 L de las concentraciones anteriores que se disuelven en la solución de Hoagland.

Al finalizar los tratamientos, pasados 30 días, las hojas y las raíces se recogen individualmente, diferenciando por tratamiento y especie. Los parámetros para medir son los siguientes:

- Número de hojas: recuento foliar de cada planta.
- Peso fresco de la parte aérea.
- Peso fresco de las raíces.
- Cantidad de agua en las hojas: se calcula en función de la relación existente entre el peso fresco y peso seco de una parte del material. Una fracción del material foliar se pesa nuevamente en fresco y se trasladan a una estufa a 65 °C durante aproximadamente 3 días, hasta que el peso sea constante. Una vez completamente secas, se vuelven a pesar y se calcula el contenido de agua en porcentajes con la fórmula 1:

$$\text{Contenido agua} = \left\{ \frac{(\text{Peso fresco} - \text{Peso seco})}{\text{Peso fresco}} \right\} * 100 \quad [1]$$

- Cantidad de agua en las raíces: el procedimiento es el mismo que el anterior, pero en este caso se utiliza el peso fresco y peso seco de las raíces para calcular su contenido en agua.

### **6.3. Análisis estadístico**

En la realización del análisis estadístico se utiliza el programa SPSS v. Xv. Para cada parámetro analizado se calcula la media aritmética y la desviación estándar que se representan gráficamente. A través de ANOVA de un factor se analiza la variabilidad dentro de cada especie en función del tratamiento. El ANOVA de dos factores se utiliza para comprobar las diferencias en función de tratamiento y de especie, así como la interacción de los dos factores.

Se ha realizado el ANOVA de un factor con respecto a la germinación mediante el Test HSD (Honestly-significant-difference) de Tukey, utilizado para comparar las medias de la variable dependiente (germinación) entre las categorías de la variable independiente (tratamientos). A partir de las pruebas post-hoc se conoce las diferencias de medias estadísticamente significativas.

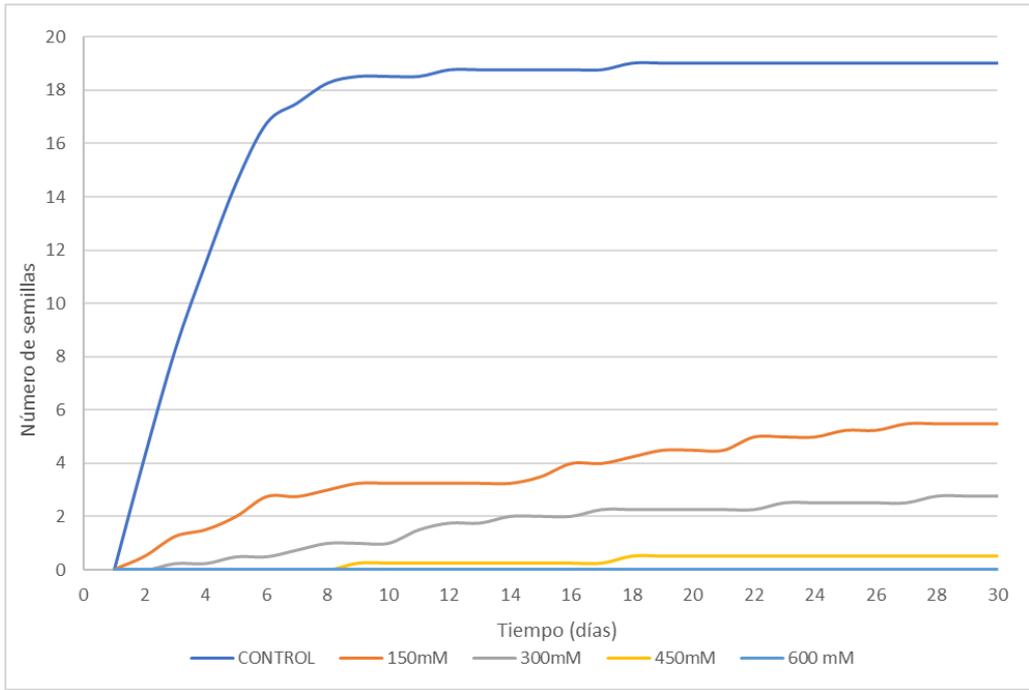
## **7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **7.1. Germinación de las semillas**

A partir del ensayo de germinación realizado en condiciones controladas en el laboratorio y explicado en el capítulo 6. *Material y métodos* se obtienen los siguientes resultados para ambas especies de *Limonium*.

#### **➤ *Limonium albuferae***

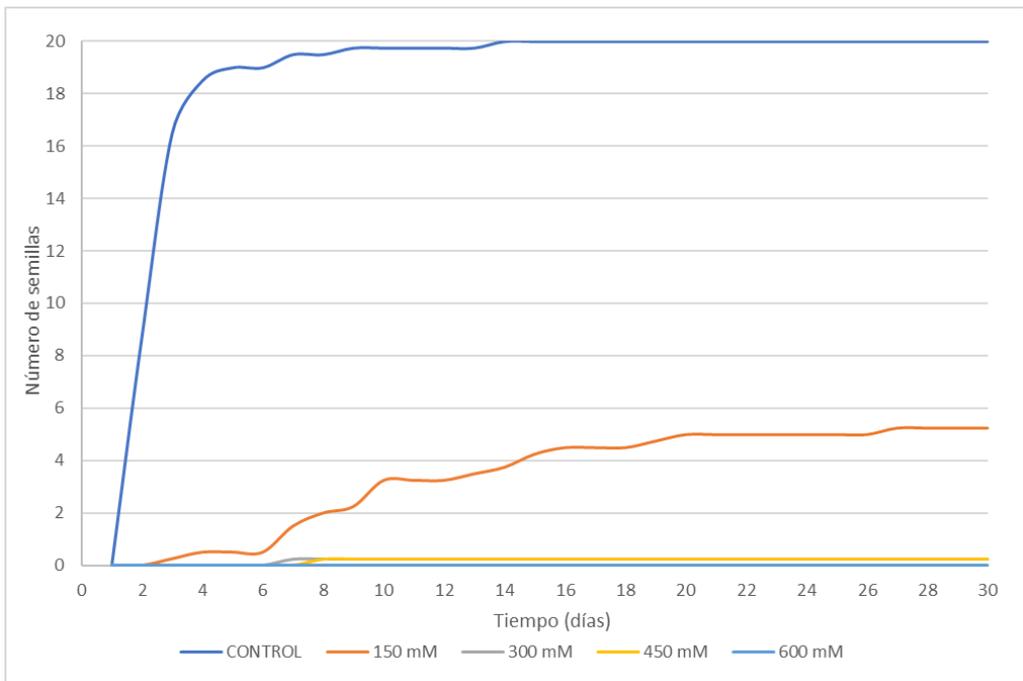
El proceso de germinación de esta especie se ve reflejado en la Figura 6. Destaca la velocidad de germinación y el elevado número de semillas germinadas en el Control. No se puede decir lo mismo del resto de tratamientos, ya que el número de germinadas desciende considerablemente con el aumento de la salinidad. La concentración de 600 mM NaCl resulta demasiado elevada para que germinen. Aun así, hasta los 450 mM existe germinación.



**Figura 6.** Representación gráfica de la germinación durante 30 días de *Limonium albuferae*.

➤ *Limonium dufourii*

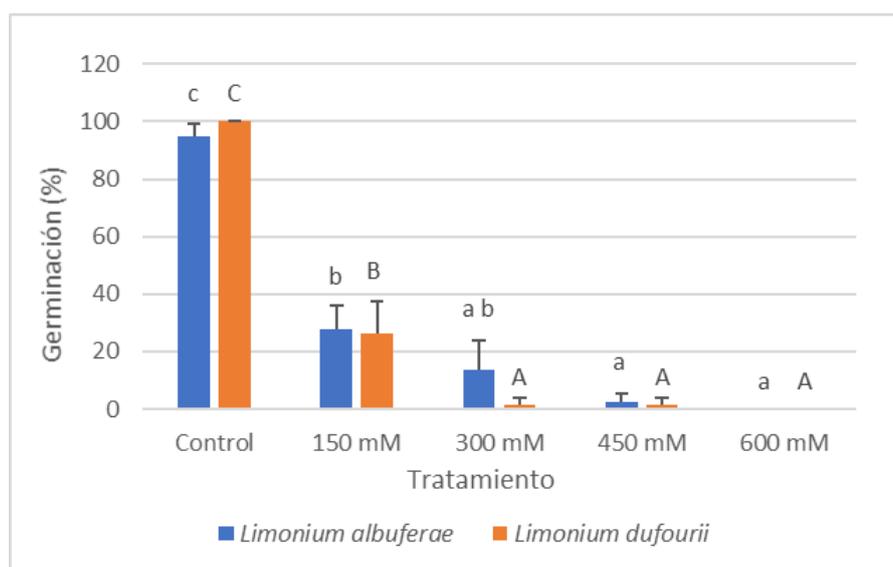
En el caso de *L. dufourii*, la Figura 7 muestra que la velocidad a la que germinan las semillas en el Control es incluso mayor que en el caso anterior. Por otro lado, la salinidad afecta en mayor medida a los tratamientos de 300, 450 y 600 mM NaCl, siendo prácticamente nula su germinación.



**Figura 7.** Representación gráfica de la germinación durante 30 días de *Limonium dufourii*.

En conclusión, tras analizar los resultados, se puede afirmar que las semillas de la especie *L. albuferae* es más tolerante a concentraciones salinas más elevadas, aunque ambas especies han germinado de forma similar en el tratamiento de 150 mM y a concentraciones de 600 mM no ha germinado ninguna semilla.

En la siguiente figura se compara la germinación en porcentaje de ambas especies para cada tratamiento. Ambas no difieren mucho entre sí, exceptuando el tratamiento de 300 mM, en el que *L. albuferae* presenta mayor germinación que *L. dufourii*.



**Figura 8.** Efectos de la salinidad sobre el porcentaje de germinación.

Para analizar e interpretar el significado estadístico se tiene en cuenta la significación de F, siendo esta menor de 0,05, que representa la existencia de diferencias significativas en la germinación entre los tratamientos:

	<i>Limonium albuferae</i>	<i>Limonium dufourii</i>
F	148,515	272,377
Significación	0,000	0,000

**Tabla 5.** Valores obtenidos en el ANOVA del número de hojas.

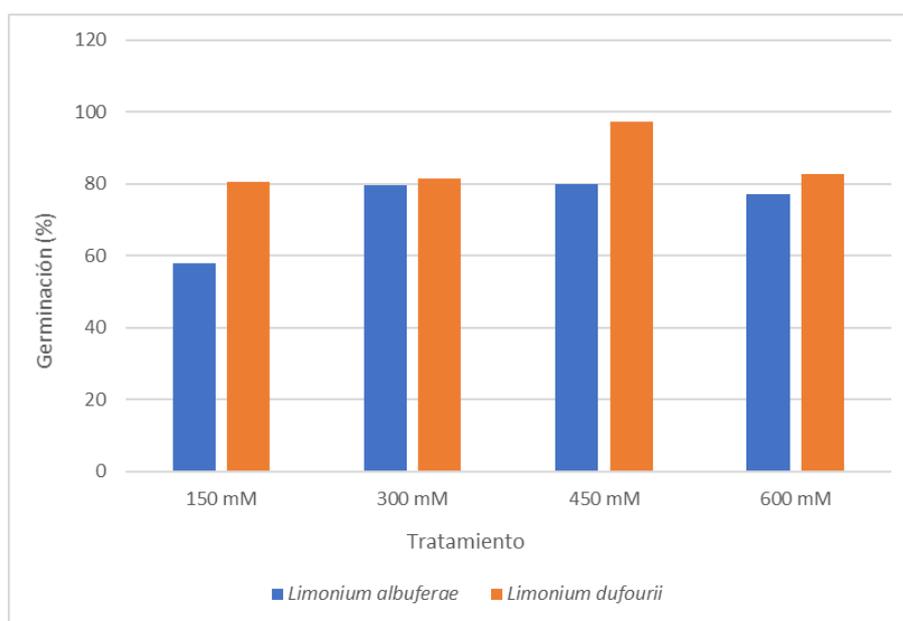
Estas diferencias son debidas a las dificultades que tienen las semillas para desarrollarse ante distintos niveles de estrés salino, sobre todo en altas concentraciones. Existe una elevada relación entre la variable dependiente e independiente. A mayor concentración, menor será la germinación.

En la Figura 12 se aprecian los subconjuntos homogéneos de cada especie obtenidos a través del test de Tukey. Letras diferentes indican diferencias significativas mientras que la misma letra se utiliza para los subconjuntos que no difieren a nivel estadístico a un nivel de confianza del 95%. Por ejemplo, en *L. dufourii*, los tratamientos de 300, 450 y 600 mM pertenecen al mismo grupo (A) debido a que los valores individuales y por esto sus medias son muy similares entre sí.

## RECUPERACIÓN

El proceso de recuperación de las semillas explicado en el capítulo 7. *Material y métodos* se observa en forma de histograma en la Figura 9. Esta recuperación, presentada en porcentaje de germinación, muestra la capacidad de estas semillas para germinar tras el periodo de estrés salino.

Se observa que el porcentaje de germinación es mayor en los tratamientos con elevada concentración de NaCl. En general, existe un elevado índice de germinación tras el estrés salino. La especie *L. dufourii* es la que mayor porcentaje de germinación presenta, pero en concreto, las semillas que han estado con el tratamiento de 450 mM son las más germinadas. Por otro lado, en la especie *L. albuferae*, la que menor porcentaje de germinación presenta es la de 150 mM.



**Figura 9.** Porcentaje de recuperación de las semillas tras el estrés salino.

En la naturaleza, las semillas de plantas halófilas pueden permanecer en estado de latencia durante períodos de elevada salinidad en el ambiente que, tras periodos de lluvias, disminuye y permite el aumento de la germinación. Este aumento es debido a un efecto osmótico que induce una latencia de las semillas. Cuando se produce la reducción de la salinidad en el medio las semillas germinan, en ocasiones en porcentajes superiores a los del control. Por el contrario, las semillas de plantas no tolerantes a la salinidad normalmente pierden la capacidad germinativa en estos ambientes. El aumento en la germinación se observa en la Figura 9, ya que existe mayor germinación en aquellos tratamientos con más concentración de NaCl.

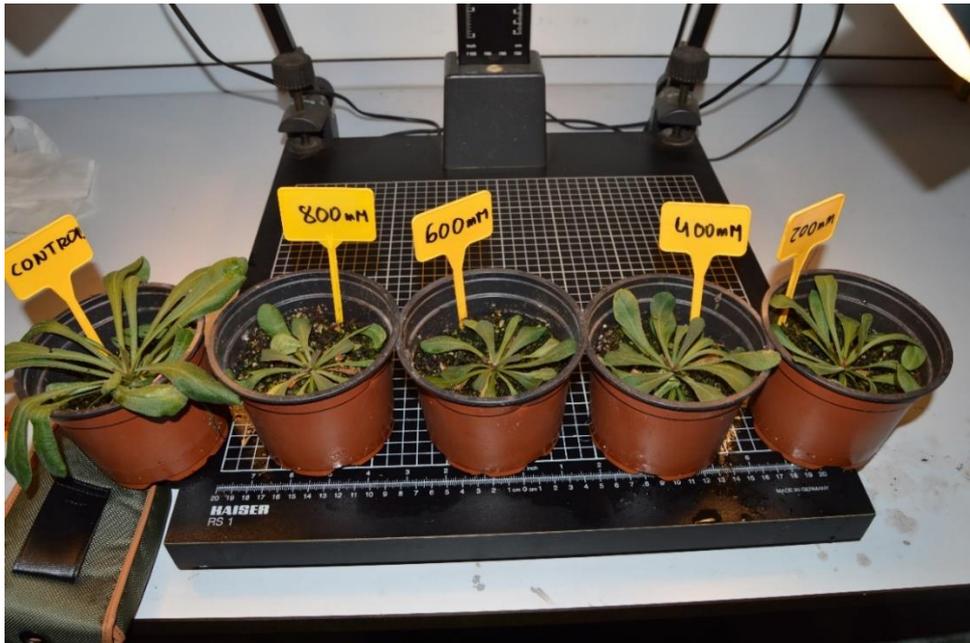
## 7.2. Crecimiento de las plantas

El ensayo del crecimiento de *L. albuferae* y *L. dufourii* en condiciones controladas en invernadero es explicado detalladamente en el capítulo 6. *Material y métodos*. Los resultados en histogramas mediante el peso en gramos y porcentaje para cada tratamiento con respecto a características foliares y radiculares se exponen en este apartado del trabajo.

Las imágenes de las Figuras 10 y 11 muestran los resultados finales del ensayo. Puede apreciarse la diferencia que existe en el tamaño de las hojas entre tratamientos, reduciéndose así su tamaño con el aumento de concentración de NaCl en ambas especies.



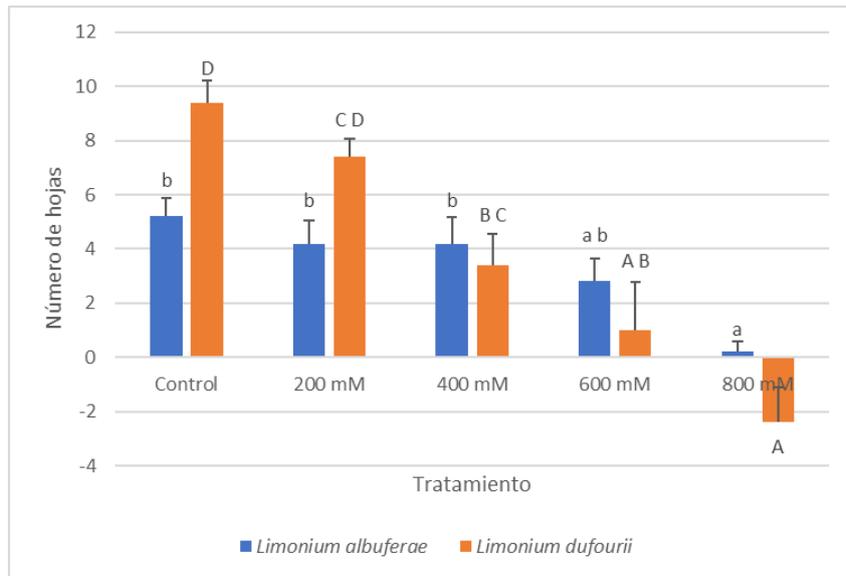
**Figura 10.** Detalle del crecimiento foliar de *Limonium albuferae* en los diferentes tratamientos. Fuente: propia.



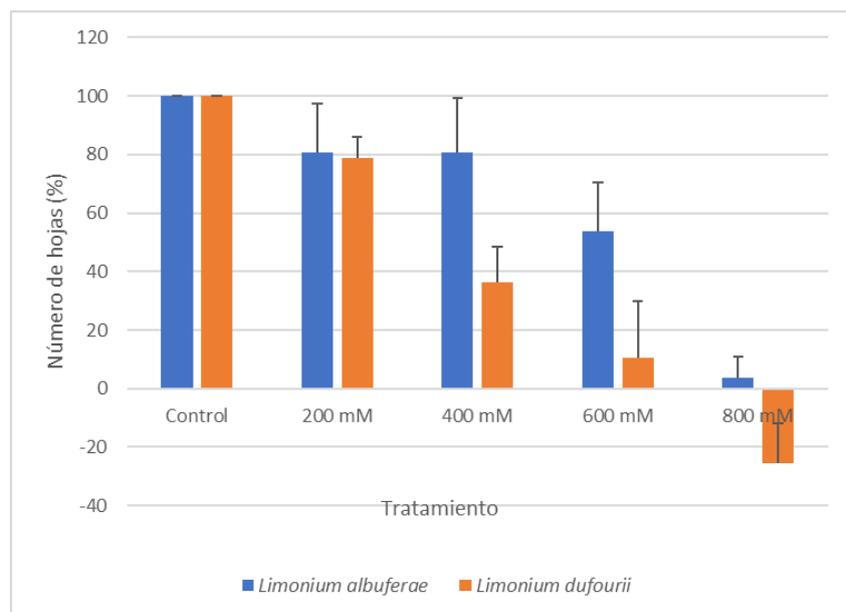
**Figura 11.** Detalle del crecimiento foliar de *Limonium dufourii* en los diferentes tratamientos. Fuente: propia.

### **7.2.1. Incremento del número de hojas**

Para la observación de los resultados obtenidos en este parámetro, se debe tener en cuenta que el tamaño foliar de *L. albuferae* es considerablemente mayor que el de *L. dufourii*, por lo tanto, este presenta mayor número de hojas, pero de menor tamaño. En la Figura 12 se observa el incremento del número de hojas desde el inicio del tratamiento hasta el final en ambas especies de *Limonium*. En la Figura 13 se observa el porcentaje del número de hojas y se aprecia que en los tratamientos de 600 y 800 mM el número de hojas es muy bajo, especialmente en 800 mM, siendo el número de hojas menor que al inicio del tratamiento en *L. dufourii*.



**Figura 12.** Efecto de la salinidad en el incremento del número de hojas.



**Figura 13.** Efecto de la salinidad en el incremento del número de hojas en porcentaje.

La Figura 12 muestra gráficamente el número de hojas con respecto a cada tratamiento. El análisis e interpretación de estos datos se realiza a partir de los siguientes valores:

	<i>Limonium albuferae</i>	<i>Limonium dufourii</i>
F	6,287	15,455
Significación	0,002	0,000

**Tabla 6.** Valores obtenidos en el ANOVA del número de hojas.

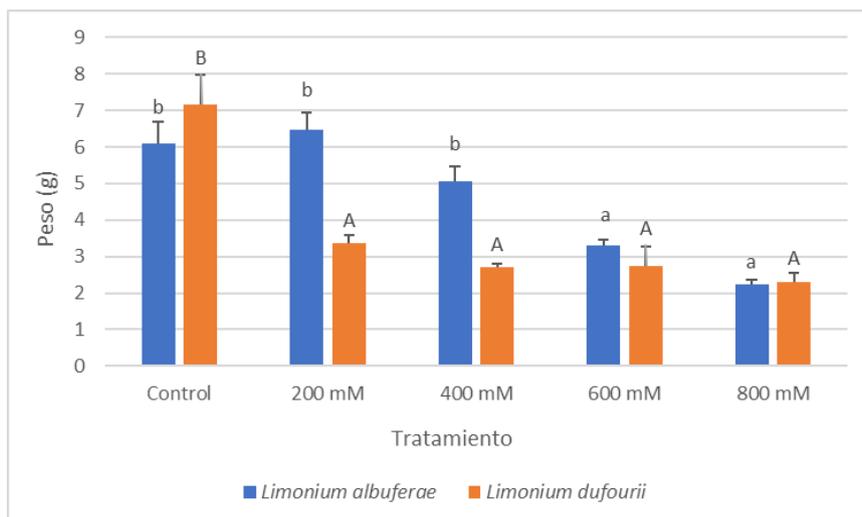
Al presentar la significación de F un valor menor de 0,05, existen diferencias significativas entre el número de hojas en cada tratamiento. El valor de F muestra la relación que existe entre estas dos variables. Cuanto mayor es la concentración, menor el número de hojas. Se observa que en *L. dufourii* existen diferencias significativas del número de hojas en cada tratamiento en comparación con *L. albuferae*.

Cada tratamiento pertenece a un grupo, dependiendo de su media para los grupos en los subconjuntos homogéneos. En este aspecto destaca la especie *L. dufourii*, siendo sus medias muy dispares entre sí, además, parece verse más afectada con el aumento del estrés salino, ya que en la máxima salinidad contiene un número menor de hojas que al inicio del tratamiento. En contra, *L. albuferae* presenta unas medias similares exceptuando el tratamiento de 800 mM.

### 7.2.2. Peso fresco de la parte aérea

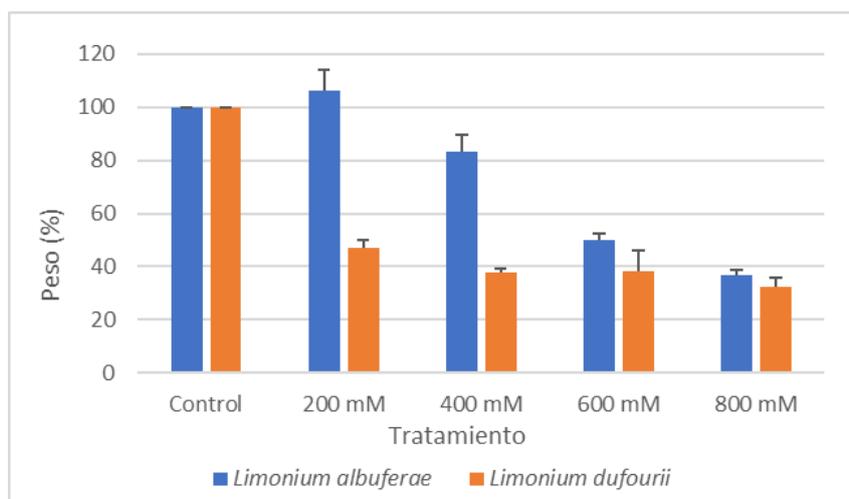
En las Figuras 14 y 15 se observa que en *L. albuferae* el peso total de las hojas es mayor en el tratamiento de 200 mM que en el Control, presentando una buena tolerancia a esta concentración. Con respecto al resto de tratamientos sí disminuye el peso con el aumento de la concentración de NaCl.

En *L. dufourii* se aprecia un elevado peso foliar en el Control, pero disminuye notoriamente en contacto con soluciones salinas, aunque entre tratamientos esta diferencia no es tan elevada.



**Figura 14.** Efecto de la concentración de sal en el peso fresco de las hojas en gramos.

En la Figura 15 se observa claramente la diferencia de peso entre ambas especies en los tratamientos a 200 mM y 400 mM NaCl.



**Figura 15.** Efecto de la concentración de sal en el peso fresco de las hojas en porcentaje.

Para la realización del ANOVA de esta variable se ha llevado a cabo el mismo test que en los anteriores. Los valores resultantes son los siguientes:

	<i>Limonium albuferae</i>	<i>Limonium dufourii</i>
F	22,433	18,090
Significación	0,000	0,000

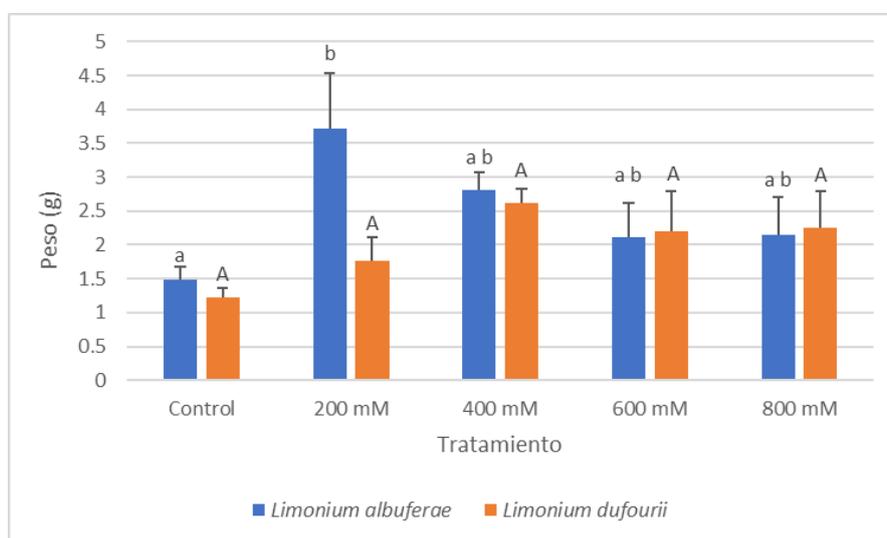
**Tabla 7.** Valores obtenidos en el ANOVA del peso fresco foliar.

Se observa que el valor de F es mucho mayor que en el número de hojas, esto indica que existe una mayor relación entre las variables, es decir, las medias de la variable dependiente (peso fresco) varían mucho entre las categorías de la variable independiente (tratamientos). Con el valor de significación también se aprecia que las dos variables están relacionadas y consecuentemente existen diferencias significativas entre los tipos de tratamiento.

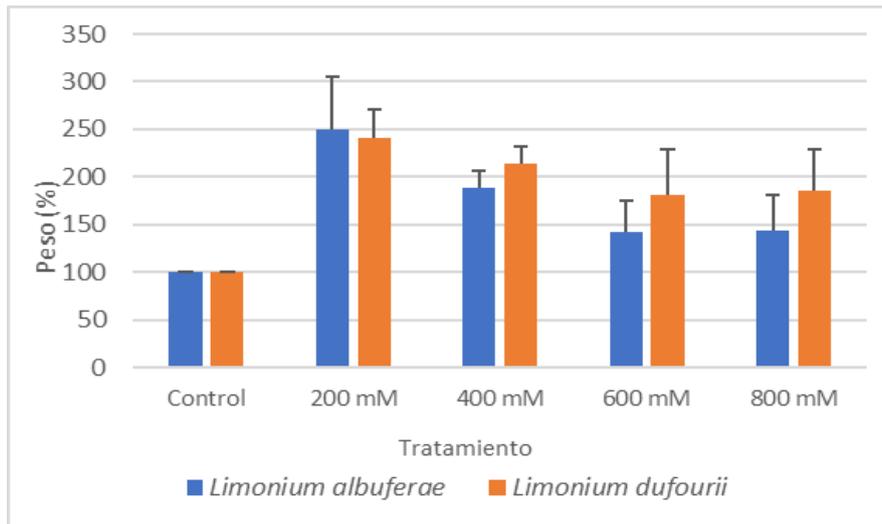
Con respecto a la Figura 14, se observa que la relación existente entre peso fresco y tratamiento se clasifica en grupos dependiendo de sus medias. Concretamente, en *L. dufourii* las medias de los tratamientos no difieren mucho entre sí y por tanto quedan todas dentro del mismo grupo exceptuando el Control. En el caso de *L. albuferae* sus medias no difieren tanto como en la anterior especie. En consecuencia, la concentración salina afecta en menor medida a la capacidad de retención de agua foliar en *L. albuferae*.

### 7.2.3. Peso fresco de las raíces

En las Figuras 16 y 17 se observa el elevado índice de crecimiento de las raíces superando considerablemente el peso en el Control. En ambas especies se aprecia este aumento del crecimiento y peso de las raíces debido a que, en suelos con elevada salinidad, las raíces de las plantas crecen hacia suelos más profundos en busca de agua.



**Figura 16.** Efecto de la salinidad en el peso fresco en gramos de las raíces.



**Figura 17.** Efecto de la salinidad en el peso fresco en porcentaje de las raíces.

Se ha observado anteriormente que las raíces crecen y se dispersan más en suelos ricos en sales en búsqueda de zonas más profundas dónde puedan encontrar agua. En la realización del ANOVA para esta variable, los datos más trascendentales del test de Tukey para su valoración son los siguientes:

	<i>Limonium albuferae</i>	<i>Limonium dufourii</i>
F	2,628	1,110
Significación	0,065	0,379

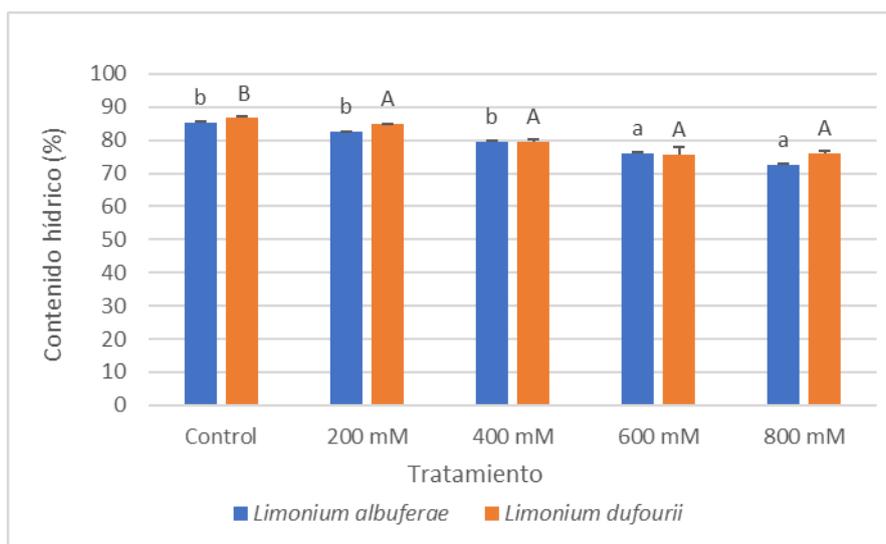
**Tabla 8.** Valores obtenidos en el ANOVA del peso fresco radicular.

Para el análisis e interpretación del test se tiene en cuenta el valor de significación, el cual es mayor de 0.05 en ambas especies, por lo tanto, no existen diferencias significativas entre los tratamientos para cada una de ellas. El valor de F es particularmente bajo, esto demuestra que los grupos son bastante homogéneos entre ellos, especialmente en *L. dufourii*.

#### 7.2.4. Contenido hídrico en las hojas

Las especies de *Limonium* seleccionadas para el ensayo son capaces de secretar la sal absorbida a través de las glándulas excretoras de sal presentes en las hojas. Este es un mecanismo fundamental en las halófitas para eliminar sal, permitiendo mantener la absorción de agua en medios salinos y conservar la turgencia de sus hojas.

En la Figura 18 se puede observar el contenido hídrico de las hojas en cada tratamiento. En ambas especies la cantidad de agua descende a la vez que aumenta la concentración de NaCl, pero *L. albuferae* presenta menor cantidad que *L. dufourii* prácticamente en todos los tratamientos. Quizá se deba al hecho de que *L. dufourii* secreta mayor cantidad de sal por los poros. Por otra parte, el contenido hídrico en el tratamiento de 800 mM aumenta con respecto al de 600 mM en *L. dufourii*. Además, en esta especie no difiere excesivamente la cantidad de agua entre tratamientos con NaCl. Al contrario que en *L. albuferae*, el cual presenta un descenso más notorio.



**Figura 18.** Efecto de la salinidad en el contenido hídrico foliar.

Con respecto al contenido de agua presente en las hojas, los datos obtenidos para poder interpretar los resultados del ANOVA son los siguientes:

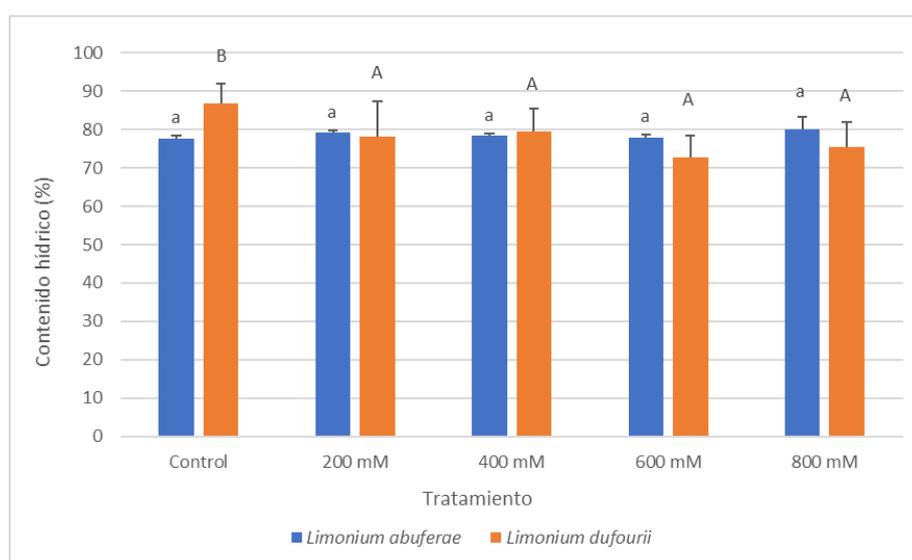
	<i>Limonium albuferae</i>	<i>Limonium dufourii</i>
F	21,992	21,135
Significación	0,000	0,000

**Tabla 9.** Valores obtenidos en el ANOVA del contenido en agua de la parte aérea.

El valor de la significación es menor de 0.05, por lo tanto, el contenido en agua está estrechamente relacionado con el tipo de tratamiento y existen diferencias significativas entre los grupos. El valor de F es elevado, lo que significa que las medias del contenido de agua foliar difieren mucho entre los tratamientos.

### 7.2.5. Contenido hídrico en las raíces

Por último, en la Figura 19 se representa el contenido hídrico presente en las raíces. La cantidad de agua radicular en los tratamientos no difiere mucho entre especies y, concretamente, *L. albuferae* presenta un contenido hídrico muy similar entre tratamientos. Como se ha visto anteriormente, el peso fresco de las raíces era muy elevado en condiciones salinas debido a su elevado crecimiento en la búsqueda de agua en zonas más profundas. Ese aumento en el peso es debido tanto al crecimiento en longitud como en la cantidad de agua radicular. Ese aumento, aunque no muy destacable, se observa en el tratamiento de 800 mM en ambas especies.



**Figura 19.** Efecto de la salinidad en el contenido hídrico radicular.

Los datos resultantes para la interpretación del ANOVA sobre la cantidad de agua radicular son los siguientes:

	<i>Limonium albuferae</i>	<i>Limonium dufourii</i>
F	0,280	0,813
Significación	0,919	0,532

**Tabla 10.** Valores obtenidos en el ANOVA del contenido de agua radicular.

Se observa en ambas especies que el valor de F es muy pequeño, indicando la baja relación existente entre las variables, es decir, las medias de la variable dependiente (contenido de agua) apenas varía entre las categorías de la variable independiente (tratamiento). Además, el valor tan

elevado de significación muestra la poca relación entre variables, indicando la semejanza entre los diferentes tratamientos.

En la Figura 19 se observan los grupos de los subconjuntos homogéneos en los que se encuentra cada tratamiento. Para los tratamientos de cada especie se aprecia que todos ellos pertenecen al mismo grupo, exceptuando el Control en *L. dufourii*. Esto muestra gran similitud entre medias, por lo que las diferentes concentraciones de NaCl tienen un efecto muy similar para ambas especies con respecto al contenido de agua en las raíces.

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DE LAS ESPECIES**

A raíz de los datos obtenidos a lo largo del ensayo se pueden establecer una serie de conclusiones sobre los valores de salinidad que soportan en el proceso de germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas. Aunque el estudio se ha realizado bajo condiciones controladas, estos resultados son de gran utilidad a la hora de iniciar procedimientos de reintroducción y de gestión de las especies *Limonium albuferae* y *Limonium dufourii*.

A partir de la información recopilada y los resultados obtenidos, se concluye:

- La salinidad es un factor de gran importancia en el medio en el que se desarrollan estas especies y, con respecto a ella, se ha observado que *L. dufourii* es más sensible a su aumento que *L. albuferae*. Esto se aprecia tanto en la germinación como en el crecimiento vegetativo, aunque, en el proceso de recuperación de las semillas, *L. dufourii* presenta mayor porcentaje de germinación tras el periodo de latencia.
- La fase de máxima sensibilidad frente al estrés salino se produce en la germinación, siendo la primera barrera que estas especies deben superar para su desarrollo en el ecosistema. *L. dufourii* prácticamente no germina a partir de concentraciones de 300 mM, mientras que en *L. albuferae* todavía se observa germinación hasta los 450 mM. En los ambientes donde se desarrollan estas especies no suelen presentar niveles de salinidad tan elevados, aunque su supervivencia depende de más factores, éste es uno de gran importancia siendo la salinidad un factor limitante en la germinación.
- Transcurrida la fase crítica de germinación, que en el medio natural se produce después de periodos lluviosos, cuando la salinidad del suelo disminuye las semillas germinan y

en el crecimiento vegetativo las plantas pueden soportar mayores concentraciones. Durante el crecimiento vegetativo, estas especies toleran concentraciones muy elevadas de salinidad, hasta 800 mM, sin verse gravemente afectada su fisionomía.

La elevada sensibilidad que presenta *L. dufourii* ante concentraciones elevadas de salinidad, puede ser una de las causas de su retroceso, lo que ha llevado a que actualmente se considere en “Peligro Crítico” dentro de la UICN.

Algunas recomendaciones para una mejor gestión de ambas especies son las siguientes:

- Debido a la tolerancia observada durante los ensayos para la especie *L. dufourii*, su reintroducción en el medio natural debe ser cuidadosa, ya que presenta menor tolerancia a la salinidad. Por lo tanto, su reintroducción en bordes de malladas o malladas con menor salinidad sería un buen lugar para su desarrollo.
- El menor tamaño que presenta *L. dufourii*, en comparación con *L. albuferae*, la hace más vulnerable al pisoteo, por lo que sería una buena opción cercar la zona donde se reintroduce al menos temporalmente hasta que presente un buen desarrollo, además, con esto se evita la compactación y la erosión del suelo.
- Aunque no se ha estudiado en este trabajo el efecto del exceso de agua que produce en estas especies, la inundación tiene un efecto negativo en la gran mayoría de las plantas terrestres debido a que reduce su crecimiento e induce la senescencia (Jiménez, *et. al*, 2012). El principal efecto es el déficit de oxígeno. Como son endemismos estrictos, se debe intentar introducir en zonas donde las poblaciones puedan prosperar, evitando zonas de encharcamiento.
- La eliminación de la vegetación exótica, se considera un factor de importancia ya que muchas de ellas se desarrollan muy rápidamente, ocupando gran superficie territorial además de competir con los recursos del resto de especies.
- Por otra parte, para disminuir los efectos producidos por la exposición al ambiente costero, como la erosión por gotas de lluvia o la abrasión debido al viento, se puede llevar a cabo la revegetación con especies autóctonas de zonas con escasa cobertura vegetal donde se puedan reintroducir estas dos especies de *Limonium*. Además, ello conlleva el aumento de materia orgánica al suelo ya que estos ecosistemas presentan muy poca cantidad.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, M.A., 2000. *Estudio geobotánico de los saladares del sureste peninsular (Albacete, Alicante, Almería y Murcia)*. Doctorado en Biología. Universidad de Alicante, pp. 17-22.
- Alonso, M.A., Ghezlaoui, B.E., Juan, A., 2014. *Análisis comparativo de la estructura ecológica de comunidades vegetales halófilas del sureste de España y el noroeste de Argelia. Capítulo I*. Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones, pp. 11-13.
- Andrés, R., 2017. *Cuando la Albufera de Valencia estuvo a punto de convertirse en Benidorm*. La Vanguardia, Comunidad Valenciana. <https://www.lavanguardia.com/local/valencia/20170603/423142031484/albufera-valencia-saler-benidorm-urbanizacion-parque-natural.html>, Octubre 2018.
- Bañares, A., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J.C., Ortiz, S., eds. 2004. *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid, pp. 352-353.
- Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. CIEF. *Ámbito de Actuación*. 2015. <http://www.agroambient.gva.es/es/web/medio-natural/quienes-somos>.
- Ferrer, P.P., Laguna, E., Rosselló, J.A., Rosato, M., Rosselló, R., 2016. *Limonium albuferae* (Plumbaginaceae), a new polyploid species from the Eastern Iberian Peninsula. *Phytotaxa* 252 (2), pp. 117-120.
- Jiménez, J.C., Moreno, L.P., Magnitskiy, S., 2012. *Respuesta de las plantas a estrés por inundación*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, Vol. 6. No. 1.
- Mondría, M., 2003. *Estudio para el desarrollo sostenible de L'Albufera de Valencia. Estudio histórico de L'Albufera de Valencia*. 7241. Ministerio de Medio Ambiente, pp. 38-43.
- Sanchís, E., Rubio, J.L., Andreu, V., 1998. *Los suelos de la Devesa de la Albufera*. Revista valenciana d'estudis autonòmics 22, 134-140.

- Schulze, E., Beck, E., Müller-Hohenstein, K., 2002. *Plant Ecology*. Ed.Springer. 702 pp.
- Soria, J.M., 1988. *Estudio limnológico de las malladas de la Devesa de la Albufera*. Ayuntamiento de Valencia. Oficina Técnica Devesa y Albufera, p. 5.
- Albufera Valencia. *El medio físico natural*. <http://albuferavalencia.com/historia/el-medio-fisico-natural/>, Octubre 2018.
- Albufera Valencia. *Fauna*. <http://albuferavalencia.com/historia/fauna/>, Agosto 2018.
- Albufera Valencia. *Vegetación*. [http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox\[auto\\_group1\]/8/](http://albuferavalencia.com/historia/vegetacion/#lightbox[auto_group1]/8/), Agosto 2018.
- Albufera de Valencia. *Parque de l'Albufera de València*. <http://www.albufera.com/parque/book/export/html/6251>, Agosto 2018.
- StudyLib. *Gestión de l'Albufera de Valencia y su Devesa*. <https://studylib.es/doc/5618442/gesti%C3%B3n-de-l%C2%B4albufera-de-valencia-y-su-devesa#>, Agosto 2018.
- L'Albufera de València. *Régimen de protección*. <http://albufera.valencia.es/es/prot%C3%A9gela/r%C3%A9gimen-de-protecci%C3%B3n>, Octubre 2018.
- *Seguimiento hidrológico de l'Albufera de Valencia*, <https://docplayer.es/70801859-Seguimiento-hidrologico-de-l-albufera-de-valencia.html>, Octubre 2018.