



# Patrones de germinación de especies halófitas coexistentes a lo largo de un gradiente de salinidad en el semiárido mediterráneo.

Facultad de Ciencias Experimentales  
Grado en Ciencias Ambientales  
TRABAJO DE FIN DE GRADO  
CURSO 2022/2023

**Autor:**

José Robledano Torres

**Tutores:**

Joaquín Moreno Compañ

Departamento de Biología Aplicada

Área de Botánica

Código COIR: TFG.GCA.JMC.JRT.230515



CIENCIAS AMBIENTALES  
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

## RESUMEN

Los ambientes salinos son hábitats caracterizados por suelos altamente salinos en los que los factores de salinidad se consideran impulsores de la estructura de la comunidad vegetal. Como consecuencia de estas condiciones estresantes, las plantas halófitas aparecen distribuidas en una zonación bien marcada en los saladares mediterráneos a lo largo del gradiente de salinidad. En este contexto, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la salinidad en la germinación de semillas de cuatro especies halófitas coexistentes, obteniendo resultados que expliquen los procesos de ensamblaje local en el semiárido mediterráneo. Las semillas se recolectaron en el saladar de Agua Amarga en Alicante y se germinaron durante 30 días en condiciones controladas en diferentes tratamientos de salinidad (0%, 1%, 2%, 4% y 6%). Tras este experimento, las semillas no germinadas fueron transferidas a placas con agua destilada. La tasa de germinación final (PFG) y el tiempo promedio para la germinación (TMG) fueron calculados para ambos experimentos. En general, los resultados mostraron que la germinación y su tasa de velocidad va disminuyendo conforme aumenta la salinidad. Además, tras exponer las semillas a agua destilada tras el estrés salino, se consiguió una germinación exitosa, observando latencia o dormancia de las semillas ante condiciones estresantes. Estos resultados aportan más información a los estudios ya realizados sobre las respuestas germinativas de halófitos al estrés salino. Así pues, estos resultados son datos útiles que amplían el conocimiento actual sobre los patrones ecológicos de halófitos y ayudan a entender las reglas del ensamblaje local.

Palabras clave: Germinación; Halófitos; Recuperación; Salinidad; Saladares.

## ABSTRACT

Saline environments are habitats characterised by highly saline soils in which salinity factors are considered as drivers of plant community structure. As consequence of these stressful conditions, halophytes are distributed in a well-marked zonation within Mediterranean saltmarshes along the salinity gradient. In this framework, the aim of this study is to assess the effect of salinity on seed germination of four coexisting halophyte species, obtaining results that explain local assemblage processes in the semi-arid Mediterranean. Seeds were collected in Agua Amarga Saltmarsh in Alicante and were germinated during 30 days under controlled conditions at different salinity treatments (0%, 1%, 2%, 4% y 6%). After this experiment, non-germinated seeds were transferred to dishes with distilled water. Final germination percentage (FGP) and mean time-to-germinate (MTG) were calculated for both experiments. Overall, the results showed the germination and its rate of speed decreases when the salinity increases. Besides, after exposing the seeds to distilled water after the saline stress, successful germination was achieved, observing latency or dormancy seed in stressful conditions. These findings provide further information to existing studies on the germination responses of halophytes to salinity stress. Hence, these results are a useful data that expand the current knowledge on the ecological patterns of halophytes and help to understand the local assembly rules.

Keywords: Germination; Halophytes; Recovery; Salinity; Saltmarshes.

## Contenido

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1.	Ambientes salinos y halófitos.....	5
1.2.	Reglas de ensamblaje y gradiente salino. ....	6
1.3.	Rasgos funcionales y germinación. ....	7
<b>2.</b>	<b>ANTECEDENTES Y OBJETIVOS. ....</b>	<b>8</b>
2.1.	Situación actual. ....	8
2.2.	Justificación. ....	8
2.3.	Objetivos. ....	10
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
3.1.	Zona de estudio. ....	10
3.2.	Especies de estudio. ....	12
3.3.	Experimentos de germinación.....	13
3.4.	Análisis de datos.....	15
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>15</b>
4.1.	Experimentos de salinidad y recuperación. ....	15
4.2.	Diferencias de germinación entre especies por tratamientos de salinidad. ....	16
4.3.	Diferencias de germinación entre especies tras la recuperación. ....	21
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>25</b>
5.1.	Efectos de la salinidad. ....	25
5.2.	Recuperación de semillas.....	27
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA.....</b>	<b>28</b>
6.1.	Conclusiones.....	28
6.2.	Proyección futura.....	29
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Ambientes salinos y halófitos.

Los ambientes salinos son hábitats que presentan suelos de elevada salinidad, es decir, con una conductividad eléctrica mayor de 4 mS/cm (Chapman 1974; Álvarez-Rogel 1997; Moreno *et al.* 2018). Estos ambientes se encuentran distribuidos por todo el mundo (i.e., zonas árticas, norte y sureste de Europa, áreas mediterráneas, Australia, América del Sur y del Norte, Asia y África), pero aparecen con mayor frecuencia en climas templados y mediterráneos con precipitaciones bajas, en condiciones áridas, semiáridas o secas (Chapman 1974). La escasez de lluvias y las altas temperaturas permiten la precipitación de sales (i.e., acumulación de yeso, carbonato de sodio y calcio) en sus suelos (FAO-UNESCO-ISRIC 1988; Deckers *et al.* 1998). La sal produce un alto estrés en las plantas por lo que pocas especies vegetales son capaces de tolerar una elevada salinidad, lo que conlleva que únicamente plantas tolerantes al estrés salino (i.e., halófitos) pueden sobrevivir en estos hábitats (Pennings *et al.* 2005; Flowers y Colmer 2008; Teege *et al.* 2011). Como consecuencia de estas condiciones estresantes, los halófitos aparecen distribuidos en una zonación bien marcada en los saladares mediterráneos, distinguiéndose una estructura espacial bien delimitada lo largo del gradiente de salinidad (Álvarez-Rogel 1997; González-Alcaraz *et al.* 2014; Moreno *et al.* 2018).

Los ambientes salinos incluyen saladares, lagunas, ramblas y ríos estacionales con aguas salobres, caracterizados todos ellos por la presencia de suelos salinos, cuya formación depende de factores litológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos y antrópicos (Chapman 1974; Álvarez-Rogel 1997; Alonso 2000). Los saladares mediterráneos del sureste español pertenecen, por tanto, a estos ambientes salinos; siendo ecosistemas que se encuentran en zonas de baja altitud, con suelos salinos y agua subterránea rica en sales (Rivas-Martínez 2007). El tipo de suelo predominante en estos saladares según la Base de Referencia Mundial (WRB) son los Solonchaks, un suelo salino-sódico, que se caracteriza por una elevada salinidad, una baja permeabilidad y capacidad de retener agua.

La salinidad de los saladares mediterráneos del sureste de la península ibérica es muy elevada, considerándose como el factor más importante que provoca que las plantas que crecen en estos suelos sufran un estrés hídrico y salino, lo que limita su crecimiento y desarrollo (Alonso 2000; Lendínez 2010). Sin embargo, los halófitos son capaces de tolerar la salinidad mediante mecanismos fisiológicos y bioquímicos que les permiten regular la entrada y salida de agua y sales de sus células (Pennings *et al.* 2005; Flowers y Colmer 2008; Teege *et al.* 2011). Por ejemplo, las especies de los géneros *Salicornia* L. y *Arthrocaulon* Piirainen & G.Kadereit poseen succulencia en tallos y/u hojas (i.e., acumulan y aíslan sales

para evitar la toxicidad y compensar diferencias de presión osmótica con el suelo), con la presencia de un parénquima acuífero; las especies del género *Limonium* Mill. eliminan el exceso de sal que se acumula a través de glándulas en la superficie de sus tallos y hojas; y, por último, las especies del género *Lygeum* Loefl. ex L., al igual que otras gramíneas, presentan absorción selectiva de sales (Flowers y Colmer 2008).

## 1.2. Reglas de ensamblaje y gradiente salino.

Para explicar la distribución, evolución y coexistencia de los halófitos a lo largo del gradiente salino en los saladares mediterráneos se ha de hacer referencia a las reglas de ensamblaje que determinan las restricciones en la estructura de la comunidad y en la composición florística debido a filtros ecológicos (Wilson y Gitay 1995), y que permiten predecir qué especies vegetales podrían coexistir en un hábitat específico (Keddy 1992).

Las reglas de ensamblaje son procesos ecológicos que selecciona a favor o en contra de especies del conjunto regional de especies (i.e., *pool* general), determinando así la composición de la comunidad local (i.e., *pool* local) (Keddy 1992) (Figura 1). Estos procesos selectivos se han equiparado conceptualmente a "filtros" jerárquicos que actúan a escalas cada vez más finas para imponer reglas en el ensamblaje de las comunidades (Zobel 1997). Así, el estudio de las reglas de ensamblaje permite comprender los mecanismos subyacentes a la coexistencia de las especies, vinculando los patrones comunitarios observados a interacciones ecológicas y bióticas a nivel local (Cornell y Lawton 1992; Chesson 2000).

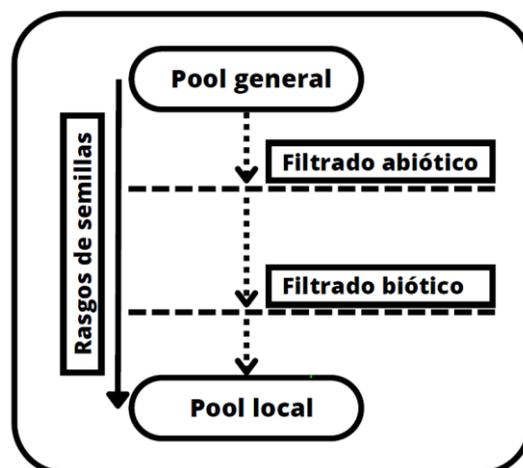


Figura 1. Esquema reglas de ensamblaje

En este marco, las reglas de ensamblaje denotan restricciones en la estructura y composición de la comunidad debidas a cualquiera de los siguientes filtros ecológicos:

dispersión, medio abiótico e interacciones bióticas (Zobel 1997). Para reflejar estos diferentes filtros se utilizan los términos reglas de ensamblaje por dispersión, reglas de ensamblaje abióticas y reglas de ensamblaje bióticas, respectivamente (Zobel 1997; Emerson y Gillespie 2008; Cavender-Bares *et al.* 2009). Dichos filtros ecológicos definen las reglas de ensamblaje, seleccionando las especies locales desde el conjunto general de especies (Figura 1).

### 1.3. Rasgos funcionales y germinación.

Las características funcionales de las especies (i.e., rasgos funcionales) describen la adaptación de las especies al medio y, en conjunto, revelan la diferenciación ecológica entre especies (Diaz *et al.* 1998). Los rasgos funcionales representan uno de los componentes más relevantes de la biodiversidad que pueden considerarse en el contexto de las reglas de ensamblaje de comunidades (Diaz *et al.* 1998). Las reglas de ensamblaje se evalúan utilizando datos sobre dispersión espacial y/o ecológica, determinando si las especies se asocian/disocian espacialmente y si la similitud ecológica entre especies es mayor o menor de lo esperado por azar (Holdaway y Sparrow 2006; Pausas y Verdu 2010).

En este contexto, los rasgos de las semillas están débilmente vinculados a los rasgos vegetativos y pueden constituir ejes independientes de la variación fenotípica de las plantas (Kraft *et al.* 2015). Las condiciones abióticas, las interacciones bióticas y la dispersión actúan de forma diferente sobre los rasgos funcionales de las plantas relacionados con las distintas etapas de la vida y, en última instancia, determinando la estructura de las comunidades (E-Vojtkó *et al.* 2020; Jiménez-Alfaro *et al.* 2016; Laughlin 2014; Rosbakh *et al.* 2018) (Figura 1). Cabe destacar que, las condiciones abióticas tienen un impacto prominente en la composición funcional de las comunidades, tanto en lo que se refiere a rasgos vegetativos como de semillas (Kergunteuil *et al.* 2018). Un estudio combinado de rasgos vegetativos y de germinación, dispersión y morfología de semillas en ecología de comunidades vegetales es crítico para la detección de múltiples y complejas reglas de ensamblaje de comunidades (Rosbakh *et al.* 2018). Es importante destacar que, el filtrado abiótico afecta principalmente a los rasgos vegetativos y, en menor medida, a la germinación de las semillas y a los rasgos morfológicos; mientras que las interacciones bióticas, específicamente la competencia, tienen un efecto sobre todos los rasgos (Rosbakh *et al.* 2018). Estos hallazgos apoyan la reciente afirmación de que la investigación de rasgos vegetales debería considerar múltiples rasgos que representen diferentes aspectos dentro de un mismo nicho ecológico, es decir, diferentes órganos y/o etapas ontogenéticas de las plantas (Craine *et al.* 2012; Kleyer y Minden 2015; Laughlin 2014).

## 2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

### 2.1. Situación actual.

Actualmente se pueden encontrar en la bibliografía diversos autores que han trabajado en la germinación de halófitos, en general, y, en concreto, sobre las especies halófitas que aparecen en saladares mediterráneos como son *Salicornia fruticosa* (L.) L., *Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit, *Lygeum spartum* L. y *Limonium cossonianum* Kuntze. Por ejemplo, Moreno *et al.* (2018) estudió los patrones de comunidad de plantas halófitas (entre las cuales aparecían *S. fruticosa*, *A. macrostachyum*, *L. spartum* y *L. cossonianum*) en saladares mediterráneos, arrojando luz sobre la conexión entre factores abióticos y la distribución de halófitas. Nisar *et al.* (2019) estudió las respuestas de germinación y recuperación de semillas heteromórficas de dos especies de *Arthrocnemum* coexistentes considerando la salinidad, la temperatura y la luz. Giménez *et al.* (2013) estudió el efecto de la salinidad y temperatura en la germinación de semillas en *L. cossonianum*. Además, Baumberger *et al.* (2012) investigó las condiciones ecológicas favorables al desarrollo de *Limonium girardianum* (Guss.) Fourr. en once marismas salinas francesas, donde se mostró que *L. girardianum* en el sur de Francia se encontró principalmente en una posición intermedia a lo largo del gradiente salino. Zia *et al.* (2004) estudió el efecto de la luz, la salinidad y la temperatura en la germinación de semillas de *Limonium stocksii* (Boiss.) Kuntze. Y, por último, Monllor (2012) investigó el análisis del comportamiento germinativo en especies halotolerantes, entre las que se incluían *S. fruticosa*, *A. macrostachyum* y varias especies del género *Limonium*.

En todos los estudios anteriores hay muchas similitudes, como que a medida que aumenta la salinidad en los diferentes tratamientos el porcentaje de germinación sufre un descenso. Sin embargo, ninguno de ellos aborda aspectos de germinación en relación con las reglas de ensamblaje de los ambientes salinos.

### 2.2. Justificación.

Los hábitats salinos, debido a la reducida superficie que presentan a nivel mundial, tienen un gran valor por su escasez y singularidad (Chapman 1974). Asimismo, desde un punto de vista botánico, la flora y vegetación de estos medios es muy especial y de gran interés, por la capacidad que presenta para desarrollarse en un suelo con características tan particulares y restrictivas como es una elevada concentración de sal (Alonso 2000; Lendínez 2010). Por otra parte, desde un punto de vista faunístico, los saladares representan uno de los principales nichos de avifauna (Traba *et al.* 2011), presentando un gran número de

especies animales. En estos ecosistemas se encuentran además fitocenosis y taxones de gran importancia por su carácter endémico y/o por su rareza (García-Chico 2018). De esta manera, diversos puntos de la península ibérica cuentan con una vegetación halófila que comparte algunos taxones, mientras que otros son exclusivos o endémicos del territorio (Erben 1993; Erben 1999; Rosselló *et al.* 1994; Gómiz 1995; Roselló *et al.* 1997; Crespo y Lledó 1998; Sáez *et al.* 1998; Sáez y Rosselló 1999). A esto hay que añadir que el tipo de vegetación presente en los saladares es, junto a la vegetación riparia (Salazar 1996), una de las más escasas y amenazadas debido entre otros factores a la continua presión antrópica a la que se están viendo sometida estos ecosistemas (Lendínez *et al.* 2004): sobreexplotación de acuíferos, desecación de zonas húmedas, sobrepastoreo, urbanismo, agricultura mal planificada, etc., y en consecuencia, peligra el hábitat de la fauna asociada a estos ambientes, especialmente en el caso de la avifauna (Merlos *et al.* 1996; Beato *et al.* 2017).

Como consecuencia de la vulnerabilidad que presenta la flora y fauna que habita en estos medios, algunas de estas especies están amenazadas (Padilla 2002). Aunque algunos de estos taxones están protegidos por la legislación vigente (VV.AA. 2000), como las recogidas en convenios legislativos como el Convenio Ramsar, el programa MAB o la Directiva 94/43/CEE, aún son muchas las especies endémicas, raras o amenazadas que en la actualidad se encuentran legalmente desprotegidas (Almenar-Muñoz 2016). Además de por la importancia biológica de los saladares (Paracuellos *et al.* 2007) (e.g., especies endémicas, raras y/o amenazadas), el interés de este estudio se justifica por la importancia ecológica (Paracuellos *et al.* 2007) (e.g., progresiva recesión de ecosistemas de área reducida, alta tasa de biodiversidad, refugio y sustento de fauna acuática o esteparia), socio-económica (Ortiz y Gutiérrez 2015) (e.g., protección frente a la erosión, explotación de los recursos naturales) y paisajística (Arias *et al.* 2016) (e.g., frecuentemente están inmersos en zonas áridas y semiáridas). Igualmente hay que resaltar el interés científico de estos ecosistemas que se comportan como auténticos laboratorios naturales en los que estudiar aspectos filogeográficos (migraciones de especies), (Blanco 1999) y taxonómicos (e.g., especiación), (Guareschi *et al.* 2015). Pero a pesar del enorme valor que tienen las zonas húmedas salinas, gran parte de la población desconoce muchos aspectos de su ecología, dinámica y composición, por ello son necesarias actividades de este tipo.

Finalmente, con este trabajo se pretende aportar más información a los estudios ya realizados sobre las respuestas germinativas de halófitos al estrés salino. De este modo, obtener datos útiles para ampliar el conocimiento actual sobre los patrones ecológicos de estas especies y entender su respuesta ante condiciones estresantes. Cabe destacar que la información obtenida podrá ser aplicada a la conservación y restauración de los ecosistemas salinos.

### 2.3. Objetivos.

El objetivo general de este trabajo de investigación es evaluar el efecto de la salinidad en la germinación de semillas de cuatro especies halófitas coexistentes, obteniendo resultados que expliquen los procesos de ensamblaje local en el semiárido mediterráneo. Para llevar a cabo este objetivo general, se han establecido tres objetivos específicos:

*Objetivo 1.* Analizar el efecto de la salinidad en la germinación de semillas de especies halófilas coexistente en el semiárido mediterráneo.

*Objetivo 2.* Determinar si las altas salinidades inhiben o dañan las semillas de las especies de estudio.

*Objetivo 3.* Definir las condiciones ecológicas necesarias para la germinación de semillas de cada especie estudiada según los resultados obtenidos en los ensayos de germinación (*Objetivo 1*) y recuperación (*Objetivo 2*).

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Zona de estudio.

El material vegetal se recolectó en el saladar de Agua Amarga (N 38° 17,19' O 00° 31,48', 8 m s.n.m.), situado al sureste de la Península Ibérica en Alicante (Alicante, España) (Figura 1). Este ambiente está caracterizado por suelos altamente salinos (> 4 mS/cm) (Chapman 1974; Álvarez-Rogel 1997), con un alto contenido en sales que se acumulan debido a las escasas lluvias y las altas temperaturas (FAO-UNESCO-ISRIC 1988; Deckers *et al.* 1998). Este hábitat se encuentra bajo un termotipo termomediterráneo y un ombrotipo semiárido (Rivas-Martínez 2007), con una temperatura media anual de 18,6 °C y una precipitación media anual de 313,5 mm (AEMET).

Además, el saladar de Agua Amarga está incluido en el Catálogo de Zonas Húmedas de la Comunidad Valenciana (García-Chico 2018), es una interesante zona húmeda litoral ligada a la bahía de Alicante que sitúa sus aproximadamente 300 hectáreas entre los términos municipales de Alicante y Elche, ocupando una amplia depresión litoral flanqueada al norte por la Sierra de Colmenares y al sur por el suave anticlinal de El Altet, que separa el Saladar de otro humedal vinculado a la bahía de Alicante, el Fondet de la Senieta (García-Chico 2018). Pese a su inclusión dentro del Catálogo de Zonas Húmedas, actualmente este saladar no cuenta con una figura sólida de protección que garantice la preservación de sus numerosos valores ecológicos, paisajísticos y culturales, encontrándose en proceso su declaración como

Paraje Natural Municipal (García-Chico 2018). Dentro del Catálogo de Zonas Húmedas este saladar cuenta con una protección dividida en dos zonas según el Visor Cartográfico de la GVA (Figura 2): (i) “Zona Humedal” y (ii) “Zona de Protección Zonas Húmedas” (Figura 3).



Figura 2. Zona de estudio (Mapa base imagen 2022 CC BY 4.0 © Institut Cartogràfic Valencià).



Figura 3. Delimitación del espacio protegido del Saladar de Agua Amarga (Mapa base imagen 2022 CC BY 4.0 © Institut Cartogràfic Valencià). El área rellena azul representa la “Zona Humedal” y la línea azul indica la “Zona de Protección Zonas Húmedas”.

Dicha zona de estudio fue seleccionada por presentar cuatro bandas de vegetación halófila bien desarrolladas y conservadas, las cuales son las especies objeto de estudio (i.e., ver Objetivos) y están definidas por *Salicornia fruticosa*, *Arthrocaulon macrostachyum*, *Limonium cossonianum*, y *Lygeum spartum* como especies dominantes.

### 3.2. Especies de estudio.

Las especies objeto de estudio se encuentran adaptadas a ambientes extremos y están distribuidas de manera diferente en los saladares, dependiendo de los factores abióticos como la salinidad, la textura del suelo, la humedad del suelo y la exposición al viento (Chapman 1974; Bertness y Ellison 1987; Engels y Jensen 2010; Engels *et al.* 2011; Baumberger *et al.* 2012). A continuación, se detalla las características más importantes de cada especie y las diferentes estrategias adaptativas frente a la salinidad y la disponibilidad de nutrientes que puedan explicar las diferencias en su distribución:

- *Salicornia fruticosa* (L.) L. - Es un arbustillo 50-150 cm, erecto, no radicante, muy ramificado. Ramas erectas o erecto-ascendentes. Hojas opuestas, reducidas a escamillas soldadas en la base y dispuestas en el ápice de cada artejo, formando un anillo cupuliforme de bordes hialinos y ápices puntiagudos. Inflorescencia espiciforme, terminal y lateral, formada por cimas trifloras -en la base de cada artejo fértil- y decusadas. Flor central que se sitúa a mayor altura que las laterales; perianto carnoso, formado por la fusión de 4 tépalos. Semilla parda o pardo-grisácea, cubierta de protuberancias o pelos cortos y cónicos, no ganchudos (Castroviejo *et al.* 1986-2021). Aparece en las zonas más salinas de los saladares (Moreno *et al.* 2018).
- *Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit - Es un arbustillo de hasta 150 cm, erecto o, con menos frecuencia, postrado-radicante. Ramas articuladas, con artejos ciatiformes que finalizan con un reborde membranoso hialino. Ramas fértiles cilíndricas, crasas, terminales o axilares, solitarias o agrupadas en inflorescencia paniculiforme. Flores en cimas trifloras, semiocultas por el reborde del artejo inferior; la central ligeramente mayor que las laterales, dispuestas las tres casi a la misma altura. Semilla negra, brillante; testa dura (Castroviejo *et al.* 1986-2021). Se encuentra en las mismas áreas que *S. fruticosa*, es decir, en las zonas más salinas de los saladares (Moreno *et al.* 2018).
- *Limonium cossonianum* Kuntze - Es una planta perenne, generalmente pluricaule y glabra. Cepa 3-30 cm. Hojas de la roseta 40-165(220) × 15-50(65) mm, de tamaño

variable; limbo de elíptico a ovado o casi redondo, algo coriáceo, con numerosos nervios laterales arqueados, con ápice de agudo a romo con un fino mucrón. Escapo 15-120 cm, ± erecto, casi derecho; ramificación que empieza generalmente en la mitad superior. Inflorescencia normalmente tipo C, más raramente tipo A o G, sin ramas estériles. Ramas de primer orden de hasta 35 cm, en disposición bilateral laxa, de derechas a arqueadas, de erecto-patentes a patentes, más laxamente ramificadas en la parte exterior. Espigas 5-20 mm, densas o dispuestas en glómérulos, de rectas a encorvadas. Espiguillas 3,5-4 mm, de cilíndricas a flabeliformes, normalmente contiguas, con 1-7 flores. Bráctea externa triangular-ovada, con ápice agudo. Bráctea media oblongo-obovada a oblongo-elíptica, membranácea. Bráctea interna a veces más ancha que larga, anchamente obovada, con ápice de plano-arqueado a romo, margen estrechamente membranácea; parte central carnosa, anchamente oblongo-obovada, con ápice triangular, que no llega hasta el margen. Flores 3,5-4,5 mm de diámetro. Cáliz 2,8-3,3 mm, que sobrepasa c. 0,7 mm a la bráctea interna; tubo de escasa a densamente peloso; dientes c. 0,3 × 0,8 mm (Castroviejo *et al.* 1986-2021). Se encuentra en las zonas de menor salinidad, pero en suelos con mayor una concentración de cationes que los suelos donde aparece *L. spartum* (Moreno *et al.* 2018).

- *Lygeum spartum* L. - Es una planta herbácea perenne y rizomatosa, de hasta un metro de altura, de color verde amarillento a blanquecino. Sus tallos forman gruesos ramos cubiertos en la base de escamas. Las hojas, con aspecto de junco y de hasta 50 cm de largo están enrolladas, reduciendo de este modo la pérdida de agua por transpiración. Son rectas, unciformes, duras y tenaces, y tiene en la industria papelera usos similares al esparto, pero de menor calidad técnica. Las flores forman una espiguilla cubierta de largos pelos sedosos rodeada de una vaina, de 3 a 9 cm, a modo de espata con aspecto de papel. Si la observamos sin la flor se puede confundir con el esparto (Castroviejo *et al.* 1986-2021). Se distribuye en suelos alcalinos y arenosos, con poca salinidad (Moreno *et al.* 2018).

### 3.3. Experimentos de germinación.

Las inflorescencias con semillas se recolectaron en dos momentos diferentes del año 2022 según la fenología de cada una de las cuatro especies estudiadas (i.e., en julio para *L.*

*cossonianum* y *L. spartum* y en noviembre para *S. fruticosa* y *A. macrostachyum*) de, al menos, 20 individuos bien separados de cada una de las especies.

Se extrajeron manualmente las semillas de los frutos de cada especie y se almacenaron en bolsas de papel a temperatura ambiente. Para iniciar los ensayos, se esterilizaron de inmediato las semillas sumergiéndolas en una solución de hipoclorito sódico al 1% durante 5 minutos y, a continuación, se lavaron con agua esterilizada. Para cada tratamiento, se seleccionaron cuatro conjuntos de 25 semillas de cada especie, las cuales se colocaron en placas Petri de 9 cm sobre un disco de papel de filtro y se sumergieron en 3 ml de la solución correspondiente. Para evitar la evaporación durante el experimento, las placas Petri fueron selladas con Parafilm. De acuerdo con las condiciones climáticas de la zona de estudio (AEMET), las placas se mantuvieron en una cámara de cultivo bajo condiciones controladas (i.e., 12h de luz a 25 °C y 12h de oscuridad a 20 °C). Se hizo un seguimiento diario de la germinación de las semillas durante 30 días, y las semillas germinadas se contaron y retiraron de la placa. Se consideró que las semillas habían germinado una vez que la radícula se había alargado. Además, cabe destacar que las semillas se trasladaron a una nueva placa Petri con la misma solución cada 7 días para prevenir cambios en la concentración de las soluciones debido a la evaporación.

Para evaluar la influencia de la salinidad en la germinación de las semillas de las especies estudiadas, estas germinaron en cinco soluciones diferentes de NaCl. Estas soluciones se prepararon con concentraciones de 0% (control), 1%, 2%, 4% y 6% (peso/volumen) para cubrir la variabilidad de la salinidad en saladares naturales del sureste de España. Después de haber pasado 30 días, se midieron dos factores relacionados con la germinación siguiendo los métodos de Delgado-Fernández *et al.* (2016): (i) la tasa de germinación final después de los 30 días (PFG), y (ii) el tiempo promedio para la germinación (TMG). La variable TMG se determinó utilizando la fórmula  $\sum (n_i \times d_i) / N$ ; donde  $n_i$  es el número de semillas que germinaron en el día  $i$ ;  $d_i$  es el tiempo de incubación en días, y  $N$  es el número total de semillas germinadas en el tratamiento.

Para comprobar la capacidad de germinación de las semillas tras una exposición a alta salinidad, las semillas que no habían germinado tras el tratamiento de salinidad de 30 días (1%, 2%, 4% y 6% de salinidad) se transfirieron a nuevas placas Petri con 3 ml de agua destilada y se mantuvieron en las mismas condiciones de temperatura y luz que en los experimentos anteriores durante 30 días. Las semillas germinadas se contaron y retiraron cada día durante este periodo. Además, se utilizó la prueba de tetrazolio para comprobar la viabilidad de las semillas que no habían germinado al final del experimento. Las semillas se incubaron durante 16 h en la oscuridad con una solución al 1% de cloruro de 2,3, 5-

trifeniltetrazolio; y dichas semillas fueron diseccionadas para la observación de su embrión con una lupa binocular. Los embriones anormales o poco coloreados se consideraron no viables (Figura 3). Tras esta parte del experimento, se determinaron tres variables de la recuperación de la germinación: (i) porcentaje de recuperación (PR), (ii) TMG en recuperación (es decir, la capacidad de germinar tras condiciones estresantes), y (iii) porcentaje de germinación final a los 60 días (PFG en recuperación; i.e., las semillas germinadas en PFG más las semillas germinadas durante la recuperación). El PR se calculó como  $[(a - b)/(c - b)] \times 100$ ; donde  $a$  es el número total de semillas germinadas después de ser transferidas a agua destilada,  $b$  es el número total de semillas germinadas en solución salina, y  $c$  es el número total de semillas.

### 3.4. Análisis de datos.

Para analizar los datos se usó el software estadístico R versión 4.2.2 (R Core Team, 2022). Se comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza mediante el test de Shapiro-Wilk, y se analizaron usando análisis de la varianza de dos factores (ANOVA). En estos análisis, las variables respuesta fueron PFG y TMG para salinidad, PFG y TMG en recuperación; mientras que los predictores fueron el tratamiento de salinidad, las especies halófilas y su interacción. La variable TMG fue transformada usando la función  $1/x$  para analizar estadísticamente las placas no germinadas. Los resultados significativos fueron analizados mediante el test de Tukey (análisis post-hoc). Además, los coeficientes de Pearson fueron calculados para observar las correlaciones entre las diferentes variables estudiadas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Experimentos de salinidad y recuperación.

En los experimentos de germinación llevados a cabo se observó para todas las especies estudiadas un mayor PFG al 0% y al 1% de salinidad (Figura 4), haciendo hincapié que en *L. cossonianum* al 1% hubo un descenso significativo (Figura 4C). Además, los valores del PFG al 2% descendieron notablemente en todas las especies estudiadas (Figura 4) a excepción de *S. fruticosa* que fueron próximos al 1% (Figura 4A). Por otro lado, para *S. fruticosa* y *L. spartum* los valores del PFG al 4% disminuyeron considerablemente y al 6% de salinidad no hubo germinación alguna (Figura 4A y 4D); en cambio, para *A. macrostachyum* y *L. cossonianum* al 4% y al 6% de salinidad no hubo ninguna germinación (Figura 4B y 4C). Cabe destacar que a partir del día 15 del experimento en los diferentes tratamientos de

salinidad se estabilizó la germinación de semillas en los tratamientos óptimos para todas las especies estudiadas (Figura 4) a excepción de *L. cossonianum* que se estabilizó al día 11 del experimento (Figura 4C) (i.e., 0% y 1% de NaCl).

En cuanto al experimento de recuperación, se percibió que los mayores valores de PFG se encontraron al 6% y 4% de salinidad en todas las especies (Figura 5) a excepción de *L. cossonianum* que se encontraron al 2% y 4% (Figura 5C). Por su parte, los valores del PFG de las semillas recuperadas en los tratamientos del 2% y 1% de salinidad no hubo germinación alguna para *A. macrostachyum* y *L. spartum* (Figura 5B y 5D); en cambio, para *S. fruticosa* los tratamientos del 2% y 1% de salinidad tuvieron una menor tasa de germinación (Figura 5A) y en situación de *L. cossonianum* solo fueron para el 1% (Figura 5C). Resulta relevante destacar que cada especie tuvo un tiempo de estabilización distinto: *S. fruticosa* a partir del día 11 (Figura 5A), *A. macrostachyum* a partir del día 9 (Figura 5B), *L. cossonianum* a partir del día 2 (Figura 5C) y *L. spartum* a partir del día 22 (Figura 5D).

La prueba de tetrazolio se aplicó a semillas que no habían germinado después del experimento de germinación para determinar la viabilidad del embrión (Mackay 1972). Se consiguió una alta viabilidad del stock de semillas obtenido con este test, habiendo más de un 90% de viabilidad en *S. fruticosa*, *L. cossonianum* y *L. spartum*; en el caso de *A. macrostachyum* fue más bajo, un 60% de viabilidad.

#### 4.2. Diferencias de germinación entre especies por tratamientos de salinidad.

Tras comparar el PFG de las especies objeto de estudio, al 0% de NaCl se observaron diferencias significativas entre *L. cossonianum* y las especies suculentas estudiadas (i.e., *S. fruticosa* y *A. macrostachyum*) ( $P \leq 0,05$ ), mostrando *L. cossonianum* los valores de PFG más elevados (Figura 6A). Sin embargo, *L. spartum* únicamente presentó diferencias significativas con *A. macrostachyum*, mostrando valores de PFG similares a *S. fruticosa* y *L. cossonianum* (Figura 6A). En comparación, en los tratamientos al 1%, 2% y 4% de NaCl se detectaron diferencias significativas entre las cuatro especies estudiadas ( $P \leq 0,05$ ), mostrando *L. spartum* los valores de PFG más elevados y *A. macrostachyum*, y *L. cossonianum*, valores similares (Figura 6B, 6C y 6D). Por último, no se observaron diferencias significativas entre las especies estudiadas en el tratamiento al 6% de NaCl, mostrando *S. fruticosa* los valores de PFG más elevados (Figura 6E). No obstante, las cuatro especies estudiadas mostraron valores de PFG similares en este caso (Figura 6E).

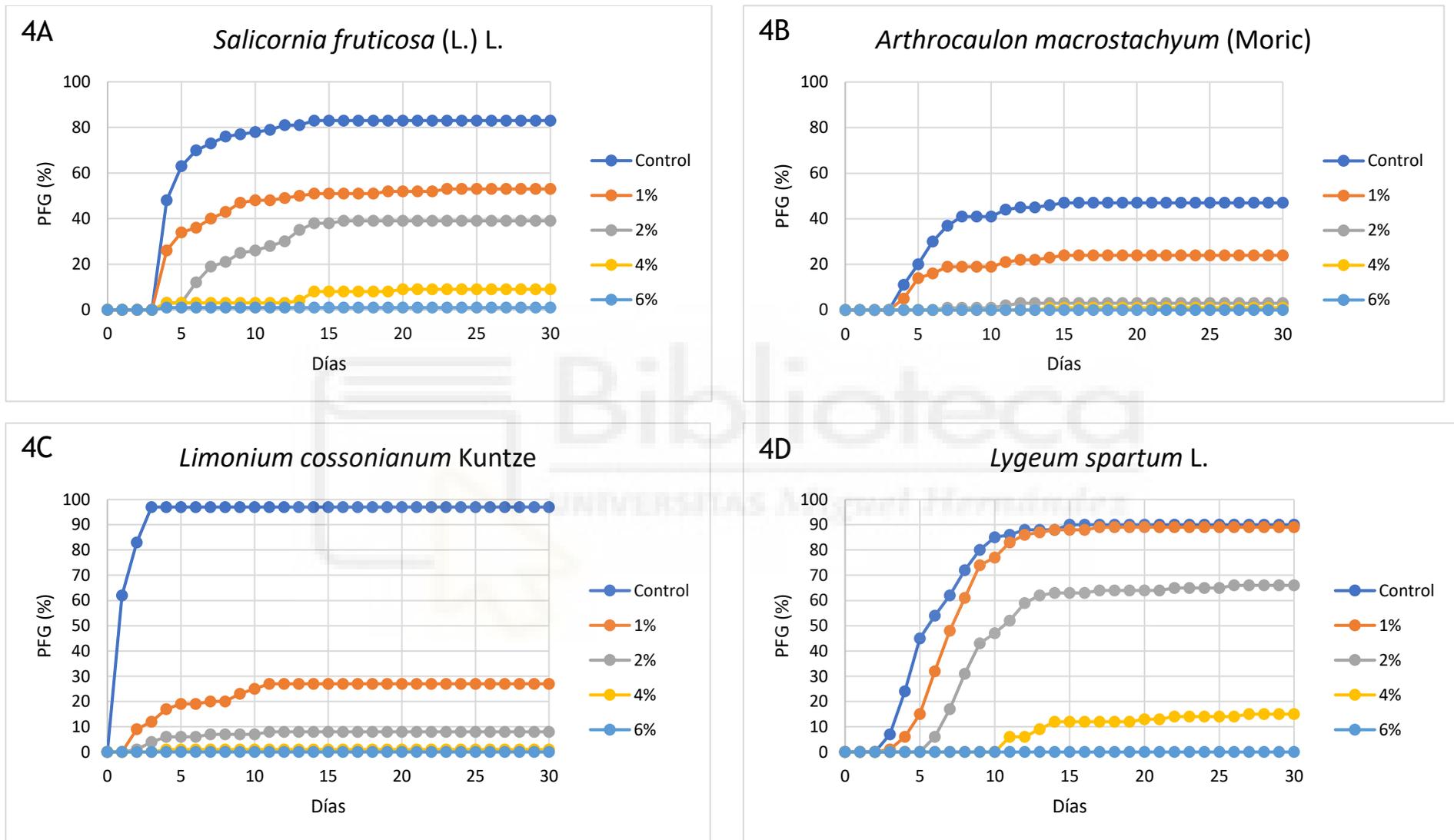
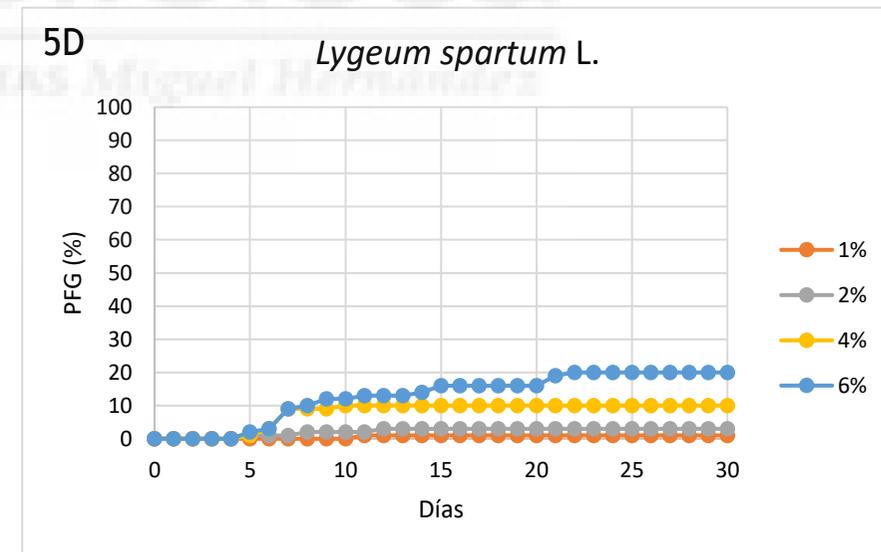
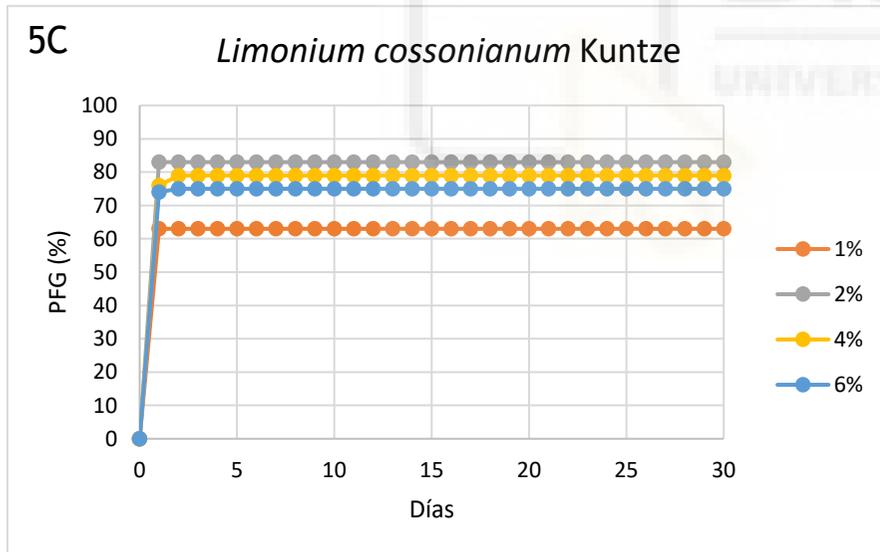
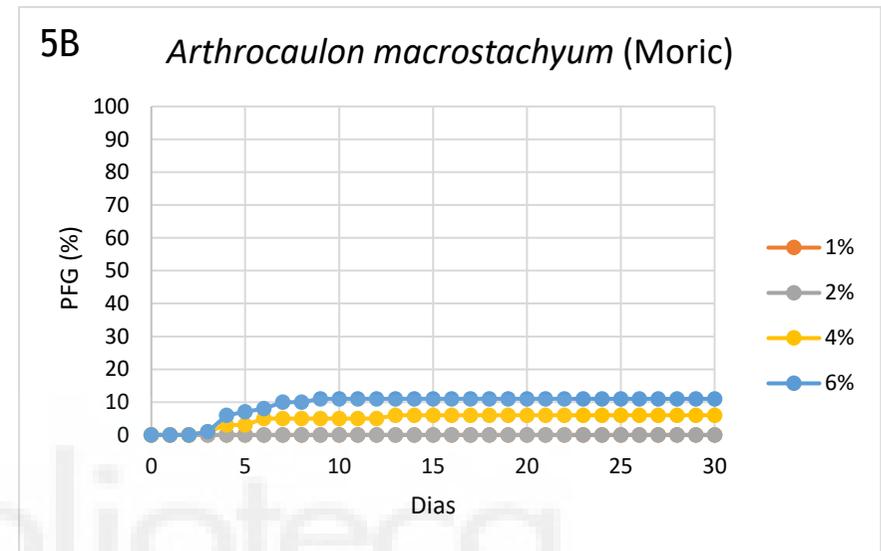
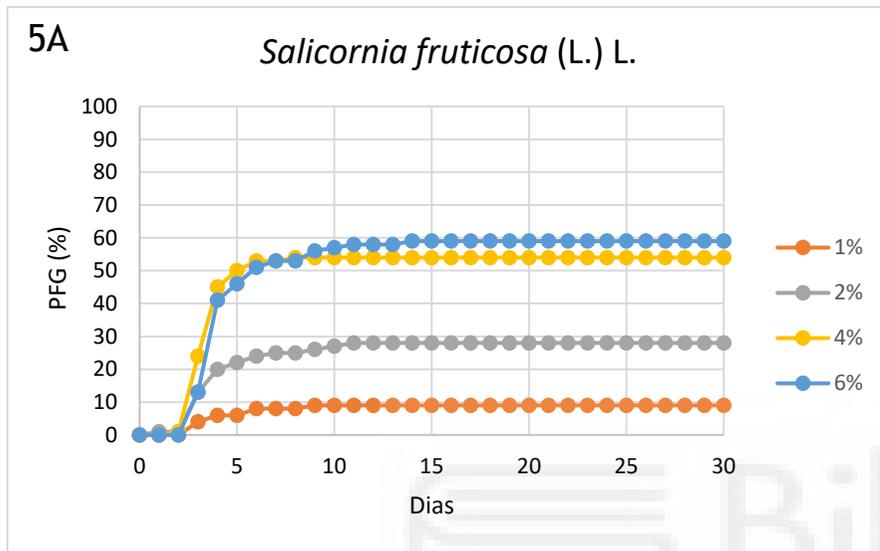
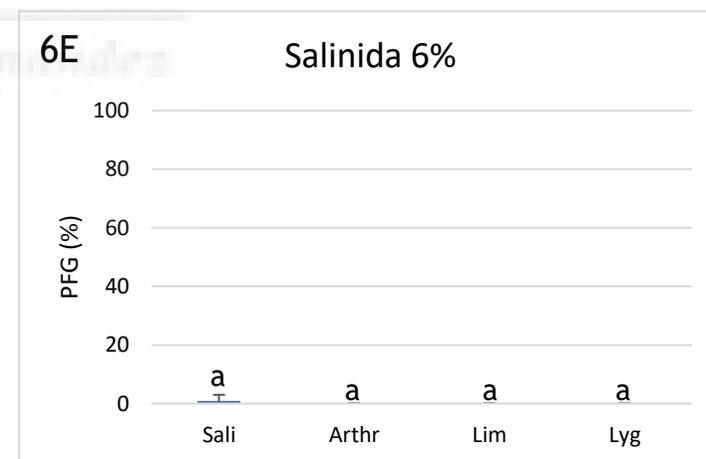
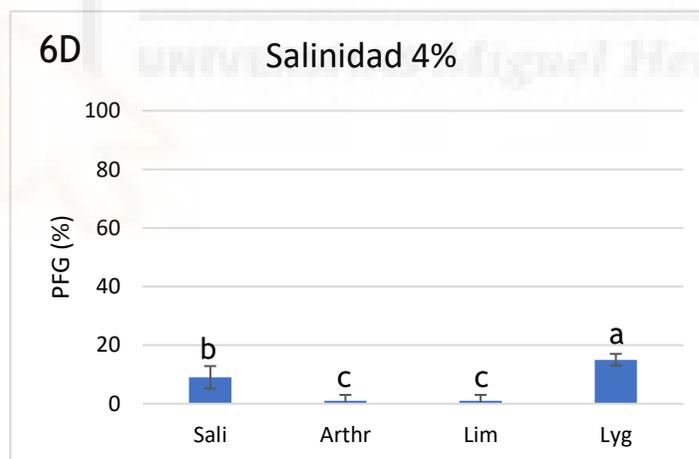
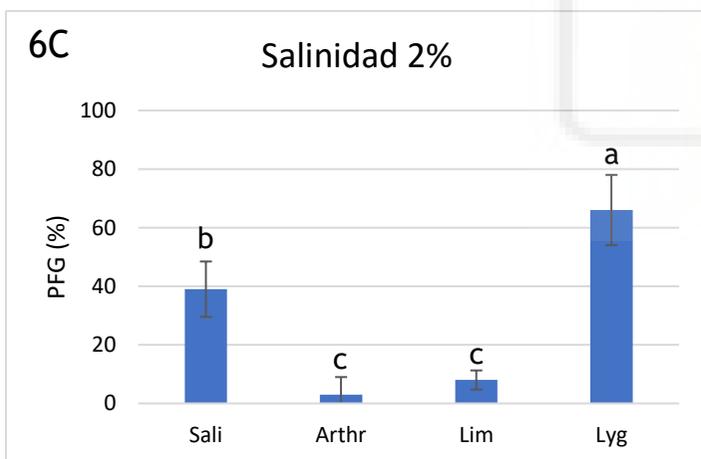
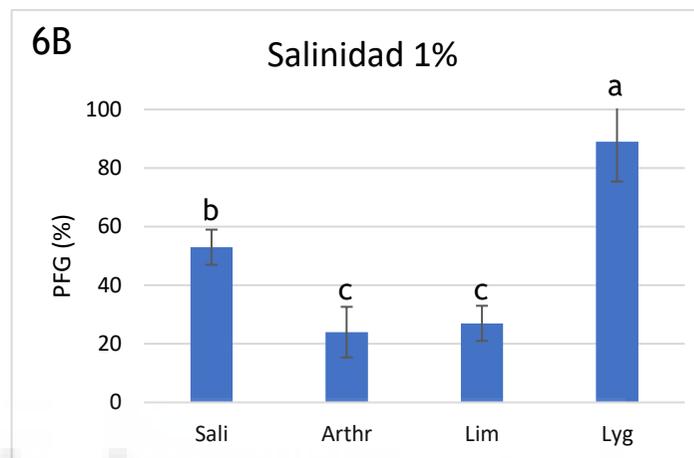
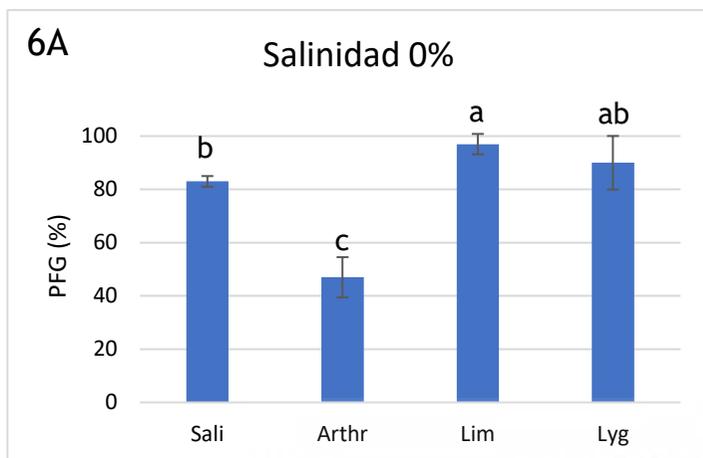


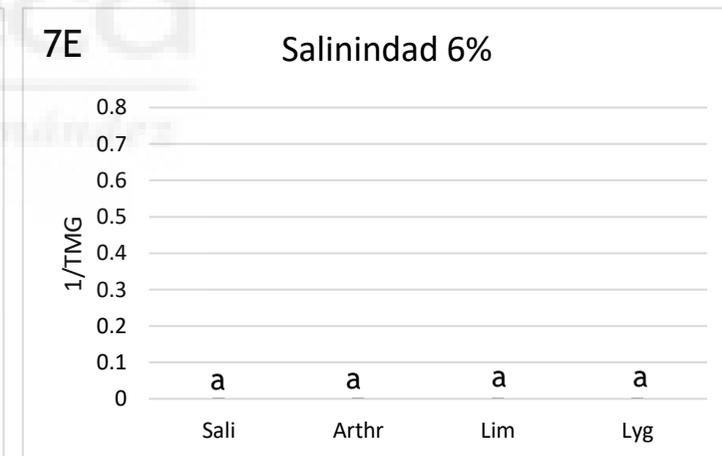
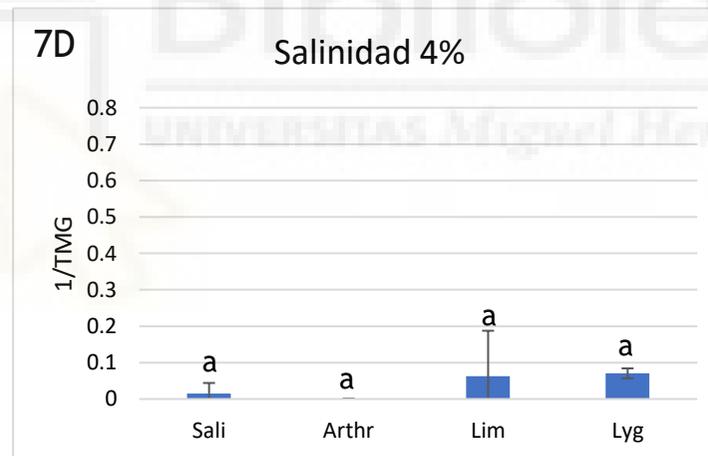
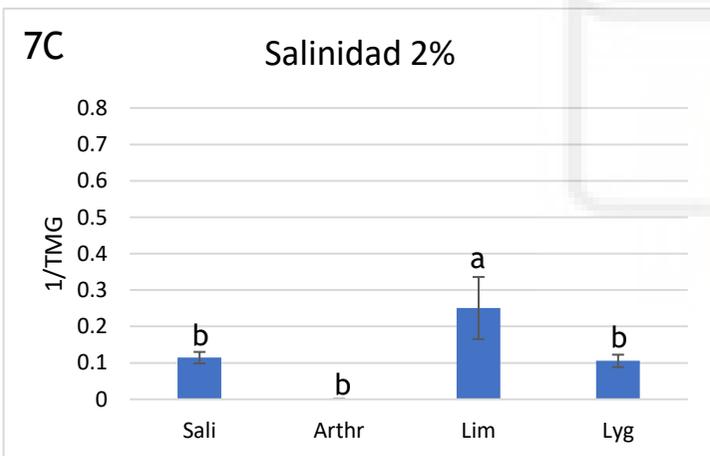
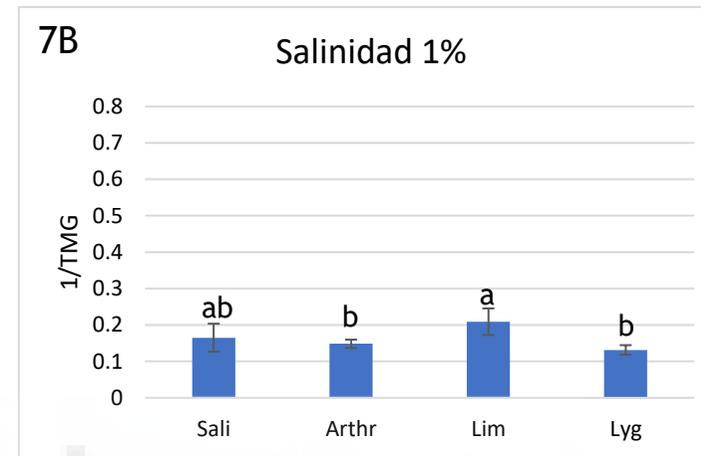
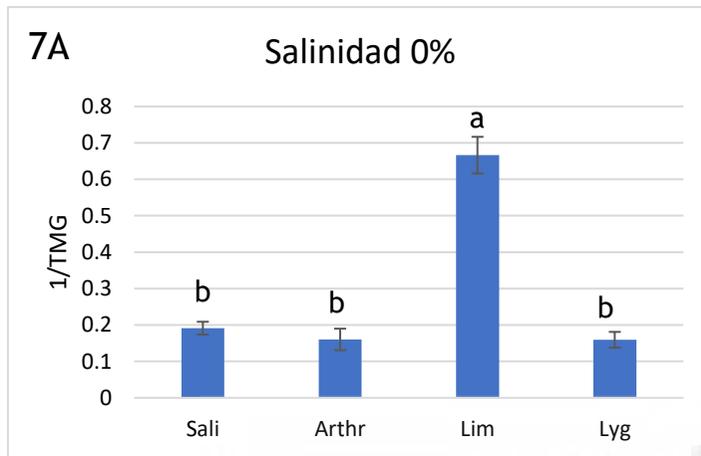
Figura 4. Porcentaje final de germinación (PFG) de las especies halófitas estudiadas en un periodo de 30 días en los diferentes tratamientos de salinidad estudiados.



**Figura 5.** Porcentaje final de germinación (PFG) en el periodo de recuperación de 30 días de las especies halófitas estudiadas en los diferentes tratamientos de salinidad estudiados.



**Figura 6.** Tasa de germinación final de las especies objeto de estudio. Abreviaturas: PFG, Porcentaje Final de Germinación; Sali, *Salicornia fruticosa* (L.) L.; Arthr, *Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G.Kadereit; Lim, *Limonium cossonianum* Kuntze; Lyg, *Lygeum spartum* L..



**Figura 7.** Tasa de velocidad de germinación de las especies objeto de estudio. Abreviaturas: TMG, Tiempo Medio de Germinación; Sali, *Salicornia fruticosa* (L.) L.; Arthr, *Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G.Kadereit; Lim, *Limonium cossonianum* Kuntze; Lyg, *Lygeum spartum* L..

En cuanto al TMG, al 0%, 1% 2% de NaCl *L. cossonianum* tuvo valores significativamente más elevados que el resto de especies ( $P \leq 0,05$ ) (Figura 7A, 7B y 7C). Para los tratamientos al 0% y 2% de salinidad, *S. fruticosa*, *A. macrostachyum* y *L. spartum* presentaron valores similares de TMG sin diferencias significativas (Figura 7A y 7C); mientras que para el tratamiento al 1% de NaCl se obtuvieron los mismos resultados, pero incluyendo a *S. fruticosa* y *L. cossonianum*, que presentaron valores similares (Figura 7B). Respecto al tratamiento al 4% y 6% de NaCl, las cuatro especies estudiadas presentaron valores similares de TMG sin diferencias significativas (Figura 7D y 7E). Finalmente, *L. spartum* tuvo valores significativamente más elevados que el resto de especies en el tratamiento de 4% de salinidad ( $P \leq 0,05$ ) (Figura 7D); mientras que en el tratamiento al 6% de NaCl no se obtuvo ningún resultado (Figura 7E).

**Tabla 1.** Resultados de análisis de la varianza de dos factores (ANOVA) para las variables respuesta porcentaje final de germinación (PFG) y tiempo medio de germinación (1/TMG) los diferentes tratamientos de salinidad. Abreviaturas: g.l., grados de libertad; PFG, Porcentaje Final de Germinación; TMG, Tiempo Medio de Germinación.

Predictores	PFG			1/TMG		
	g.l.	F	P	g.l.	F	P
Especie	3	120,56	<0,001	3	54,93	<0,001
Tratamiento	4	406,03	<0,001	4	116,46	<0,001
Especies x Tratamiento	12	26,23	<0,001	12	24,10	<0,001

El PFG y TMG en los tratamientos de salinidad estuvo influenciado significativamente por el tipo de especie, el % de salinidad y la interacción entre ambos predictores (Tabla 1). Las diferentes especies mostraron marcadas diferencias en la germinación en los tratamientos de salinidad (Figura 6). Los resultados del ANOVA mostraron que estas diferencias por taxones y tratamientos de salinidad para las tres variables de germinación fueron significativas ( $P < 0,001$ ), así como la interacción entre estos dos factores ( $P < 0,001$ ; Tabla 1).

#### 4.3. Diferencias de germinación entre especies tras la recuperación.

Tras comparar el PFG, se observaron diferencias significativas entre *L. cossonianum*, *L. spartum* y las especies suculentas estudiadas (i.e., *S. fruticosa* y *A. macrostachyum*) en los tratamientos de salinidad del 1%, 2% y 4% tras la recuperación ( $P \leq 0,05$ ), mostrando *L. cossonianum* los valores de PFG más elevados y *A. macrostachyum*, y *L. spartum*, valores similares (Figura 8A, 8B y 8C). Por otro lado, para el tratamiento al 6% de NaCl tras la

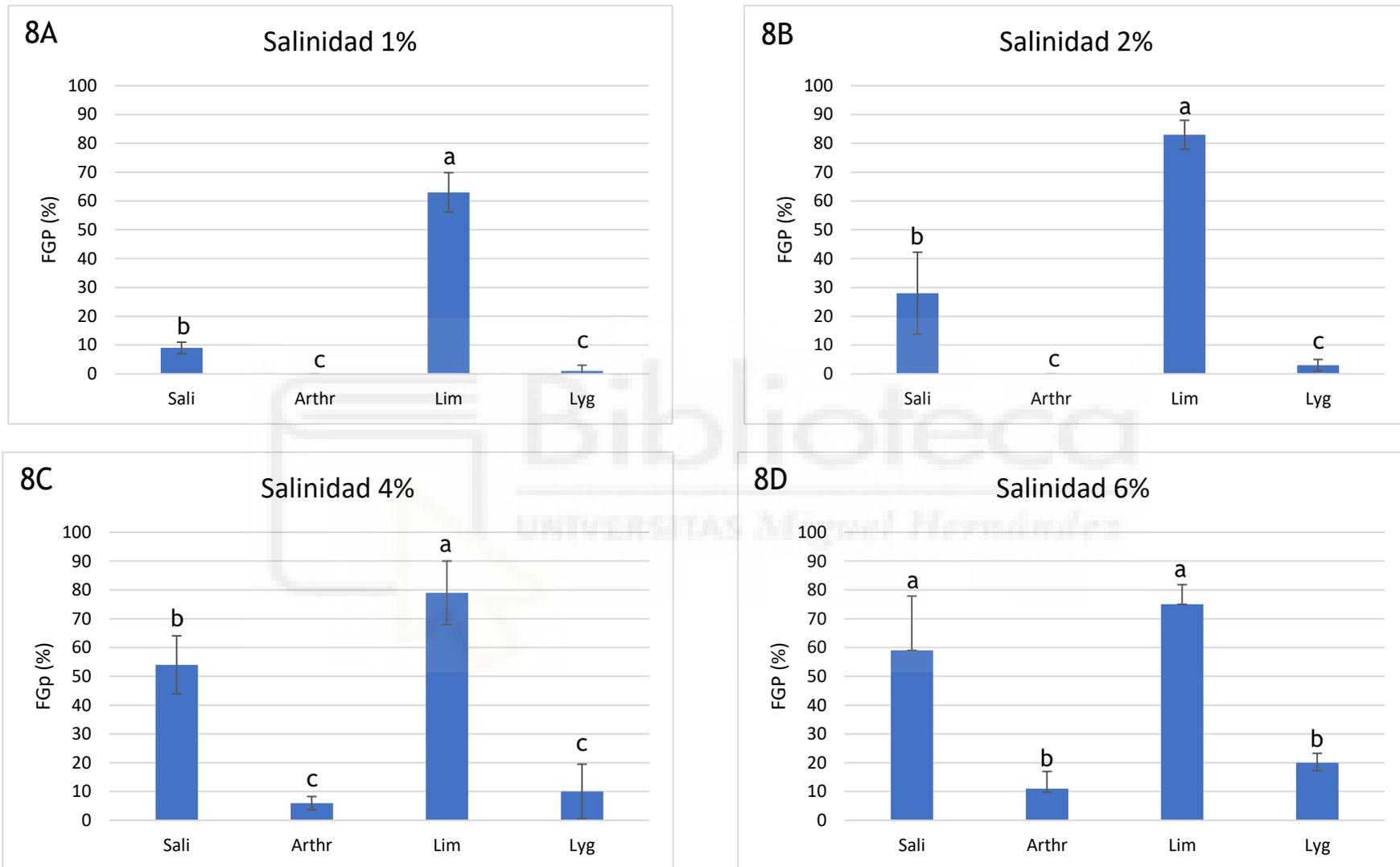
recuperación se contemplaron diferencias significativas entre *L. cossonianum*, *A. macrostachyum* y *L. spartum* ( $P \leq 0,05$ ), mostrando *L. cossonianum* los valores de PFG más elevados y *A. macrostachyum*, y *L. spartum*, valores de PFG similares (Figura 8D).

En cuanto al TMG, *L. cossonianum* tuvo valores significativamente más elevados que el resto de especies en los cuatro tratamientos de recuperación estudiados ( $P \leq 0,05$ ) (Figura 9). Respecto al tratamiento del 1% y 2% de salinidad tras la recuperación, *A. macrostachyum* y *L. spartum* presentaron valores similares de TMG sin diferencias significativas (Figura 9A y 9B). Por otro lado, *S. fruticosa*, *A. macrostachyum* y *L. spartum* presentaron valores similares de TMG sin diferencias significativas en el tratamiento del 4% de salinidad tras la recuperación (Figura 9C). Por último, las cuatro especies estudiadas presentaron valores similares de TMG sin diferencias significativas en el tratamiento del 6% de salinidad tras la recuperación (Figura 9D).

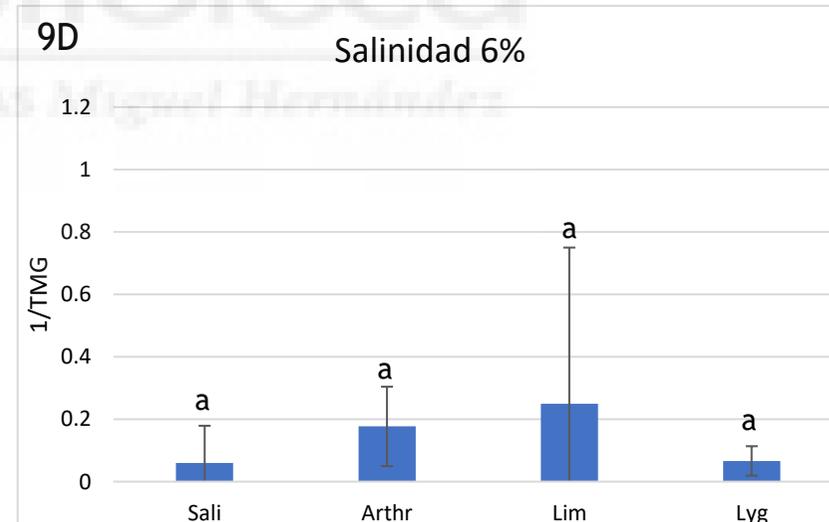
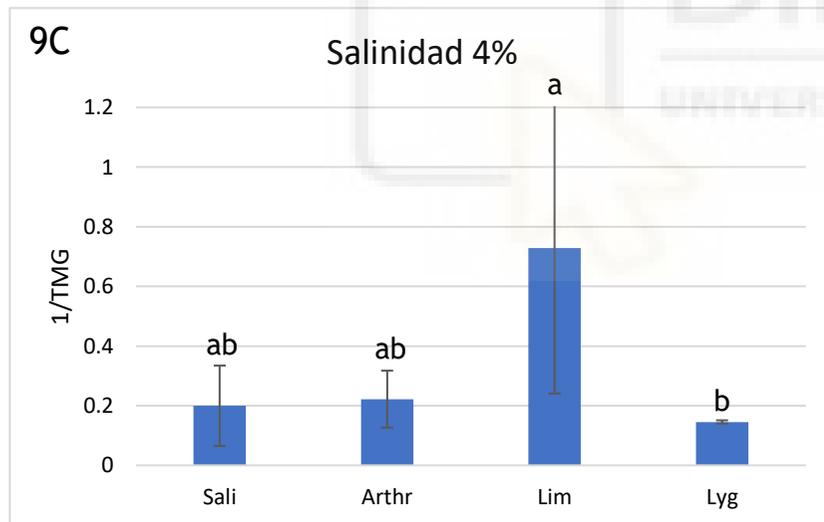
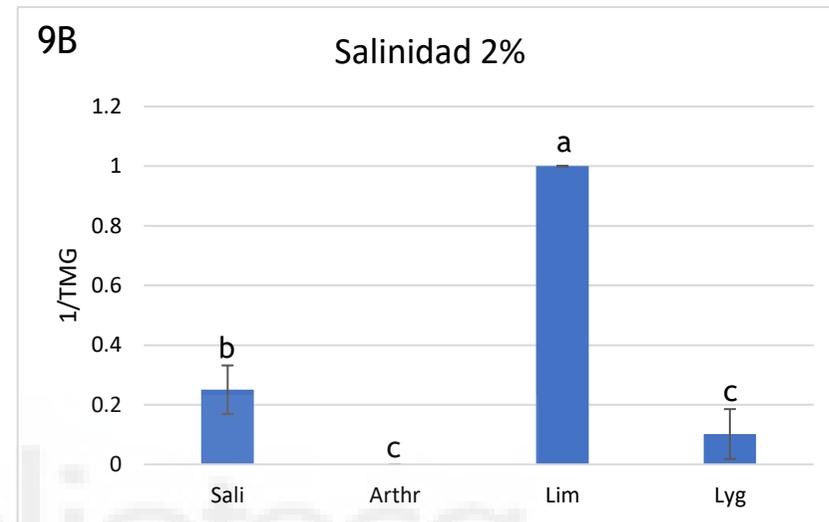
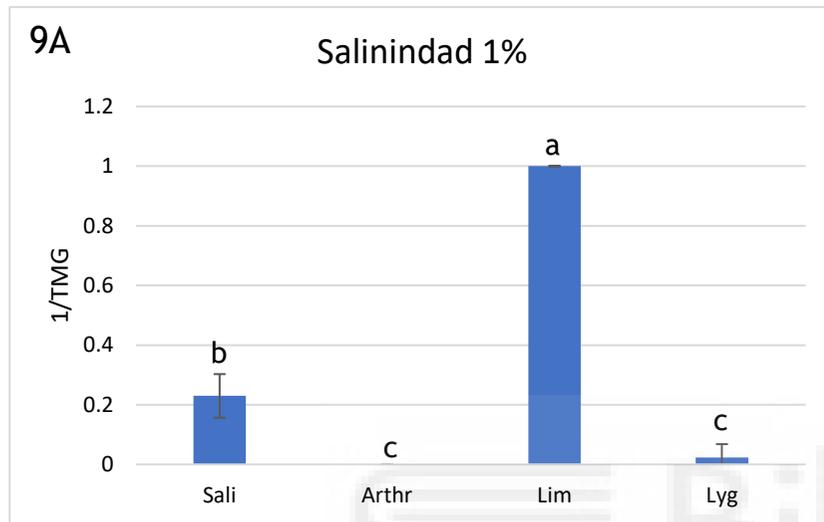
**Tabla 2.** Resultados de análisis de la varianza de dos factores (ANOVA) para las variables respuesta porcentaje final de germinación (PFG) y tiempo medio de germinación (TMG) los diferentes tratamientos tras la recuperación. Abreviaturas: g.l., grados de libertad; Porcentaje Final de Germinación; TMG, Tiempo Medio de Germinación.

Predictores	PFG			1/TMG		
	g.l.	F	P	g.l.	F	P
Especie	3	258,89	<0,001	3	44,39	<0,001
Tratamiento	3	25,29	<0,001	3	3,98	<0,001
Especie x Tratamiento	9	6,18	<0,001	9	4,26	<0,001

El PFG y TMG en los tratamientos de salinidad estuvo influenciado significativamente por el tipo de especie, el % de salinidad y la interacción entre ambos predictores (Tabla 2). Las diferentes especies mostraron resultados similares en la germinación en los tratamientos de salinidad (Figura 8). Los resultados del ANOVA mostraron que estos resultados por taxones y tratamientos de salinidad para las tres variables de germinación fueron significativas ( $P < 0,001$ ), así como la interacción entre estos dos factores ( $P < 0,001$ ; Tabla 2).



**Figura 8.** Tasa de germinación final de las especies objeto de estudio. Abreviaturas: PFG, Porcentaje Final de Germinación; Sali, *Salicornia fruticosa* (L.) L.; Arthr, *Arthrocaulon macrostachyum* (Morice.) Piirainen & G.Kadereit; Lim, *Limonium cossonianum* Kuntze; Lyg, *Lygeum spartum* L..



**Figura 9.** Tasa de velocidad de germinación de las especies objeto de estudio. Abreviaturas: TMG, Tiempo Medio de Germinación ; Sali, *Salicornia fruticosa* (L.) L.; Arthr, *Arthrocaulon macrostachyum* (Morici.) Piirainen & G.Kadereit; Lim, *Limonium cossonianum* Kuntze; Lyg, *Lygeum spartum* L..

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Efectos de la salinidad.

Los resultados de germinación obtenidos indican que el grado de salinidad afecta al éxito germinativo y al tiempo de germinación de las especies halófitas de forma diferente. Los datos aportados en esta memoria TFG coincidieron con otros estudios (González-Alcaraz *et al.* 2014; Koull y Chehma 2016; Monllor 2012; Flowers y Colmer 2008; Moreno *et al.* 2018), señalando que la salinidad es un factor determinante en la distribución de los hábitats salinos. Altas concentraciones de salinidad tienen efectos negativos sobre las plantas porque pueden inhibir su crecimiento (Parihar *et al.* 2015), esto implica el efecto osmótico, exceso de iones, reducción del potencial hídrico, alteraciones en la homeostasis y toxicidad de los iones (Greenway y Munns 1980). En cambio, las plantas halófitas presentan una serie de rasgos morfológicos y fisiológicos que les permiten adaptarse a los ambientes que tienen una alta concentración de sal (Flowers y Colmer 2008).

Según el tipo de especie halófitas podrá soportar en mayor o menor medida las diferentes concentraciones de sal. El PFG de las semillas de las especies objeto de estudio disminuyen a medida que aumenta la salinidad. Este patrón está en consonancia con la tendencia general de las halófitas, como señalan Ungar (1978), Woodell (1985) y Baskin y Baskin (1998). Ungar (1978) realizó un estudio de semillas halófitas, examinando cómo la salinidad afecta a la germinación y al crecimiento de las plantas, analizando además los mecanismos de tolerancia al estrés salino que han evolucionado en las semillas halófitas. Woodell (1985) estudió cómo la salinidad del suelo influye en la germinación de semillas de plantas costeras, destacando que muchas especies de plantas costeras han desarrollado adaptaciones para sobrevivir en ambientes salinos, y la germinación de sus semillas también se ven afectadas por sus características del suelo. Baskin y Baskin (1998) abordaron la importancia de la latencia y la germinación de las semillas, y cómo estas características pueden variar entre especies y regiones geográficas. Estos tres artículos tienen en común que abordan otros factores ambientales además de los mencionados como pueden ser la humedad, la temperatura, la disponibilidad de agua, entre otros. Asimismo, los autores están de acuerdo en que conforme la salinidad vaya aumentando o los factores ambientales vayan siendo más extremos habrá una disminución en el PFG y las semillas se pondrán en el periodo de letargo para cuando esas condiciones mejoren puedan germinar sin problemas.

Conforme a los resultados del periodo de salinidad, y del mismo modo que Ortiz *et al.* (1995), la halófitas suculenta perenne (i.e., *Salicornia fruticosa*) se adaptaría mejor a altas salinidades. Este artículo, describió la relación suelo-planta en dos saladares costeros del sureste de España y se establecieron siete bandas y dos subbandas en 130 m. En esas

bandas estaban presentes las especies *Arthrocaulon macrostachyum*, *Salicornia fruticosa* y *Limonium cossonianum*. Las especies suculentas se encontraron en las áreas de mayor salinidad, destacando el alto contenido en  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  y  $Cl^-$  de los horizontes superficiales. Además, las bandas de conductividad eléctrica fueron mayores para *A. macrostachyum* y menores para *S. fruticosa*. Para *L. cossonianum* las bandas ocupaban la misma posición ecológica que las especies suculentas y las franjas dominadas por especies del género *Limonium* fueron las terceras en cuanto a conductividad eléctrica. Otros resultados que concuerdan con los de Ortiz *et al.* (1995) son los de Nisar *et al.* (2019), que estudió las respuestas de germinación y recuperación de semillas de dos especies de *Arthrocnemum* coexistentes a la salinidad, la temperatura y la luz. Las semillas se expusieron a diferentes niveles de salinidad (0, 200, 400, 600, 800 y 1000 mM NaCl) con 4 repeticiones de 25 semillas por tratamiento durante 20 días. Las dos especies de *Arthrocnemum* germinaron al máximo en agua destilada y de acuerdo con el aumento de la salinidad la germinación iba disminuyendo. Pero a pesar de esta disminución las dos especies consiguieron adaptarse a una salinidad elevada, germinando hasta 600 mM de NaCl. Las semillas sin germinar de *A. macrostachyum* de diferentes tratamientos con NaCl mostraron una alta recuperación de la germinación cuando se transfirieron a agua destilada independientemente de la forma y el termoperiodo de la semilla.

Como se ha mencionado anteriormente, *S. fruticosa* se adaptó bien a la alta salinidad como según dice Ortiz *et al.* (1995). Al 0% de NaCl hubo muchas germinaciones, siendo el PFG más alto de todos. Además, se consiguieron germinaciones hasta el 4% de salinidad, habiendo muchas en el tratamiento de 1% y 2% de NaCl. Por otro lado, al contrario de lo que dice Nisar *et al.* (2019) y Ortiz *et al.* (1995), *A. macrostachyum* no se ajustaría a ambientes con alta salinidad, pese a ser una halófita succulenta. De igual manera, al 0% es donde el PFG fue más alto, pero en el resto de los porcentajes no se obtuvieron germinaciones a excepción del 1% que hubo un gran número y al 2% que solo fueron 3. Por lo tanto, las dos especies presentaron patrones de germinación diferentes, *A. macrostachyum* manifiesta altos niveles de germinación para salinidades bajas y muy pocas o ninguna germinación para salinidades medias o altas. Por su parte, *S. fruticosa* contempla altos niveles de germinación en un rango más amplio de salinidades, incluso en alta salinidad.

Destacando a las especies no suculentas (i.e., *Limonium cossonianum* y *Lygeum spartum*) se observa que también presentan patrones de germinación diferentes. *L. cossonianum* se adapta bien a un gradiente de salinidad bajo y medio, mostrando una posición intermedia como lo expone Baumberger *et al.* (2012) y Zia *et al.* (2004) cuyos resultados fueron similares. Baumberger *et al.* (2012) investigó las condiciones ecológicas favorables al desarrollo de *Limonium girardianum* en once marismas salinas francesas, donde

se mostró que *L. girardianum* en el sur de Francia se encontró principalmente en una posición intermedia a lo largo del gradiente salino. Por otro lado, Zia *et al.* (2004) estudió el efecto de la luz, la salinidad y la temperatura en la germinación de semillas de *Limonium stocksii*, distribuyendo las semillas en placas Petri para analizar los diferentes tratamientos mencionados; destacando que en agua destilada se encontró un PFG muy alto, en las salinidades intermedias disminuyó mucho y en las salinidades altas no aparecieron casi germinaciones, habiendo un buen periodo de recuperación con un PFG muy alto. De acuerdo con los resultados obtenidos, *L. cossonianum* tuvo un PFG muy alto al 0% de NaCl, disminuyendo mucho al 1% y al 2% habiendo muy pocas germinaciones; al 4% y 6% no se observaron germinaciones.

Por su parte, *Lygeum spartum* se adapta bien a un medio salino bajo, medio y alto, siendo la especie que más germinaciones tuvo al 1%, 2% y 4% de NaCl; donde Nedjimi (2013) nos expone resultados parecidos en su estudio de efecto de la salinidad y la temperatura en la germinación de *L. spartum*; de igual manera que otros estudios, se utilizaron placas Petri para poner las semillas y fueron cuatro concentraciones de NaCl (0, 50, 100 y 150 mM) para analizar. Comentando que los mayores porcentajes de germinación fueron en condiciones no salinas, pero las semillas pudieron germinar a altas concentraciones de sal (NaCl 150 mM); en el periodo de recuperación hubo un PFG alto tras estar en agua destilada.

## 5.2. Recuperación de semillas

En cuanto al periodo de recuperación, todas las semillas sin germinar de *S. fruticosa* y *L. cossonianum* de los diferentes tratamientos con NaCl (hasta el 6% de NaCl) mostraron una alta recuperación de la germinación cuando se transfirieron a agua destilada como sucedió con Giménez *et al.* (2013) y Ortiz *et al.* (1995). En Giménez *et al.* (2013) estudió el efecto de la salinidad y temperatura en la germinación de semillas en *Limonium cossonianum*; dichas semillas se pusieron en placas Petri a diferentes concentraciones de salinidad (agua destilada, 100, 200 y 400 mmol/L NaCl); donde se llegó a la conclusión que el porcentaje de germinación de *L. cossonianum* disminuye a medida que aumenta la salinidad, por lo que, la máxima germinación de semillas en *L. cossonianum* se registró en los medios salinos más bajos (100 mmol/L NaCl) y agua destilada (0 mmol/L NaCl); en el periodo de recuperación hubo una alta tasa de germinación en todos los tratamientos de salinidad que no germinaron en el primer periodo.

Para explicar los resultados de *S. fruticosa* y *L. cossonianum*, se podría concluir que germinan exitosamente en condiciones no salinas, pero sus porcentajes de germinación disminuyen a partir del 1% de salinidad. No obstante, estas especies parecen ser resistentes

al choque salino y pueden recuperar casi por completo su potencial germinativo tras la exposición a altas salinidades (hasta un 6%), debido a un aumento de la latencia y cierta mortalidad, como le sucedió a Moreno *et al.* (2022) quién estudió los patrones de germinación a lo largo de un gradiente de salinidad de halófitas estrechamente relacionadas en simpatria. Dicho estudio identificó dos síndromes de germinación diferentes basados en los porcentajes de germinación en respuesta al rango de salinidad, y teniendo en cuenta también el porcentaje de recuperación después de la exposición a la salinidad. El síndrome 1 germinaron exitosamente en condiciones no salinas, pero sus porcentajes de germinación disminuyen a partir del 1% de salinidad. Y el síndrome 2 fueron capaces de germinar en un rango de salinidad más amplio, pero su recuperación germinativa no se completó tras un choque salino.

En cambio, para *A. macrostachyum* y *L. spartum* no tuvieron una germinación alta como se esperaba, al contrario que en Nisar *et al.* (2019) y Nedjimi (2013) en los que en el periodo de recuperación hubo un PFG muy alto en todos los tratamientos no germinados anteriormente. Este peculiar patrón de germinación podría haber sido provocado por una ligera escarificación de las semillas cuando se transfirieron a la placa Petri, igual que a Moreno *et al.* (2022). Además, podría indicar que las semillas necesitarían un mayor período de absorción de agua para germinar, lo que podría estar relacionado con la existencia de una latencia fisiológica no profunda (Baskin y Baskin 2004).

## 6. CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA

### 6.1. Conclusiones

La distribución de las especies dentro de un saladar es el resultado de la combinación de múltiples factores. La germinación, es la primera barrera que una planta debe superar para poder instalarse en un ecosistema complejo. La fase de la germinación será más importante cuanto más restrictivas sean las condiciones medioambientales (Monllor 2012).

En relación a la respuesta germinativa en el periodo de salinidad de las especies objeto de estudio sometidas a diferentes tratamientos de salinidad (i.e., 0%, 1%, 2%, 4% y 6%) se ha observado que la germinación disminuye conforme aumenta el grado de salinidad. No hay diferencias significativas en todos los tratamientos, a excepción del 0% que tiene germinaciones muy altas en todas las especies menos en *Arthrocaulon macrostachyum* y el 6% que no tiene ninguna germinación. Con respecto a la adaptación de salinidad de cada especie, las halófitas *S. fruticosa* y *Lygeum spartum* se adaptarían a salinidades intermedias (i.e, 2% de NaCl) y además a salinidades altas (i.e., 4% de NaCl), teniendo un rango más

amplio de salinidades. En cambio, las halófitas *A. macrostachyum* y *Limonium cossonianum* se adaptarían a salinidades más bajas (i.e, 0% y 1% de NaCl), siendo *A. macrostachyum* la única de las dos que se adaptase mejor a salinidades intermedias (i.e, 2% de NaCl), pero no tan bien como *S. fruticosa* y *L. spartum*, por lo que tienen un rango más reducido de salinidades. En cuanto a la velocidad de germinación, la tasa también sufre un descenso conforme aumenta la salinidad. No hay diferencias significativas entre el 0%, 1% y 2%, esto es porque la tasa de velocidad coincide en los tres tratamientos para las cuatro especies; tampoco hay entre el 4% y 6%, esto es porque la tasa de velocidad es muy baja en todas las especies de los dos tratamientos.

En el periodo de recuperación, se observa un aumento en la germinación en aquellas semillas que han estado sometidas a un estrés hipersalino elevado. No hay diferencias significativas en todos los tratamientos, a excepción del 6% porque el porcentaje de germinación aumenta en todas las especies (menos en *L. cossonianum* que se mantiene igual al resto de tratamientos). Por otro lado, en la velocidad de germinación hay diferencias significativas en todos los tratamientos, menos entre el 1% y 2%, porque la tasa de velocidad es pareja en los dos tratamientos.

Los resultados de germinación obtenidos apoyan que los procesos de ensamblaje determinarían la estructura vegetal de los saladares, y los filtros ambientales conforman los conjuntos de especies locales, lo que definiría las reglas de ensamblaje para esta clase de ambientes. El patrón de ensamblaje observado de estas especies se debe a la competencia entre las semillas por un recurso limitado como es el agua. Las semillas de las halófitas tienen una preferencia por germinar en agua dulce, ya que esta proporciona un ambiente óptimo para su desarrollo inicial. Por ello, las especies que se encuentren en zonas de alta salinidad tendrán que esperar a que las lluvias laven los suelos para que se disminuya la concentración de sal, permitiendo contar con condiciones más favorables para la germinación de sus semillas. Así que, los datos obtenidos permiten conocer mejor el ensamblaje de la comunidad en los saladares, complementando los estudios previos. Cabe destacar que la información obtenida podrá ser aplicada a la conservación y restauración de los ecosistemas salinos.

## 6.2. Proyección futura

La proyección futura en el estudio de la germinación de halófitos representa una oportunidad para seguir ampliando el conocimiento y la información en este campo de investigación. Las observaciones recabadas en el estudio revelaron información importante

sobre los mecanismos de ensamblaje y las adaptaciones específicas de las especies halófitas durante la etapa de germinación.

Uno de los aspectos en los que se podría enfocar los estudios futuros es en las costras biológicas (CBS), que son una comunidad integrada por cianobacterias, algas verdes, líquenes, briófitos y otros organismos que viven asociados en los primeros centímetros de la superficie del suelo y son comunes en una gran variedad de ecosistemas, incluidos los ecosistemas áridos y semiáridos (Belnap 2003). Como se mencionó anteriormente, las plantas halófitas se encuentran en ambientes salinos (Flowers y Colmer 2008). Estos hábitats se hallan en zonas áridas o semiáridas, las cuales ocupan alrededor del 40% de los ecosistemas terrestres y son afectadas por procesos de degradación, que causan la pérdida de su funcionalidad, sus servicios y el deterioro socioecológico de todo el sistema (Maestre *et al.* 2008), por lo que es importante estudiar como las especies pueden llegar a sobrevivir en ambientes tan extremos. Aquí es donde entran las costras biológicas, que tienen importantes funciones ecológicas y su presencia suele implicar cambios edáficos significativos, tanto físicos como químicos que afectan a la germinación, el establecimiento y el desarrollo de las plantas vasculares (Belnap *et al.* 2001). Además, otorgan estabilidad al suelo superficial y lo protege de la erosión hídrica y eólica en zonas áridas y semiáridas (Belnap y Gardner 1993).

Por ejemplo, para ver la importancia ecológica que pueden provocar la CBS, Zeberio y Peter (2021) realizaron un experimento, en el que se evaluó el efecto que la CBS tiene sobre la emergencia y el establecimiento de *Pappophorum caespitosum* R.E.Fr. y *Nassella longiglumis* (Phil.). Consistió en colocar semillas en contenedores plásticos, 10 semillas de la especie correspondiente, con seis tratamientos: costra biológica del suelo (CBS) y suelo desnudo (SD) al 75%, 50% y 25% de su capacidad de campo, respectivamente. En términos generales, los resultados obtenidos en este trabajo permitieron observar que las diferencias en emergencia y establecimiento de las gramíneas estudiadas fueron afectadas por el nivel de estrés hídrico al que se sometieron y no por la competencia asociada a la presencia o ausencia de CBS. Sin embargo, las dos especies tuvieron comportamientos diferentes. *P. caespitosum* tiene un gran potencial para ser usada en suelos sin cobertura de CBS, como inicio de la sucesión vegetal. Esto es porque al ser una especie C4, hace un uso más eficiente del agua y es más tolerante a las altas temperaturas, siendo factible de ser utilizada en ensayos de restauración en áreas con amplia variabilidad estacional de las precipitaciones y con un régimen de temperatura más cálido. Por otro lado, *N. longiglumis*, al ser una especie de planta C3, presentó una mayor sensibilidad a la falta de humedad del suelo y a la demanda atmosférica causada por las condiciones ambientales en las cuales se desarrolló el ensayo. Los porcentajes de emergencia y establecimiento bajo condiciones de déficit hídrico severo

presentaron un mejor desempeño en presencia de CBS que bajo condiciones de suelo desnudo, evidenciando un efecto positivo de la CBS sobre la emergencia y el establecimiento.

Otro ejemplo, fue el estudio de Pando-Moreno *et al.* (2014), en el cual se investigó si la germinación de algunas especies de plantas del noreste de México sería inhibida por la presencia de costras biológicas del suelo, y se evaluó el efecto de cinco líquenes que son componentes de las costras biológicas del suelo dominantes en el área. Las pruebas de germinación se realizaron en una cámara ambiental a 26 °C, humedad constante del 60%, 12:12 horas luz:oscuridad. Las costras biológicas no afectaron al porcentaje de germinación de las tres especies de plantas evaluadas comparado con el suelo desnudo. La rapidez de germinación estuvo entre 3,5 y 5 días, sin diferencias entre los sustratos.

Hay más investigaciones sobre la CBS, estos son solo algunos de los ejemplos para explicar que existen métodos para mejorar las condiciones ambientales de las especies halófitas que tienen que sobrevivir en hábitats extremos. Con mi estudio se podrá mejorar y ampliar todavía más el entendimiento sobre la germinación de estas especies peculiares.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

AEMET. M° de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Spain

Almenar-Muñoz, M. (2016). El reciente avance en la protección de las zonas húmedas en la Comunidad Valenciana. *Actualidad Jurídica Ambiental* (63): 1-10.

Alonso, M.A. (2000). Estudio geobotánico de los saladares del sureste peninsular (Albacete-Alicante-Almería y Murcia). Tesis doctoral. Universidad de Alicante, España.

Álvarez-Rogel, J. (1997). Relaciones suelo-planta en saladares del sureste de España. Tesis doctoral. Universidad de Murcia, España.

Arias, J., Gómez, J., Martínez, E. (2016). La interpretación del paisaje de los humedales como recurso didáctico para la Geografía.

Baskin, J.M., Baskin, C.C. (1998). Semillas: ecología, biogeografía y evolución de la latencia y la germinación. Prensa Académica, San Diego, California, EE. UU.

Baskin, J.M., Baskin, C.C., (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Sci Res* 14(1): 1-16.

- Baumberger, T., Affre, L., Croze, T. y Mesléard, F. (2012). Habitat requirements and population structure of the rare endangered *Limonium girardianum* in Mediterranean salt marshes. *Flora* 207: 283-293.
- Beato Bergua, S., Poblete Piedrabuena, M.A. y Marino Alfonso, J.L. (2017). El Saladar de Bristol: patrimonio vegetal, estado de conservación y propuesta de restauración (Corralejo, Fuerteventura, Islas Canarias). *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles* (73).
- Belnap, J. y Gardner, J.S. (1993). Soil microstructure in soils of the Colorado Plateau: the role of the cyanobacterium *Microcoleus vaginatus*. *Great Basin Nat* 53(1): 40-47.
- Belnap, J., (2003). Biological soil crusts in deserts: a short review of their role in soil fertility, stabilization, and water relations. *Algological Studies* 109(1): 113-126.
- Belnap, J., Prasse, R. y Harper, K.T. (2001). Influence of biological soil crusts on soil environments and vascular plants. En: Belnap J. y Lange O.L. (Eds.). *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*. Pp. 281-299. Berlin: Springer-Verlag.
- Bertness, M.D. y Ellison, A.M. (1987). Determinants of pattern in a New England salt marsh plant community. *Ecol Monogr* 52(2):129-147.
- Blanco, D.E. (1999). Los humedales como hábitat de aves acuáticas. *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica* 2: 219-228.
- Castroviejo, S. (1986-2021). *Flora iberica* 1-21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Cavender-Bares, J., Kozak, K.H., Fine, P.V.A. y Kembel, S.W. (2009). The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecol Lett* 12: 693-715.
- Chapman, V.J. (1974). *Salt marshes and salt desert of the world*. 2nd edition. Lehre, Stuttgart.
- Chesson, P. (2000). Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 31: 343-366.
- Cornell, H.V. y Lawton, J.H. (1992). Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *J Anim Ecol* 61: 1-12.
- Craine, J.M., Wolkovich, E.M., Gene Towne, E. y Kembel, S.W. (2012). Flowering phenology as a functional trait in a tallgrass prairie. *New Phytol* 193(3): 673-682.

Crespo, M.B. y Lledó, M.D. (1998). *El género Limonium Mill. (Plumbaginaceae) en la Comunidad Valenciana: taxonomía y conservación*. Colección Biodiversidad 3. Generalitat Valenciana, Conselleria de Medio Ambiente, Valencia.

Deckers, J.A., Nachtergaele, F.O. y Spaargaren, O.C. (eds) (1998). *World reference base for soil resources*. Introduction. ISSS/ISRIC/ FAO, Acco, Leuven/Amersfoort.

Diaz, S., Cabido, M. y Casanoves, F. (1998). Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. *J Veg Sci* 9: 113-122.

Emerson, B.C. y Gillespie, R.G. (2008). Phylogenetic analysis of community assembly and structure over space and time. *Trends Ecol Evol* 23: 619-630.

Engels, J.G. y Jensen, K. (2010). Role of biotic interactions and physical factors in determining the distribution of marsh species along an estuarine salinity gradient. *Oikos* 119(4): 679-685.

Engels, J.G., Rink, F. y Jensen, K. (2011). Stress tolerance and biotic interactions determine plant zonation patterns in estuarine marshes during seedling emergence and early establishment. *J Ecol* 99(1): 277-287.

Erben, M. (1993). *Limonium Mill.* En: Castroviejo S, Aedo C, Cirujano S, Laínz M, Montserrat P, Morales R, Muñoz Garmendia F, Navarro C, Paiva J, Soriano C (eds) *Flora iberica* 3. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, pp 2-142.

Erben, M. (1999). *Limonium nydeggeri* - eine neue Art aus Südwestportugal. *Sendtnera* 6: 103-107.

E-Vojtkó, A., Bell, F., Durka, W., Kühn, I. y Götzenberger, L. (2020). The neglected importance of floral traits in trait-based plant community assembly. *J Veg Sci* 31(4): 529-539.

FAO-UNESCO-ISRIC (1988). *Soil map of the world, revised legend*. World soil resources n°. FAO, Rome, p 60.

Fernández, I.C.D., Luque, E.G., Mercado, F.G. y 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.

Flowers, T.J. y Colmer, T.D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New Phytol* 179(4): 945-963.

García-Chico, M. (2018). *Documento Inicial Estratégico Programa de Paisaje Alicante Elche de la GVA*. Generalitat Valenciana.

Giménez Luque, E., Delgado Fernández, I.C. y Gómez Mercado, F. (2013). Effect of salinity and temperature on seed germination in *Limonium cossonianum*. *Botany* 91(1): 12-16.

Gómiz, F. (1995). *Limonium alicunense* (Plumbaginaceae), una nueva especie para la flora ibérica. *An Jard Bot Madr* 53: 255-257.

González-Alcaraz, M.N., Jiménez-Cárceles, F.J., Álvarez, Y. y Álvarez-Rogel, J. (2014). Gradientes de salinidad y humedad del suelo, y distribución de plantas, en una cuenca salina semiárida mediterránea: un modelo de relaciones suelo-planta para contribuir a la gestión. *Catena* 115: 150-158.

Greenway, H. y Munns, R. (1980). Mecanismos de tolerancia a la sal en no halófitas. *Annu Rev Plant Physiol* 31: 149-190.

Guareschi, S., Velasco, J., Sánchez-Fernández, D., Picazo, F., Carbonell, J.A., Bruno, D., Abellán, P. y Millán, A. (2015). Interés de conservación de los Humedales Ramsar de España peninsular a través de sus comunidades de coleópteros acuáticos. Presentación de MESEA, vol 7.

Holdaway, R.J. y Sparrow, A.D. (2006). Assembly rules operating along a primary riverbed-grassland successional sequence. *J Ecol* 94: 1092-1102.

Instituto Geográfico Nacional. (2015). Mapa topográfico de Madrid [Mapa]. 1:50.000. Madrid: Instituto Geográfico Nacional.

Jiménez-Alfaro, B., Silveira, F.A.O., Fidelis, A., Poschlod, P. y Commander, L. E. (2016). Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. *J Veg Sci* 27(3), 637-645.

Keddy, P.A. (1992). Reglas de ensamblaje y respuesta: Two goals for predictive community ecology. *J Veg Sci* 3(2): 157-164.

Kergunteuil, A., Descombes, P., Glauser, G., Pellissier, L. y Rasmann, S. (2018). Plant physical and chemical defence variation along elevation gradients: A functional trait-based approach. *Oecologia* 187(2): 561-571.

Kleyer, M. y Minden, V. (2015). Why functional ecology should consider all plant organs: An allocation-based perspective. *Basic and Appl Ecol* 16 (1): 1-9.

- Koull, N. y Chehma, A. (2016). Soil characteristics and plant distribution in saline wetlands of Oued Righ, northeastern Algeria. *J Arid Land* 8(6): 948-959.
- Kraft, N.J.B., Adler, P.B., Godoy, O., James, E.C., Fuller, S. y Levine, J.M. (2015). Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. *Funct Ecol* 29: 592-599.
- Laughlin, D. C. (2014). The intrinsic dimensionality of plant traits and its relevance to community assembly. *J Ecol* 102(1): 186-193.
- Lendínez, M.L. (2010) *Estudio fitosociológico y fitocenótico de la vegetación halófila andaluza: Bases para su gestión y conservación*. Tesis doctoral. Universidad of Jaén, España.
- Lendínez, M.L., Marchal, F. M., Gómez Milán, F. y Salazar, C. (2004). *La regresión de un ecosistema de singular valor florístico y fitocenótico: los saladares de la Hoya de Baza (Granada)*. Propuestas para su conservación. Biología de la Conservación. Reflexiones, Propuestas y Estudios desde el SE Ibérico. Almería: Instituto de Estudios Almerienses, Diputación de Almería, 207-218.
- MacKay, D.B., (1972). *La medida de la viabilidad*. En: Roberts, EH (Ed.), *Viabilidad de las semillas*. Chapman & Hall, Londres, págs. 172-208.
- Maestre, F.T., Escolar, C., Martínez, I. y Escudero, A. (2008). Are soil lichen communities structured by biotic interactions? A null model analysis. *J Veg Sci* 19(3): 261-266.
- Merlos Martínez, A., Navarro Hervás, F. y Calvo García-Tornel, F. (1996). El saladar de Altobordo: sectores, situación y problemática actual (Lorca, Murcia). *Papeles de geografía* 23-24.
- Monllor, M. (2012) *Análisis del comportamiento germinativo en especies halotolerantes*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Moreno, J., Terrones, A. y Juan, A. (2022). Germination patterns along a salinity gradient of closely-related halophytes in sympatry. *Estuar Coast Shelf Sci* 264: 107690.
- Moreno, J., Terrones, A., Juan, A., & Alonso, M.A. (2018). Halophytic plant community patterns in Mediterranean saltmarshes: shedding light on the connection between abiotic factors and the distribution of halophytes. *Plant Soil* 430: 185-204.
- Nedjimi, B. (2013). Effect of salinity and temperature on germination of *Lygeum spartum*. *Agric Res* 2: 340-345.

- Nisar, F., Gul, B., Khan, M.A. y Hameed, A. (2019). Germination and recovery responses of heteromorphic seeds of two co-occurring *Arthrocnemum* species to salinity, temperature and light. *S Afr J Bot* 121: 143-151.
- Ortiz, F.R. y Gutierrez, G.H. (2015). Valoración económica y social del paisaje del humedal Coroncoro. Universidad Cooperativa de Colombia Facultad de Contaduría Pública Villavicencio.
- Ortiz, R., Álvarez-Rogel, J. y Alcaraz, F. (1995). Soil-vegetation relationships in two coastal salt marshes in Southeastern Spain. *Arid Soil Res Rehabil* 9(4): 481-493.
- Padilla, A. (2002). Protección y conservación de la flora en la Comunidad Valenciana.
- Pando-Moreno, M., Molina, V., Jurado, E. y Flores, J. (2014). Effect of biological soil crusts on the seed germination of three plant species under laboratory conditions. *Bot Sci* 92(2): 273-279
- Paracuellos, M., Cardenete, J.R.F. y Robledano, F. (2007). Ecología y conservación de los humedales litorales y sus aves en el sudeste ibérico. *Paralelo* 37º 19: 11-44.
- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V.P. y Prasad, S M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental science and pollution research*, 22: 4056-4075.
- Pausas, J.G. y Verdu, M. (2010). The jungle of methods for evaluating phenotypic and phylogenetic structure of communities. *Bioscience* 60: 614-625.
- Pennings, S.C., Grant M. y Bertness, M.D. (2005). Plant zonation in low-latitude salt marshes: disentangling the roles of flooding, salinity and competition. *J Ecol* 93(1):159-167.
- R Core Team (2022). R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rivas-Martínez S. (2007). Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España. Memoria del mapa de vegetación potencial de España, Parte I. *Itinera Geobot* 17: 5-436.
- Rosbakh, S., Pacini, E., Nepi, M. y Poschlod, P. (2018). An unexplored side of regeneration niche: Seed quantity and quality are determined by the effect of temperature on pollen performance. *Front Plant Sci* 9: 1036.
- Rosselló, J.A., Mus, M. y Soler, J.X. (1994). *Limonium ejulabilis*, a new endangered endemic species from Majorca (Balearic Islands, Spain). *An Jard Bot Madr* 51: 199-204.

- Rosselló, R., Stübing, G., Peris, J.B. y Cirujano, S. (1997). *Limonium cordovillense* y *L. pinillense* (Plumbaginaceae), dos nuevas especies de la flora española. *An Jard Bot Madr* 55(2): 471-475.
- Sáez, L. y Rosselló, J.A. (1999). Is *Limonium cavanillesii* Erben (Plumbaginaceae) really an extant species? *An Jard Bot Madr* 57: 47-55.
- Sáez, L., Curcó, A. y Rosselló, J.A. (1998). *Limonium vigo* (Plumbaginaceae), a new tetraploid species from the northeast of the Iberian Peninsula. *An Jard Bot Madr* 56: 269-278.
- Salazar, C. (1996). *Estudio de la vegetación riparia andaluza (provincia Bética): cuenca del Guadiana Menor*. Tesis Doctoral. Universidad de Jaén, España.
- Teege, P., Kadereit, J.W. y Kadereit, G. (2011). Tetraploid European *Salicornia* species are best interpreted as ecotypes of multiple origin. *Flora* 206: 910-920.
- Traba, J., Cruz-López, F., Morales, M., Ramírez, E. y Oro, D. (2011). Avifauna en saladares mediterráneos: Patrones de uso del hábitat y efectos de la gestión de los humedales. *Ardeola* 58 (2): 227-239.
- Ungar, I.A. (1978). Germinación de semillas halófitas. *Bot Rev* 44: 233-264.
- Visor Cartográfico de la Comunidad valenciana. (2022). Mapa base imagen [Mapa]. 1:9000 y 1:36.000. Institut Cartogràfic Valencià, Generalitat.
- VVAA. (2000). Lista roja de flora vascular española (valoración según categorías UICN). *Conservación vegetal* 6: 11-38.
- Wilson, J.B. y Gitay, H. (1995). Community structure and assembly rules in a dune slack: variance in richness, guild proportionality, biomass constancy and dominance/diversity relations. *Vegetatio* 116(2): 93-106.
- Woodell, S.R.J. (1985). Salinidad y patrones de germinación de semillas en plantas costeras. *Vegetatio* 61: 223-229
- Zeberio, J.M. y Peter G. (2021). (2021). Costra biológica del suelo y su efecto en la germinación y establecimiento de dos especies perennes forrajeras del NE patagónico: consideraciones para la restauración ecológica. *Muldequina: Latin American Journal of Natural Resources* 30(2).
- Zia, S. y Khan, M.A. (2004). Effect of light, salinity, and temperature on seed germination of *Limonium stocksii*. *Canad J Bot* 82(2): 151-157.

Zobel, M. (1997). The relative role of species pools in determining plant species richness: an alternative explanation of species coexistence? *Trends Ecol Evol* 12: 266-269.

