



**Efectos de los factores bióticos en la variabilidad
intraespecífica de rasgos funcionales en plantas:
Un paso importante para la conservación de zonas
semiáridas mediterráneas.**

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

Autor:

Jorge Sánchez-Majano Navarro

Tutores:

Joaquín Moreno Compañ

Departamento de Biología Aplicada

Área de Botánica

Código COIR: TFG.GCA.JMC.JSN.230517.



CIENCIAS AMBIENTALES
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

RESUMEN

Los saladares son ecosistemas muy frecuentes en el sureste de la península ibérica caracterizados por suelos altamente salinos. En estos enclaves únicamente crecen especies halófitas formando comunidades bien diferenciadas y distribuidas a lo largo de un gradiente de salinidad. Sin embargo, no hay evidencias claras en los estudios ecológicos acerca de las interacciones enteramente bióticas entre especies de saladares. Así, el objetivo principal de este trabajo es estudiar las relaciones entre las especies halófitas de esos ecosistemas para determinar su efecto en la variabilidad en altura y área. Para ello, seleccionando 10 individuos al azar en cada comunidad dominante y ecotonos encontrados y se tomaron medidas de altura, área y distancia al vecino más próximo. Se realizaron ANOVAS mixtos en R para observar efectos de diversos predictores y sus interacciones en la altura y el área de las plantas de referencia en el estudio. Los resultados indicaron que la interacción *Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa* mostró los valores de altura y área más altos. Asimismo, la interacción *Arthrocaulon macrostachyum*-*A. macrostachyum* mostró los valores de altura más bajos, mientras que las interacciones *Limonium cossonianum*-*A. macrostachyum* y *L. cossonianum*-*Lygeum spartum* presentaron los valores de área más bajos. El tipo de interacción y distancia al individuo más cercano tuvieron efectos significativos en los factores bióticos de altura, área de proyección y competencia, así como la interacción entre altura y área del individuo más cercano. Así pues, estas variables afectan a la estructura biótica de las comunidades vegetales y se deben tener en cuenta para determinar las reglas de ensamblaje de la comunidad. Por ello, es necesario destacar la necesidad de estudios a nivel biótico sobre ambientes salinos para tener un conocimiento mayor sobre estos ecosistemas tan vulnerables, que cada vez son más propensos a desaparecer.

Palabras clave: Altura de crecimiento; Área de proyección; Competencia interespecífica; Halófitos; Interacción intraespecífica; Saladar.

ABSTRACT

Saltmarshes are very frequent ecosystems in the southeast of the Iberian Peninsula characterized by highly saline soils. In these habitats only halophytes grow in well-distributed communities along a salinity gradient. However, there is not any evidence in ecological studies about the biotic interactions between plant species in saltmarshes. Thus, the main objective of this study is to assess the relationships between halophyte species in these ecosystems to determine their effects on the height and area variability. For this, 10 individuals were randomly selected in dominant plant community and ecotones; and height, area and distance to the nearest neighbour measures were also recorded. Mixed ANOVAs in R were performed to observe effects of several predictors and their interactions on the height and area of the reference plants in the study. The results indicated that the *Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa* interaction showed the highest values of height and area. Likewise, the *Arthrocaulon macrostachyum*-*A. macrostachyum* interaction showed the lowest height values, while the *Limonium cossonianum*-*A. macrostachyum* and *L. cossonianum*-*Lygeum spartum* interactions showed the lowest area values. The types of interaction and distance to the nearest individual had significant effects on the biotic factors of height, projection area and competition, as well as the interaction between height and area of the nearest individual. Hence, these variables have to be considered to determine the assembly rules of the plant community. Therefore, it is necessary highlighted the relevance of biotic studies on saline environments in order to have a better knowledge of these vulnerable ecosystems, which are more and more prone to disappear.

Keywords: Height of growth; Projection area; Interspecific competition; Halophytes; Intraspecific interaction; Salt marsh.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Medio salino y vegetación.	1
1.2. Reglas de ensamblaje.	2
1.3. Diversidad funcional.....	3
2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.	4
2.1. Situación actual.....	4
2.2. Justificación.	4
2.3. Objetivos.....	5
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	5
3.1. Zona de estudio.	5
3.2. Toma de datos.	7
3.3. Análisis de datos.	7
4. RESULTADOS	8
4.1. Altura de la planta.	8
4.2. Área de la planta.	17
5. DISCUSIÓN	25
5.1. Efecto de las relaciones bióticas en la altura de la planta.	25
5.2. Efecto de las relaciones bióticas en el área de proyección.	25
5.3. Efecto de la competencia entre halófitas en el desarrollo de la planta.....	26
6. CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA	26
7. BIBLIOGRAFÍA	27

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Medio salino y vegetación.

Los saladares son ambientes salinos caracterizados por presentar suelos con carga altamente salina, es decir, con una conductividad eléctrica mayor de 4 mS/cm. (Chapman 1974, Álvarez-Rogel 1997, Moreno *et al.* 2018). La distribución de estos ambientes es a nivel mundial, siendo más comunes climas templados, mediterráneos, semiáridos y/o áridos (Chapman 1974). La formación de los ambientes salinos (i.e., saladares, lagunas, ramblas y ríos estacionales con aguas salobres) depende de factores litológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos y antrópicos (Porta *et al.* 2003). De estos factores, lo más acuciantes son los periodos climáticos de sequía, originando un ciclo de precipitación de sales que pasan desde los horizontes más profundos a la parte más superficial del suelo (Chapman 1974, Álvarez-Rogel 1997). Así, la escasez de lluvias y altas temperaturas, producen un aumento de sales que rebosan del suelo dándole un aspecto blanquecino (IUSS Working Group WRB 2015). En la península ibérica, los ciclos de precipitación más importantes son los ciclos marinos y los ciclos continentales (Porta *et al.* 2003). Los ciclos marinos se producen en llanuras costeras y son responsables del origen de los ambientes salinos costeros, donde las sales proceden de capas freáticas salinas poco profundas, de la inundación por efecto de las mareas o de aportes de sales transportadas por el viento (también conocido como maresía) (Porta *et al.* 2003). Los ciclos continentales se producen por la acumulación secundaria de sales, es decir, la salinización se produce en las tierras del interior de los continentes, donde las sales están lejos de su lugar de origen (Porta *et al.* 2003). Además, los ambientes salinos del sureste de la península ibérica están vinculados a las margas yesíferas, pues la escorrentía y la percolación del agua por éstas, favorece que el agua se enriquezca de sales, que terminan acumulándose en depresiones con drenaje deficiente (Porta *et al.* 2003).

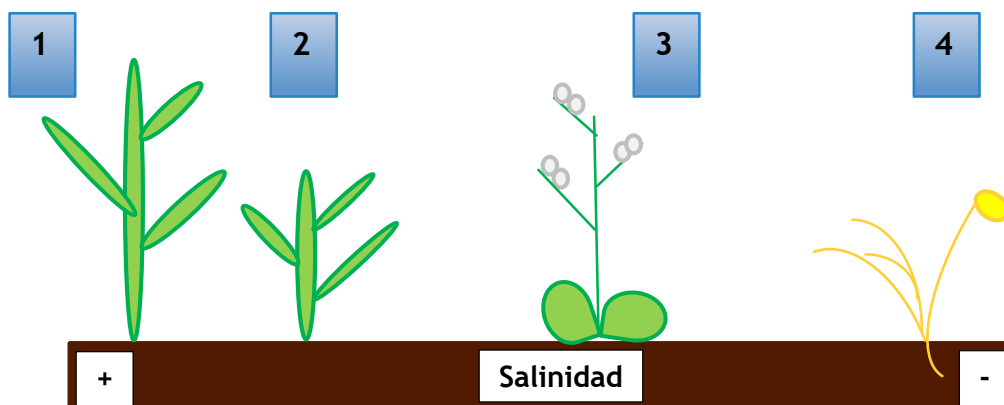


Figura 1. Zonación en bandas de ambientes salinos. De más salino a menos: (1) *Salicornia fruticosa* (L.) L., (2) *Artrocáulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit, (3) *Limonoum cossonianum* Kuntze, y (4) *Lygeum spartum* L.

Estos ambientes presentan condiciones estresantes para la gran diversidad de especies vegetales existentes, estos hábitats cuentan con especies vegetal concretas y resistente al estrés salino (Pennings *et al.* 2005, Flowers y Colmer 2008, Teege *et al.* 2011). Las plantas halófitas, es decir, las especies vegetales que poseen ciertas adaptaciones a las condiciones extremas de salinidad en ambientes salinos, representando una flora singular y de gran interés botánico (Alonso 2000, Lendínez 2010). Las halófitas son especies vegetales que completan su ciclo vital con una concentración de NaCl de al menos 200mM (Flowers y Colmer 2008). Además, las comunidades vegetales en los saladares presentan una zonación marcada a lo largo del gradiente salino (Figura 1), formando una estructura espacial bien delimitada (Chapman 1974, Álvarez-Rogel 1997).

Las especies de halófitas que forman dichas bandas vegetales cuentan con varias particularidades y adaptaciones. Las plantas halófitas suculentas (e.g., *Arthrocaulon macrostachyum* y *Salicornia fruticosa*) son capaces de acumular grandes cantidades de sales en sus vacuolas y también desarrollan múltiples mecanismos fisiológicos, bioquímicos y moleculares (e.g., la biosíntesis de osmolitos, enzimas y metabolitos especializados) (Khan 2005, Lefèvre 2020). Otras adaptaciones destacadas son la secreción de sales en hojas (e.g., especies del género *Limonium*) y la absorción selectiva de sales por las raíces (e.g., *Lygeum spartum*) (Flowers y Colmer 2008).

1.2. Reglas de ensamblaje.

Las reglas de ensamblaje son procesos ecológicos que seleccionan a favor o en contra de las especies del conjunto de especies a nivel regional, determinando la comunidad local (Keddy 1992). También, Diamond (1975) definió las restricciones que generaban estructuras comunitarias no aleatorias como "reglas de ensamblaje". Desde los primeros estudios sobre las interacciones ecológicas entre especies, se ha aprobado la idea de que las comunidades de las plantas no están ensambladas al azar y que solo existen en ciertas combinaciones vegetales (Clements 1916, Phillips 1931). Pero a pesar de ser múltiples los autores que han estudiado la flora de los saladares (p.e., Chapman 1974, Álvarez-Rogel 1997, Alonso 2000, Lendínez 2010), no se han establecido aún las reglas de ensamblaje que actúan a favor de la vegetación de estos ambientes.

La existencia de la estructura concreta de distribución de las comunidades vegetales en los saladares sugiere que existen reglas de ensamblaje que determinarían las restricciones en la formación de la comunidad y en la composición florística local, debido a los filtros ecológicos (Moreno 2018). No obstante, actualmente solo existen algunos estudios centrados en la estructura ecológica de los ambientes salinos al sureste de la península ibérica, los cuales se focalizan en las interacciones abióticas (Álvarez-Rogel *et al.* 2000, González-Alcaraz *et al.* 2014,

Moreno *et al.* 2018). Estos filtros ambientales dirigen el ensamblaje ecológico a diferentes escalas (Figura 2), guiando diferentes procesos como son el filtrado abiótico, dirigidos por los factores ambientales (gradientes y soluciones en el suelo, condiciones climatológicas, etc.), y filtrado biótico, donde interfieren las interacciones entre los seres vivos (competencia, mutualismo, parasitismo, etc.) (Keddy 1992, Díaz *et al.* 1999).

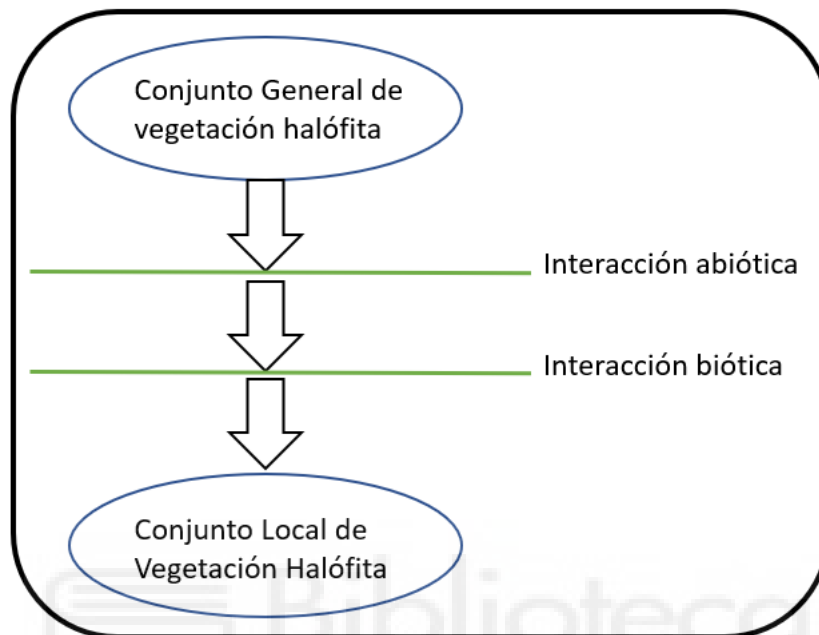


Figura 2. Modelo de ensamblaje de comunidades vegetales en saladares.

1.3. Diversidad funcional.

La diversidad funcional puede definirse como a aquellas características morfológicas, fisiológicas y fenológicas que influyen en el fitness o éxito biológico a nivel de especie, pero que se evalúan y cuantifican a nivel de individuo (Violle *et al.* 2007).

Las especies se filtran ambientalmente del conjunto regional a nivel local y, finalmente, se seleccionan las comunidades locales en función de sus rasgos funcionales (Cornwell y Ackerly 2009, Götzenberger *et al.* 2012, de Bello *et al.* 2013). Este proceso se conoce como filtrado ambiental y facilitaría una mejor comprensión de la distribución de las especies a escala local. La hipótesis del filtrado ambiental sostiene que cuando se compara la diversidad de comunidades vegetales diferentes, algunas de ellas tienden a excluir las especies de la flora regional que se adaptan mal a sus idiosincrásicas condiciones locales y no por la competición interespecífica por los recursos disponibles (Keddy 1992). Se han hecho estudios de filtrado ambiental, demostrando que los factores abióticos obtienen mayor peso en distribución-comunidad en saladares que en interacciones bióticas (Moreno 2020) Las condiciones regionales de los saladares dificultarían la supervivencia de las especies vegetales, dejando en segundo lugar las interacciones bióticas

(planta-planta, competición, facilitación) que puedan darse entre dichos individuos. También Brooker (2006) establece la hipótesis del gradiente de estrés; las interacciones planta-planta pasan de la competencia a la facilitación en condiciones de estrés creciente.

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

2.1. Situación actual.

Desde los primeros estudios ecológicos sobre las interacciones ecológicas hasta las actuales (Clements 1916, Phillips 1931, Salinas 2023) pasando por estudios sobre ambientes salinos (Chapman 1975), no hay evidencia clara acerca de las interacciones enteramente bióticas entre especies de saladares. Como máximo, Moreno (2018) estudió cómo los rasgos funcionales afectaban a la estructura ecológica, pero considerando únicamente rasgos categóricos (i.e., rasgos no numéricos, cualidades de la planta categorizadas) sobre las relaciones entre comunidades vegetales y las interacciones abióticas, de manera no cuantitativa en saladares mediterráneos. Resaltando más casos concretos de rasgos funcionales, Goad (2021) investigó cómo la propagación clonal, la variación de la ploidía y la hibridación interespecífica varían entre ecotipos y niveles locales de salinidad en *Paspalum vaginatum* Swartz. Otros casos como el de Koull (2016), que aplica parámetros cuantitativos de la vegetación y de las características del suelo en los saladares de Oued Righ (noreste de Argelia). Además, siguiendo la hipótesis del gradiente de estrés (Brooker 2006), se determinó que especies como *Salicornia fruticosa* fija una interacción facilitadora en el cual la inundación da un aporte positivo al crecimiento de la planta en rodales conoespecíficos (Pellegrini *et al.* 2022).

A pesar de todos estos estudios, que aportan grandes avances y entendimiento en especies halófitas, no tratan específicamente las interacciones bióticas entre especies vegetales de salinas. Siempre hay un factor biótico de por medio.

2.2. Justificación.

Como ya se ha explicado en la definición de reglas de ensamblaje, los factores tanto abióticos (clima, suelo, etc.) como bióticos (competencia, facilitación, etc.) condicionan que en los saladares surjan patrones distintivos y peculiares entre sus individuos que los diferencian del resto de especies vegetales del reino de las plantas. No obstante, los trabajos hechos en saladares del sudeste se han enfocado a interacciones abióticas que, a diferencia de este estudio, cuyo motor son las partes bióticas en las interacciones ecológicas que se dan entre plantas (en este caso, la variabilidad de los rasgos funcionales de altura y área de proyección). El propósito de este trabajo es aportar nuevos datos cuantitativos para poder conocer en profundidad más sobre las reglas en ambientes salinos del mediterráneo.

Por otra parte, acorde a la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 22 de julio de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, que recoge, en su anexo I, los tipos de hábitats naturales de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación, los hábitats costeros y vegetaciones halófitas (código 11.25). Se pretende dar una importancia sostenible a estos ecosistemas salinos, apoyando su conservación y la preservación de su biodiversidad. Se trata pues de un estudio básico enfocado a la conservación de los ambientes salinos.

Los saladares, así como demás espacios salinos, están cada vez más amenazados a su desaparición. Son múltiples las causas (cambio climático, presión antropogénica, especies invasoras, vertidos tóxicos, disminución de biodiversidad en general, etc.) que lo condicionan (Pardo *et al.* 2005). Tanto la flora como la fauna es específica para estos hábitats, primordialmente las aves (aguiluchos, halcones e incluso águilas), que suelen ser los animales imprescindibles para que muchos saladares porten figuras de protección, principalmente ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) (Bergua *et al.* 2018), además de diversos artrópodos, reptiles y algunos mamíferos que suelen tener importancia endémica (Cebrián 2010).

2.3. Objetivos.

El objetivo general de este trabajo de investigación es estudiar las relaciones entre especies halófitas para determinar su efecto en la variabilidad en rasgos funcionales (i.e., altura de la planta y área de proyección). Para llevar a cabo este objetivo, se han establecido tres objetivos específicos:

Objetivo 1. Determinar cómo afecta las relaciones bióticas en la altura de la planta.

Objetivo 2. Determinar cómo afecta las relaciones bióticas en el área de proyección.

Objetivo 3. Determinar cómo afecta la distancia entre especies vegetales al desarrollo de la planta

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio.

La zona de estudio fue el saladar de Agua Amarga (N 38° 17,19' O 00° 31,48', 8 m s.n.m.), un ambiente salino situado al sureste de la Península Ibérica en Alicante (Alicante, España) (Figura 1). Este ambiente está caracterizado por suelos con un alto contenido en sales (> 4 mS/cm), que se acumulan debido a las escasas lluvias y las altas temperaturas (Chapman, 1974; FAO-UNESCO-ISRIC, 1988; Deckers *et al.*, 1998). El saladar de Agua Amarga se encuentra bajo un termotipo termomediterráneo con una temperatura media anual de 18,6 °C y un ombrotipo

semiárido caracterizado por una precipitación media anual de 313,5 mm (Rivas-Martínez 2007; AEMET, M° de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, España).

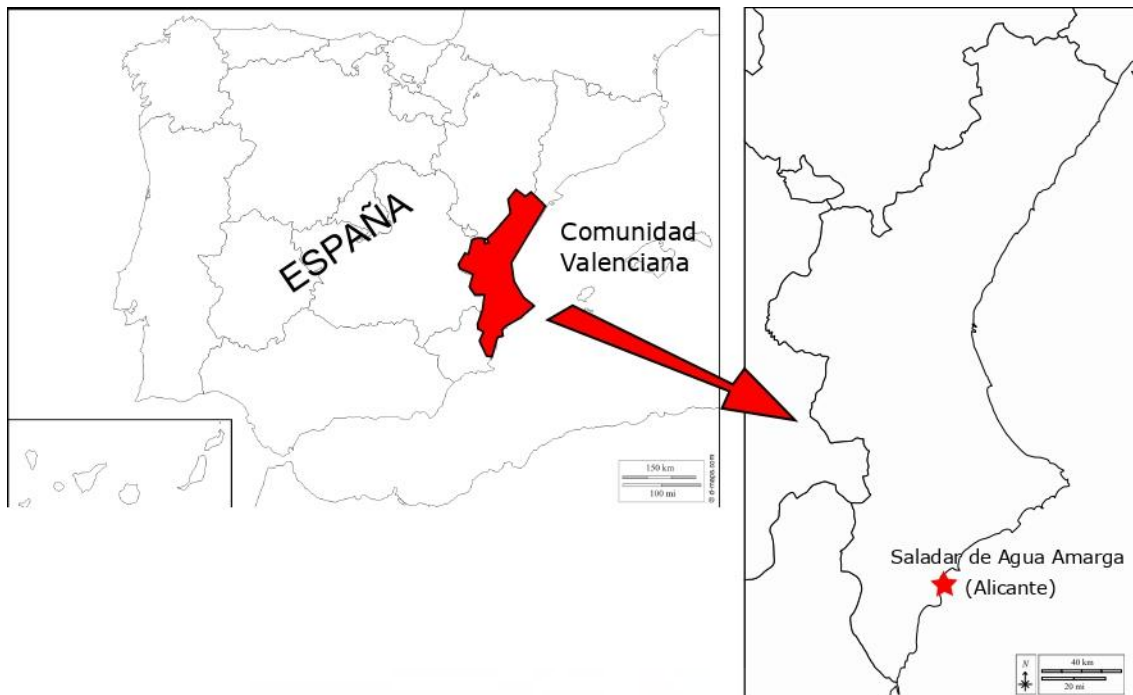


Figura 3. Mapa político de España y de la Comunidad Valenciana, indicando zona de estudio (Saladar de Agua Amarga).

Dentro del área de estudio, se observó una distribución formada por distintas bandas de vegetación: 1; *Arthrocaulon macrostachyum* era especie dominante en esa banda de vegetación, 2; predomina *Limonium cossonianum* en la banda de vegetación, 3; dominaba *Lygeum spartum* en dicha banda de vegetación y 4; *Salicornia fruticosa* era la especie dominante en esa banda de vegetación. Una vez observados, se seleccionó al azar 10 individuos de las diferentes especies para determinar su altura y área y se hizo lo mismo con su vecino próximo, midiendo también su distancia a ésta.

Los lugares de estudio se seleccionaron previamente y se realizaron varias visitas en una zona con una extensión aproximada de 5500 m². Se partió del vecindario de Urbanova y se trabajó en las 4 bandas dominantes y monoespecíficas mencionadas. Se consideraron 4 ecotonos. (*S. fruticosa* y *A. macrostachyum*, *A. macrostachyum* y *L. cossonianum*, *S. fruticosa* y *L. spartum* y *L. cossonianum* y *L. spartum*) que contenían las diferentes especies halófitas a estudiar y así fijar las interacciones concretas de hasta 80 individuos.



Figura 4. Mapa de la zona de estudio indicando medidas de área y perímetro.

3.2. Toma de datos.

Los individuos se seleccionaron al azar. Las mediciones se realizaron con cinta métrica para medir la altura, diámetro mayor y diámetro menor del parche y la distancia al individuo más cercano. De este individuo cercano también se midió altura y diámetros. Posteriormente, se calculó en el laboratorio el área de proyección a partir de los diámetros mayor y menor aplicando la fórmula de la elipse [(Radio mayor * Radio menor) * π], tanto del individuo elegido al azar como del individuo cercano a éste usando los diámetros mayor y menor. Las medidas se realizaron en marzo del 2023.

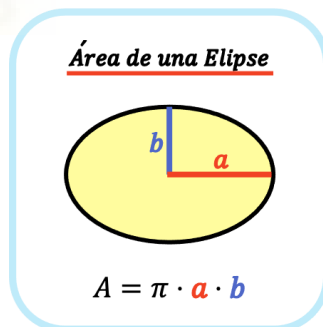


Figura 5. Área de una elipse, siendo a radio mayor y b radio menor.

3.3. Análisis de datos.

Los datos fueron estandarizados previamente para poder comparar las alturas y las áreas de las diferentes especies estudiadas. Se hicieron correlaciones de Pearson y correlaciones en los pares de las variables estudiadas para establecer las relaciones entre ellas usando la función 'rcorr' del paquete 'Hmisc' con el software estadístico R versión 4.2.2 (R Core Team 2021). Además, se comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza con la prueba

de Shapiro-Wilk para asegurar que los datos cumplían los requisitos para ser analizados por análisis de la varianza (ANOVA). Se realizaron análisis de la varianza mixtos (ANOVAs mixtos) para detectar diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para las variables respuesta estudiadas (i.e., altura y área de los individuos referencia). (i) tipo de interacción, que fue tratado como un factor de medidas independientes, (ii) distancia al individuo más cercano, (iii) altura del individuo más cercano, (iv) área del individuo más cercano, y (v) las distintas interacciones entre los predictores (Tabla 1). La especie de referencia en cada tipo de interacción fue incluida como un factor anidado. Los modelos fueron creados con la función 'lme' y analizados con la función 'anova' (paquete 'nlme'); y la suma de raíces tipo II fue considerada para evitar problemas con el tamaño de muestras desiguales (Tabachnick and Fidell 2007). Estos análisis se llevaron a cabo con el software estadístico R versión 4.2.2 (R Core Team 2021). Para las diferencias significativas encontradas en estos análisis, se realizaron test de Tukey (análisis post-hoc) con la función 'glht' (paquete 'multcomp') usando el software estadístico R versión 4.2.2 (R Core Team 2021).

Tabla 1. Explicación de predictores estudiados.

Predictores	Descripción
Tipo de interacción	Puede ser intraespecífica (interacción entre misma especie) o interespecífica (interacción entre distinta especie).
Distancia al individuo más cercano	Se mide la distancia que hay entre el individuo estudiado y la especie vecina más cercana a éste (cm).
Altura del individuo más cercano	Se mide la altura de la especie vecina más cercana al individuo estudiado (cm).
Área del individuo más cercano	Se mide el área de proyección de la especie vecina más cercana al individuo estudiado (cm ²).

4. RESULTADOS

4.1. Altura de la planta.

El tipo de interacción estudiado y la distancia al individuo más cercano tuvieron un efecto significativo en la altura de la planta ($P > 0.001$ y $P = 0.047$, respectivamente; Tabla 2). La interacción de la distancia del individuo más cercano con la altura de este mostró también un efecto significativo en la altura de la planta ($P < 0.001$; Tabla 1). La interacción entre el tipo de interacción planta-planta con la distancia al individuo más cercano y con su altura tuvo un efecto significativo en la altura de la planta ($P = 0.001$; Tabla 2). Además, la interacción entre el tipo de interacción con la distancia al individuo más cercano y con el área de este individuo mostró también un efecto significativo en la altura de la planta de referencia ($P = 0.002$; Tabla 2). Finalmente, la interacción entre el tipo de interacción planta-planta con la distancia al individuo más cercano y con la altura y área de este individuo tuvo un efecto significativo en la altura de la planta de estudio ($P = 0.001$; Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del ANOVA mixto para la altura de la planta de referencia. *Abreviaturas:* g.l., grados de libertad.

Predictores	g.l.	L ratio	P valor
Tipo de interacción	12	25,96	<0,001
Distancia al individuo más cercano	13	3,96	0,047
Altura del individuo más cercano	14	0,64	0,424
Área del individuo más cercano	15	0,23	0,631
Tipo de interacción x Distancia al individuo más cercano	22	6,58	0,474
Tipo de interacción x Altura del individuo más cercano	29	12,14	0,096
Tipo de interacción x Área del individuo más cercano	36	12,14	0,096
Distancia al individuo más cercano x Altura del individuo más cercano	37	17,85	<0,001
Distancia al individuo más cercano x Área del individuo más cercano	38	3,50	0,062
Tipo de interacción x Distancia al individuo más cercano x x Altura del individuo más cercano	45	23,89	0,001
Tipo de interacción x Distancia al individuo más cercano x x Área del individuo más cercano	52	22,88	0,002
Tipo de interacción x Distancia al individuo más cercano x x Altura del individuo más cercano x Área del individuo más cercano	60	25,47	0,001

Los resultados obtenidos del estudio están mostrados en la siguiente tabla (Tabla 3). La interacción intraespecífica *Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa* muestra los valores de altura más grande de entre todas las interacciones, además de también los valores de variación más elevados. Los valores más bajos de altura corresponderían con la interacción intraespecífica *Arthrocaulon macrostachyum*-*A. macrostachyum* (Tabla 3).

La altura de *Salicornia fruticosa* en interacciones intraespecíficas (*Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa*) presenta diferencias significativas con respecto al resto de las interacciones planta-planta, mostrando los valores más altos para la altura de la planta. La altura de *Arthrocaulon macrostachyum* en interacciones intraespecíficas (*Arthrocaulon macrostachyum*-*A. macrostachyum*) presenta también diferencias significativas con respecto al resto de interacciones planta-planta, pero muestra los valores más bajos de altura. Las interacciones que más variabilidad presentan son las de *Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa* y las de *Limonium cossonianum*-*Lygeum spartum*. (Figura 6).

Tabla 3. Datos promedios y de desviaciones típicas de las interacciones estudiadas, además de las alturas mínimas y máximas. *Abreviaturas:* H, altura; Desvest, desviación estándar; Mín, mínima; Máx, máxima; SS, *S. fruticosa-S. fruticosa*; SA, *S. fruticosa-Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit; SL, *S. fruticosa-Limonium cossonianum* Kuntze, LL, *Limonium cossonianum-L. cossonianum*; LA, *L. cossonianum-Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit; LS, *L. cossonianum-Salicornia fruticosa* (L.) L.; LLg, *L. cossonianum-Lygeum spartum* L., AA, *A. macrostachyum-A. macrostachyum*; AL, *A. macrostachyum-Limonium cossonianum*; AS, *A. macrostachyum-Salicornia fruticosa*, LgL, *L. spartum-Limonium cossonianum*; LgLg, *L. spartum-L. spartum*.

Interacción	Promedio H	Desvest H	Error H	Mín H	Máx H
SS	94,24	23,34	7,38	52,90	117,30
SA	46,62	23,73	7,51	10,80	82,20
SL	53,30	12,61	3,99	28,70	68,30
LL	46,80	14,16	4,48	22,00	69,20
LA	40,22	10,98	3,47	24,20	62,30
LS	40,44	25,94	8,20	8,70	70,70
LLg	43,79	15,97	5,05	23,30	74,50
AA	19,96	9,67	3,06	8,80	40,10
AL	20,13	6,99	2,21	13,30	38,00
AS	26,06	8,80	2,78	14,30	37,30
LgL	53,29	16,59	5,25	26,30	76,50
LgLg	50,85	13,62	4,31	31,50	73,60

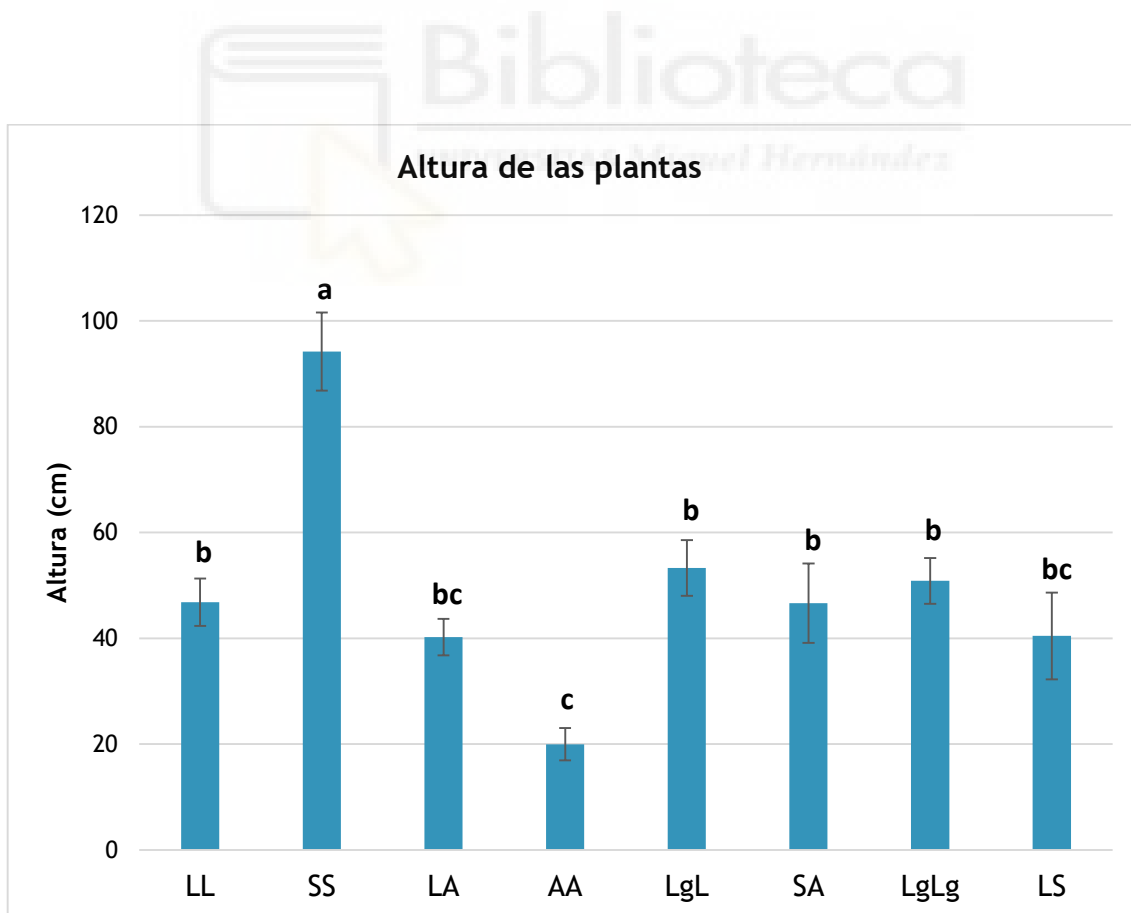


Figura 6. Altura de las especies vegetales de referencia obtenidos en cada uno de los tipos de interacción estudiados. *Abreviaturas:* mismas que la *Tabla 3*.

La altura promedio de *Salicornia fruticosa* en interacciones intraespecíficas (i.e., *Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa*) presenta diferencias significativas con respecto al resto de las interacciones interespecíficas con esta especie vegetal (i.e., *S. fruticosa*-*Arthrocaulon macrostachyum* y *S. fruticosa*-*Limonium cossonianum*), mostrando los valores más altos para la altura de *S. fruticosa* en interacciones intraespecíficas (Figura 7A). La interacción interespecífica *Salicornia fruticosa*-*Arthrocaulon macrostachyum* mostró una mayor variabilidad y la interacción interespecífica *Salicornia fruticosa* mostró la menor variabilidad de datos (Figura 7A, Tabla 2). La interacción intraespecífica *S. fruticosa*-*S. fruticosa* tuvo la mayor altura promedio, además del mayor valor de altura. Las medidas dentro del primer cuartil (Q1) y tercer cuartil (Q3) fueron altas con respecto a las otras interacciones de *Salicornia* observadas (Figura 7B). *S. fruticosa*-*Arthrocaulon macrostachyum* tiene el Q1 más pequeño y la menor altura promedio y *S. fruticosa*-*Limonium cossonianum* está dentro del intervalo de *S. fruticosa*-*A. macrostachyum* (Figura 7B).

Los individuos de *Arthrocaulon macrostachyum* que interaccionan con *Salicornia fruticosa* presentaron los valores más altos de altura en comparación con sus otras interacciones, incluyendo la relación intraespecífica (i.e., *A. macrostachyum*-*A. macrostachyum*) (Figura 8A). La interacción intraespecífica *Arthrocaulon macrostachyum*-*A.* presentó la mayor variabilidad de datos mientras que la interacción interespecífica *Arthrocaulon macrostachyum*-*Limonium cossonianum* presentó la menor variabilidad de datos (Figura 8A). La interacción interespecífica *Arthrocaulon macrostachyum*-*Limonium cossonianum*, se registró un valor máximo anómalo muy elevado y no entró dentro del rango de los observados para los *A. macrostachyum* cuando interaccionan con los *L. cossonianum* (Figura 8B). La interacción intraespecífica *Arthrocaulon macrostachyum*-*A. macrostachyum* tuvo el valor máximo de altura y el valor mínimo de altura (Figura 8B). La interacción interespecífica *Arthrocaulon macrostachyum*-*Salicornia fruticosa* presentó el Q3 más alto que el resto, además de tener la altura promedio más elevada (Figura 8B). La mediana de *A. macrostachyum*-*A. macrostachyum* y *A. macrostachyum*-*L. cossonianum* coincidió con el primer cuartil de *A. macrostachyum*-*S. fruticosa* (Figura 8B).

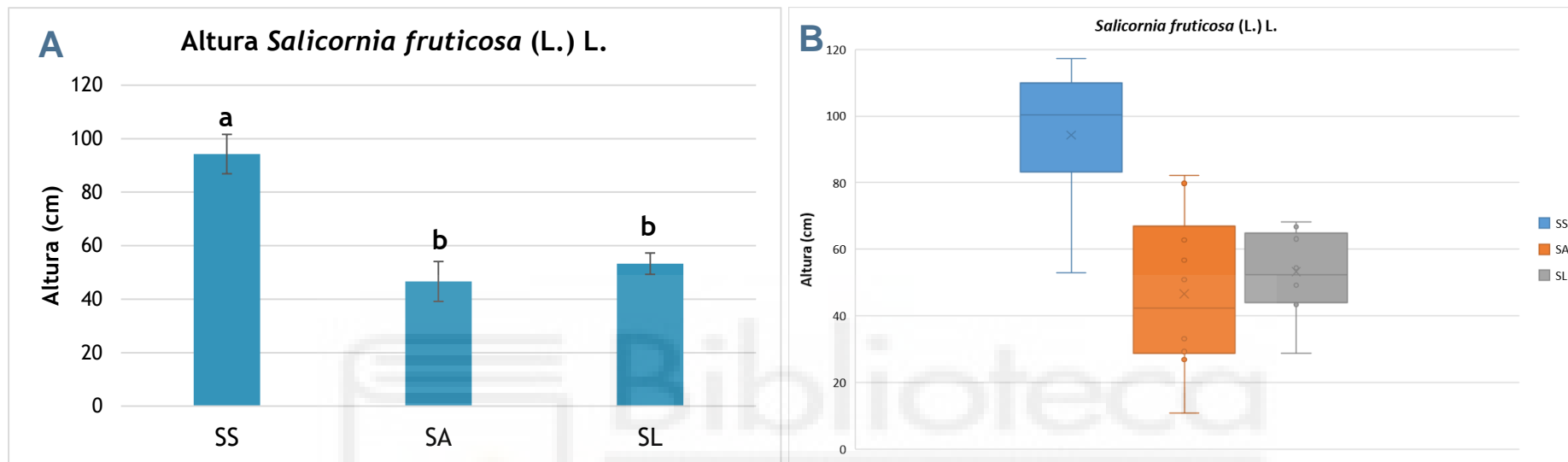


Figura 7. A. Altura promedio de la especie *Salicornia fruticosa* (L.) L. según el tipo de interacción estudiado. B. Diagrama de caja de altura de la especie *Salicornia fruticosa* (L.) L. con las distintas interacciones estudiadas. Distinta letra indica diferencias significativas. Abreviaturas: SS, *S. fruticosa*-*S. fruticosa*; SA, *S. fruticosa*-*Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit; SL, *S. fruticosa*-*Limonium cossonianum* Kuntze.

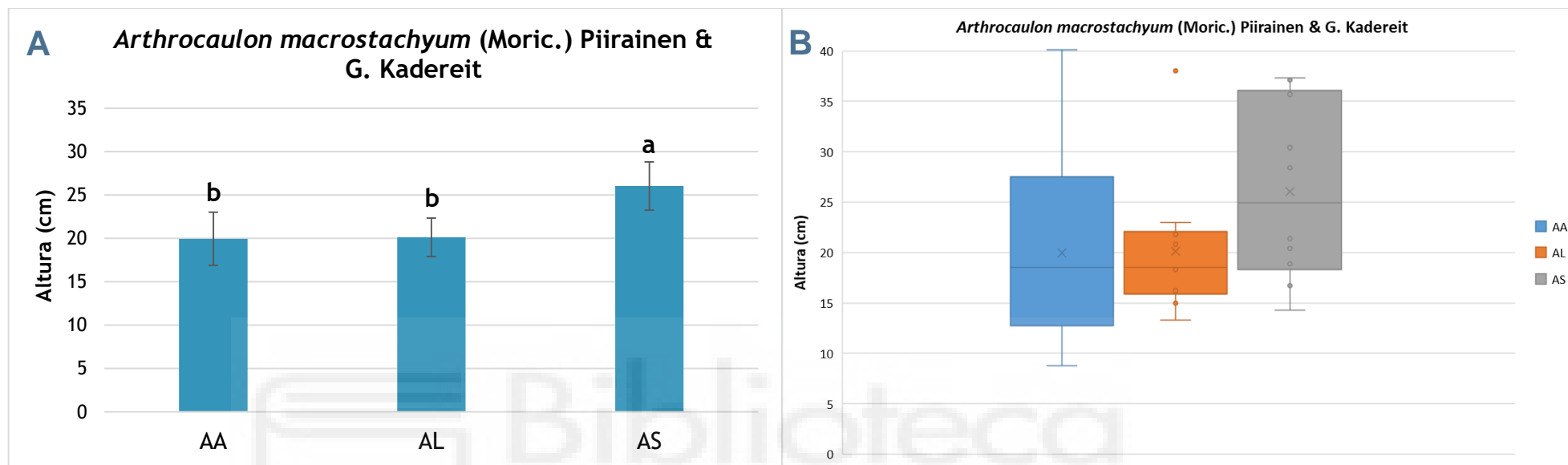


Figura 8. A. Altura promedio de *Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit según el tipo de interacción estudiado. B. Diagrama de caja de altura de *Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit con las distintas interacciones estudiadas. Distinta letra indica diferencias significativas. Abreviaturas: AA, *A. macrostachyum*-*A. macrostachyum*; AL, *A. macrostachyum*-*Limonium cossonianum*; AS, *A. macrostachyum*-*Salicornia fruticosa*.

La especie *Limonium cossonianum* mostró sucintamente una altura mayor cuando se observó una interacción intraespecífica (i.e., *Limonium cossonianum*-*L. cossonianum*) respecto a las otras interacciones interespecífica (i.e., *L. cossonianum*-*S. fruticosa*, *L. cossonianum*-*A. macrostachyum* y *L. cossonianum*-*L. spartum*). Sin embargo, estas diferencias no fueron significativas (Figura 9A). La interacción interespecífica *L. cossonianum*-*S. fruticosa* obtuvo la mayor variabilidad de datos, siendo la variabilidad similar entre *Limonium cossonianum*-*L. cossonianum* y *L. cossonianum*-*L. spartum* y el más menor en *L. cossonianum*-*A. macrostachyum* (Figura 9A). La interacción interespecífica *L. cossonianum*-*S. fruticosa* presenta el Q1 más pequeño pero el segunda y Q3 más grande. EL segundo cuartil (Q2) de *Limonium cossonianum*-*L. cossonianum* y *L. cossonianum*-*L. spartum* coinciden con el Q3 de *L. cossonianum*-*A. macrostachyum* (Figura 9B). El valor de altura más alto se observó en la interacción interespecífica *L. cossonianum*-*L. spartum* y el valor más bajo en la interacción *L. cossonianum*-*S. fruticosa* (Figura 9B). Destacó ligeramente la altura promedio de *L. cossonianum*-*L. cossonianum* (Figura 9B).

Lygeum spartum presentó alturas similares en los distintos tipos de interacciones estudiadas, esto es, la interacción intraespecífica (i.e., *L. spartum*-*L. spartum*) y la interacción interespecífica (*L. spartum*-*Limonium cossonianum*) (Figura 10A). También presentaron niveles de variabilidad similares, siendo la variabilidad de *Lygeum spartum*-*Limonium cossonianum* levemente más mayor (Figura 10A). En cuanto al diagrama de caja correspondiente a la especie *Lygeum spartum*, también presentaron niveles similares, pero en *Lygeum spartum*-*Limonium cossonianum* su Q1 es más bajo y su Q2 y Q3 más alto. Su altura promedio también es más alto, pero ligeramente (Figura 10B).

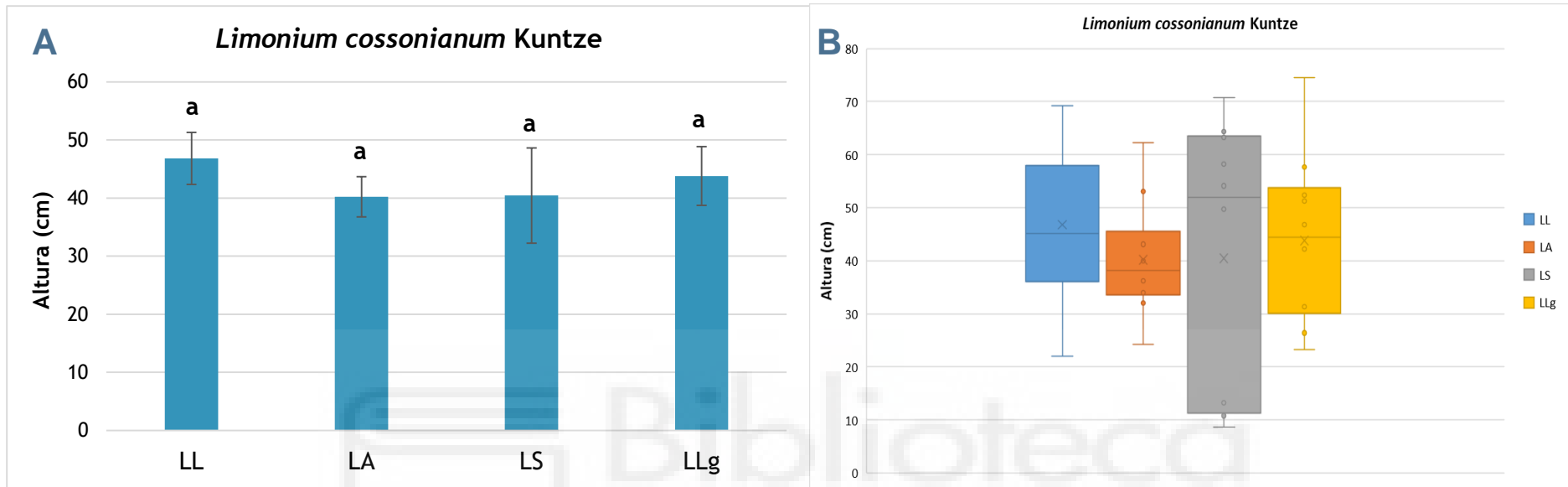


Figura 9. A. Altura de la especie *Limonium cossonianum* Kuntze según el tipo interacción estudiado. **B.** Diagrama de caja de altura de *Limonium cossonianum* Kuntze con las distintas interacciones estudiadas. Distinta letra indica diferencias significativas. Abreviaturas: LL, *Limonium cossonianum*-*L. cossonianum*; LA, *L. cossonianum*-*Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit; LS, *L. cossonianum*-*Salicornia fruticosa* (L.) L.; LLg, *L. cossonianum*-*Lygeum spartum* L.

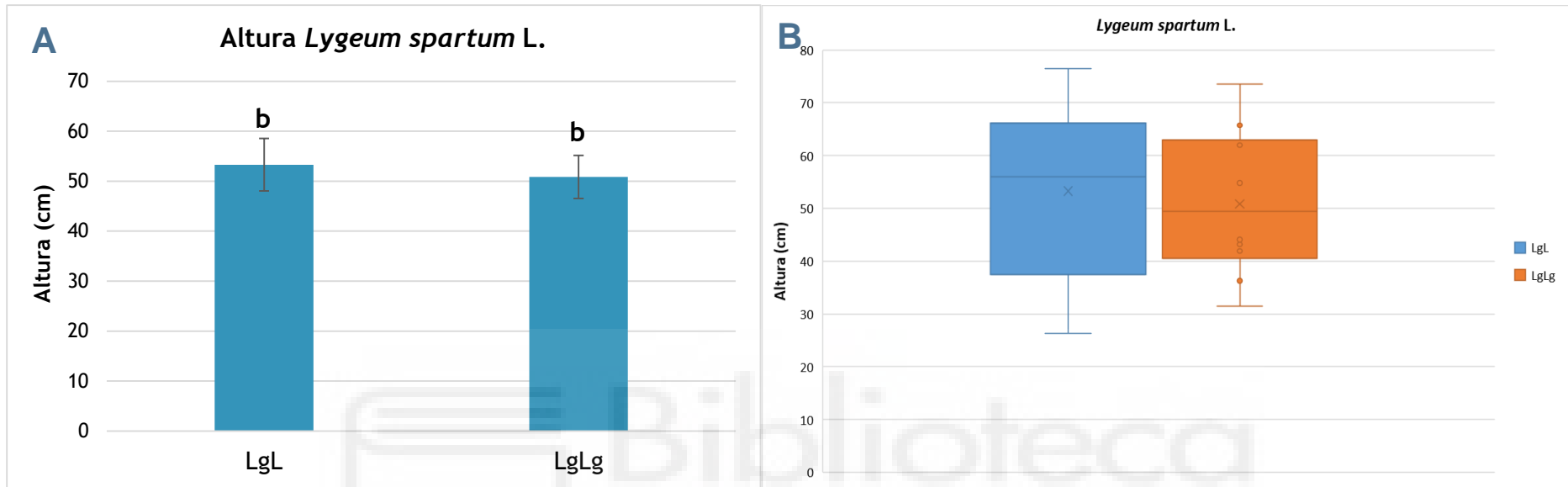


Figura 10. A. Altura de la especie *Lygeum spartum* L. según el tipo de interacción estudiado. B. Diagrama de caja de altura de *Lygeum spartum* L. con las distintas interacciones estudiadas. Distinta letra indica diferencias significativas. Abreviaturas: LgL, *Lygeum spartum*-*Limonium cossonianum*; LgLg, *Lygeum spartum*-*L. spartum*.

4.2. Área de la planta.

El tipo de interacción estudiado, la distancia al individuo y el área al individuo más cercano más cercano tuvieron un factor significativo en el área de la planta ($P < 0.001$ en los 3 casos; Tabla 4). La interacción entre el tipo de interacción y la distancia al individuo más cercano también tuvo un efecto significativo en el área de la planta ($P = 0.003$; Tabla 4). La interacción con la distancia del individuo más cercano y con la altura del individuo más cercano tuvo un efecto significativo en el área de la planta ($P < 0.001$; Tabla 4). La interacción con la distancia del individuo más cercano con el área del individuo más cercano tuvo un efecto significativo en el área de la planta ($P = 0.012$; Tabla 4). La interacción con el tipo de interacción, con la distancia al individuo más cercano y con la altura de este individuo tuvo un efecto significativo en el área de la planta ($P < 0.001$; Tabla 4). La interacción con el tipo de interacción, con la distancia al individuo más cercano y con el área de este individuo tuvo un efecto significativo en el área de la planta ($P = 0.035$; Tabla 4). Por último, La interacción con el tipo de interacción, con la distancia al individuo más cercano y con la altura y el área de dicho individuo tuvieron un efecto significativo en el área de la planta ($P < 0.001$; Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del ANOVA mixto para el área de la planta de referencia. *Abreviaturas:* g.l., grados de libertad.

Predictores	g.l.	L ratio	P valor
Tipo de interacción	11	26,29	<0,001
Distancia al individuo más cercano	12	66,80	<0,001
Altura del individuo más cercano	13	2,35	0,13
Área del individuo más cercano	14	17,06	<0,001
Tipo de interacción x Distancia al individuo más cercano	21	21,613	0,003
Tipo de interacción x Altura del individuo más cercano	28	3,40	0,85
Tipo de interacción x Área del individuo más cercano	35	8,28	0,30
Distancia al individuo más cercano x Altura del individuo más cercano	36	49,65	<0,001
Distancia al individuo más cercano x Área del individuo más cercano	37	6,33	0,01
Tipo de interacción x Distancia al individuo más cercano x x Altura del individuo más cercano	44	26,56	<0,001
Tipo de interacción x Distancia al individuo más cercano x x Área del individuo más cercano	51	15,10	0,04
Tipo de interacción x Distancia al individuo más cercano x x Altura del individuo más cercano x Área del individuo más cercano	59	72,87	<0,001

Los resultados obtenidos del estudio están mostrados en la siguiente tabla (Tabla 5). La interacción intraespecífica *Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa* mostraron los valores de área más grande de entre todas las interacciones, con los valores de variación también más altos. Los valores más bajos de área corresponderían con las interacciones interespecíficas de *Limonium cossonianum*-*Arthrocaulon macrostachyum* y *L. cossonianum*-*Lygeum spartum* (Tabla 5).

Tabla 5. Datos promedios y de desviaciones típicas de las interacciones estudiadas, además de las áreas mínimas y máximas. Abreviaturas: mismas que en la **Tabla 3**.

Interacción	Promedio A	Desvest A	Error A	Mín A	Máx A
SS	49,2	39,1	12,4	6,3	111,7
SA	18,2	16,6	5,2	1,2	48,8
SL	10,6	8,7	2,7	0,5	23,4
LL	2,2	1,6	0,5	0,4	5,1
LA	1,9	2,0	0,6	0,6	7,7
LS	2,9	1,7	0,5	8,7	70,7
LLg	1,9	1,3	0,4	0,6	4,9
AA	10,0	8,2	2,6	2,3	24,9
AL	8,6	9,0	2,9	1,6	31,7
AS	6,8	5,8	1,8	0,5	16,2
LgL	7,5	7,0	2,2	26,3	76,5
LgLg	2,8	3,2	1,0	31,5	73,6

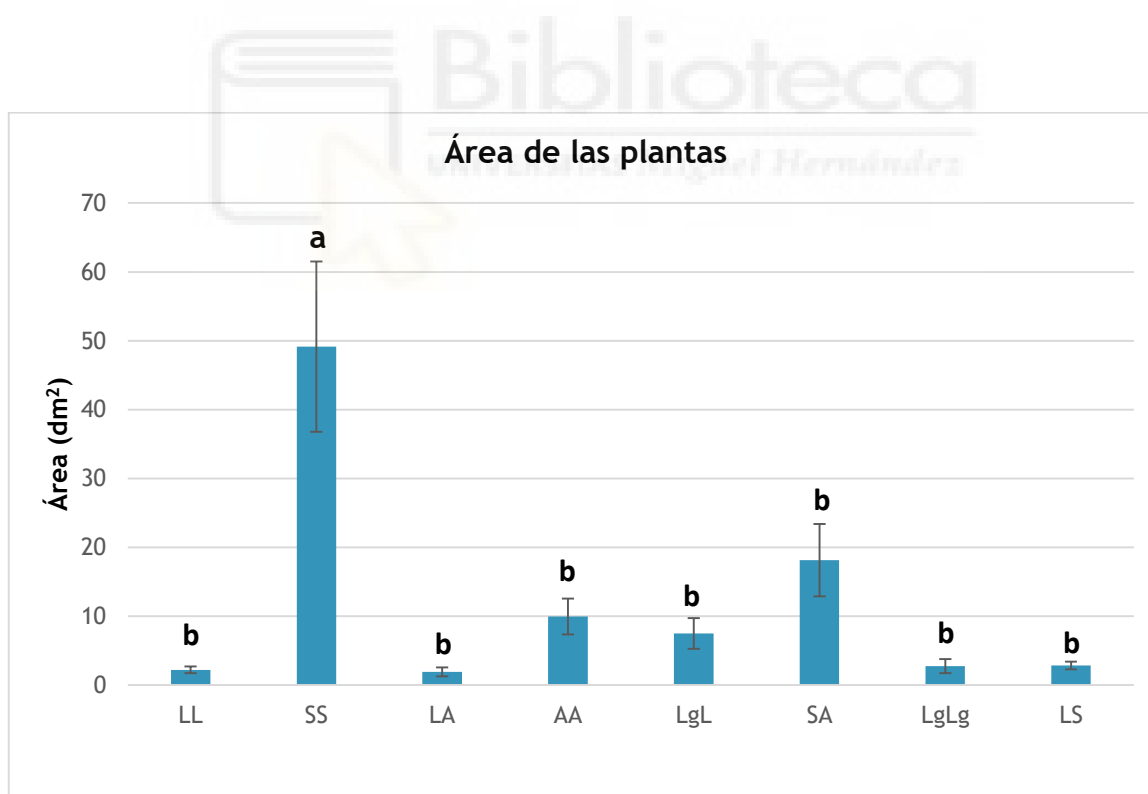


Figura 11. Áreas de las especies vegetales de referencia obtenidos en cada uno de los tipos de interacción estudiados. Abreviaturas: mismas que en la **Tabla 3**.

La interacción intraespecífica de *Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa* presentó la mayor diferencia de variabilidad y de área de entre todas las variables estudiadas, que presentaron valores muy bajos en general. La segunda interacción más predominante sería la interacción *S. fruticosa*-*Arthrocaulon macrostachyum* (Figura 11, Tabla 4).

Por otro lado, la interacción intraespecífica de *S. fruticosa*-*S. fruticosa* presentó tanto la mayor diferencia de variabilidad como de valor de área de entre todas las interacciones de *S. fruticosa* (Figura 12A). La interacción intraespecífica de *S. fruticosa*-*S. fruticosa* manifestó el valor de área más alto y el promedio de área más alto, además del Q2 y Q3 más grandes (Figura 12B). Su Q1 casi coincide con el Q2 de *S. fruticosa*-*A. macrostachyum* y el Q3 de *S. fruticosa*-*Limonium cossonianum* (Figura 12B). Los primeros cuartiles de ambas interacciones interespecíficas coinciden (Figura 12B). La interacción interespecífica de *Limonium cossonianum*-*S. fruticosa* reveló el mayor valor de altura de entre todas las interacciones producidas con *L. cossonianum* (figura 13A, Tabla 4). La interacción interespecífica de *L. cossonianum*-*Arthrocaulon macrostachyum* mostró el mayor nivel de variabilidad de entre dichas interacciones (Figura 13A, Tabla 4). En la interacción interespecífica *L. cossonianum*-*A. macrostachyum*, se registró un valor máximo anómalo muy elevado y no entró dentro del rango de estas interacciones observadas de *L. cossonianum* (Figura 13B). La interacción interespecífica *L. cossonianum*-*S. fruticosa* presenta tanto el mayor promedio de área como el valor máximo de área de entre todas las interacciones (Figura 13B). Además, su Q3 es el más mayor, seguido de la interacción intraespecífica *L. cossonianum*-*L. cossonianum* (Figura 13B). El promedio de área de las interacciones *L. cossonianum*-*A. macrostachyum* y *L. cossonianum*-*Lygeum spartum* son similares (Figura 13B). Se destacó que el Q2 de *L. cossonianum*-*L. cossonianum*, el Q3 de *L. cossonianum*-*A. macrostachyum*, el Q1 de *L. cossonianum*-*S. fruticosa* y el Q2 de *L. cossonianum*-*L. spartum* presentan valores muy parecidos (Figura 13B).

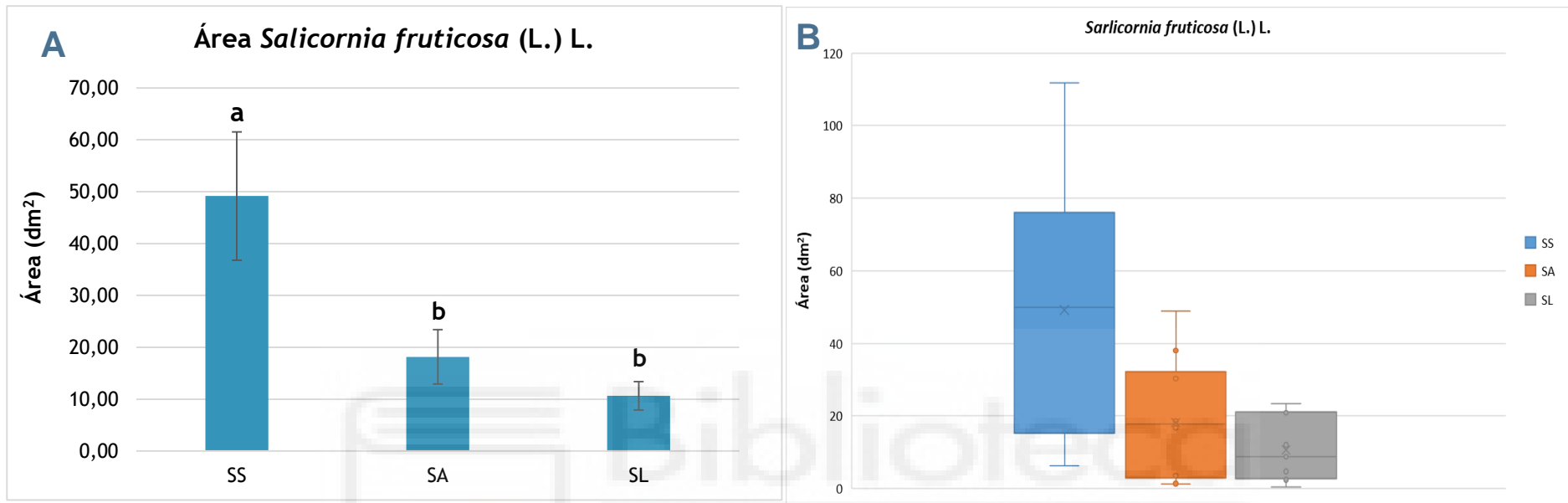


Figura 12. A. Área de las especies vegetales de *Salicornia fruticosa* (L.) L. con sus respectivos tipos de interacción estudiados. B. Diagrama de caja de área de *Salicornia fruticosa* (L.) L. con las distintas interacciones estudiadas. Distinta letra indica diferencias significativas. Abreviaturas: SS, *Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa*; SA, *Salicornia fruticosa*-*A. macrostachyum*; SL, *Salicornia fruticosa*-*Limonium cossonianum*.

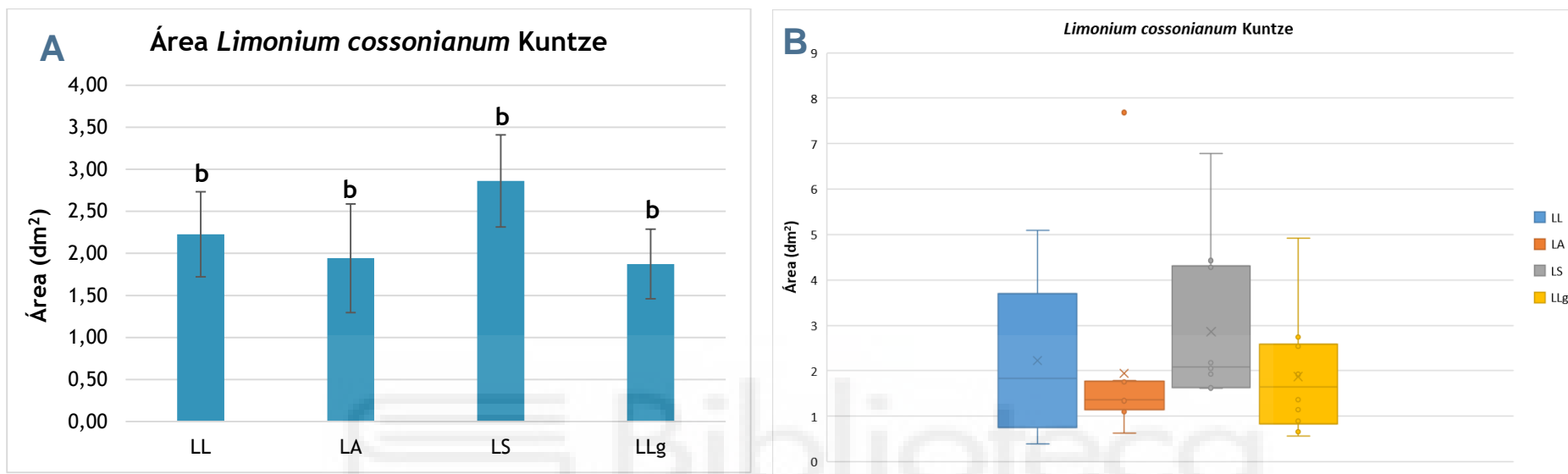


Figura 13. A. Área de las especies vegetales de *Limonium cossonianum* Kuntze con sus respectivos tipos de interacción estudiados. B. Diagrama de caja de área de *Limonium cossonianum* Kuntze con las distintas interacciones estudiadas. Distinta letra indica diferencias significativas. Abreviaturas: LL, *Limonium cossonianum*-*L. cossonianum*; LA, *Limonium cossonianum*-*Arthrocaulon macrostachyum*; LS, *Limonium cossonianum*-*Salicornia fruticosa*; LLg, *Limonium cossonianum*-*Lygeum spartum*.

La interacción intraespecífica de *Arthrocaulon macrostachyum*-*A. macrostachyum* mostró el valor de área más alto de entre todas las interacciones producidas con *A. macrostachyum*. La interacción interespecífica de *A. macrostachyum*-*Limonium cossonianum*) presenta el mayor valor de variabilidad de entre dichas interacciones (Figura 14A). En la interacción interespecífica *A. macrostachyum*-*L. cossonianum*, se registró un valor máximo anómalo muy elevado y no entró dentro del rango de estas interacciones observadas de *A. macrostachyum* (Figura 14B). La interacción intraespecífica *A. macrostachyum*- *A. macrostachyum* demostró el valor de área mayor de entre todas las interacciones y también el valor promedio de área más alto, muy seguido del promedio de área de *A. macrostachyum*-*L. cossonianum*. Los valores y percentiles de *A. macrostachyum*-*L. cossonianum* están dentro del rango de valores de *A. macrostachyum*-*Salicornia fruticosa*, presentando valores semejantes a éstos, como que el Q3 del primero tenga valor casi igual al Q2 del segundo (Figura 14B).

La interacción interespecífica de *Lygeum spartum*-*Limonium cossonianum* presentó tanto el valor más grande de variabilidad como de área en relación a su otra interacción intraespecífica *L.-L. spartum* (Figura 15A). La interacción interespecífica de *Lygeum spartum*-*Limonium cossonianum* tuvo los valores más altos de área, de promedio de área y de Q3 en relación a la otra interacción estudiada (Figura 15B). El Q2 de dicha interacción es similar al Q3 de la otra interacción intraespecífica y el Q3 similar al valor de área más alto de *L. spartum*-*L. spartum*. También destacó que el valor de área más pequeño de ambas interacciones tiene un resultado similar (Figura 15B).

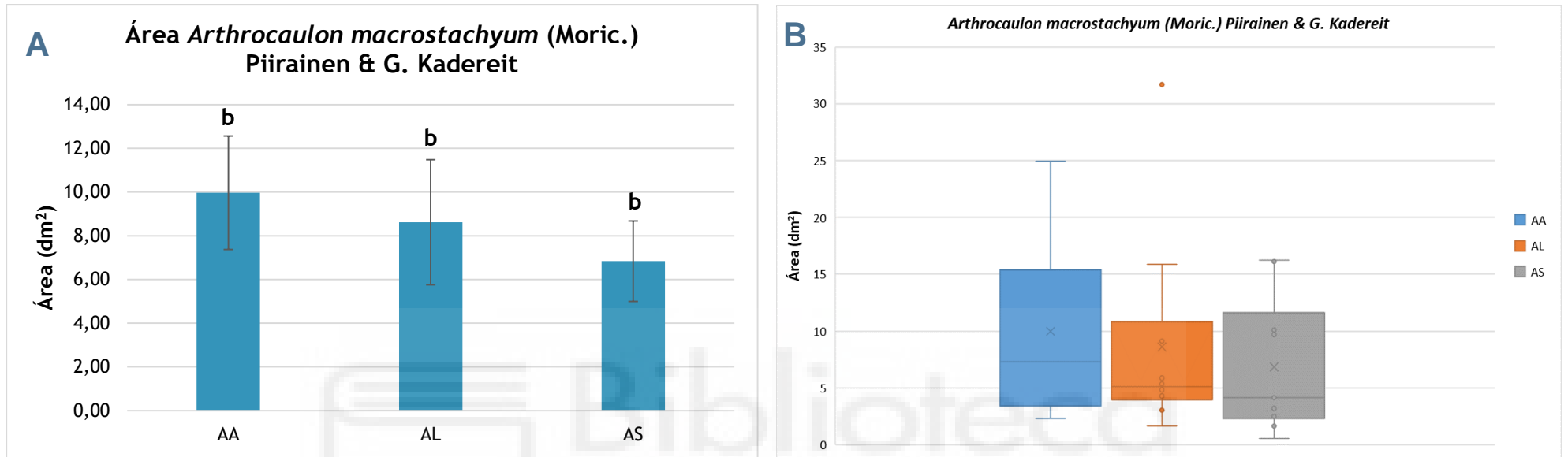


Figura 14. A. Área de las especies vegetales de *Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit con sus respectivos tipos de interacción estudiados. B. Diagrama de caja de área de *Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit con las distintas interacciones estudiadas. Distinta letra indica diferencias significativas. Abreviaturas: AA, *Arthrocaulon macrostachyum*-*A. macrostachyum*; AL, *Arthrocaulon macrostachyum*-*Limonium cossonianum*; AS, *Arthrocaulon macrostachyum*-*Salicornia fruticosa*.

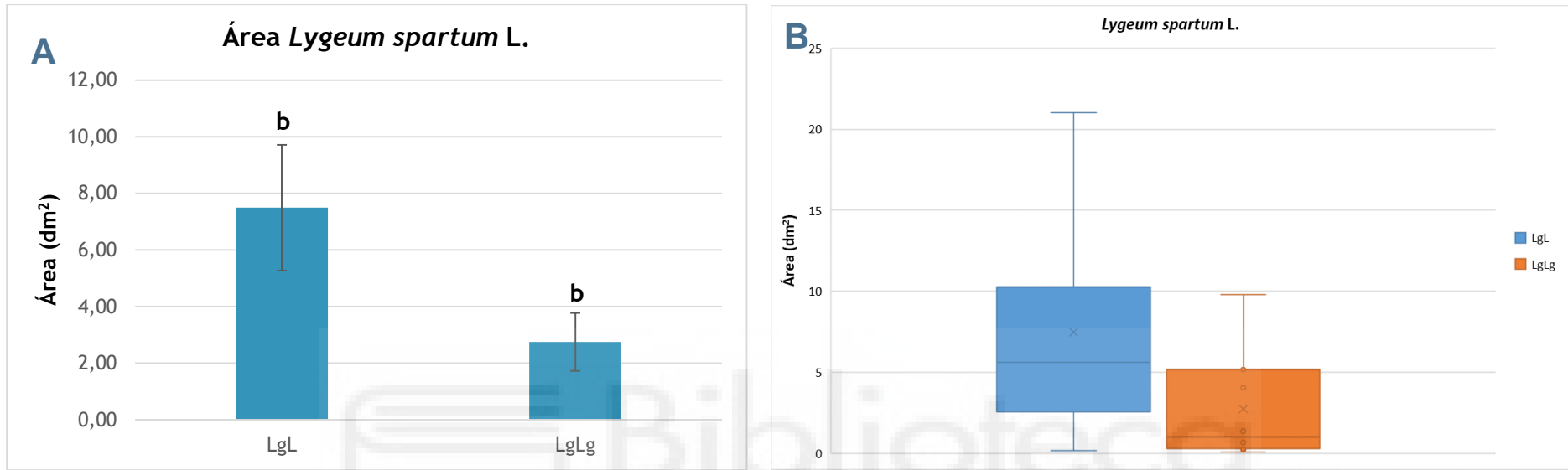


Figura 15. A. Área de las especies vegetales de *Lygeum spartum* L. con sus respectivos tipos de interacción estudiados. B. Diagrama de caja de área de *Lygeum spartum* L. con las distintas interacciones estudiadas. Distinta letra indica diferencias significativas. Abreviaturas: LgL, *Lygeum spartum-Limonium cossonianum*; LgLg, *Lygeum spartum-L. spartum*.

5. DISCUSIÓN

5.1. Efecto de las relaciones bióticas en la altura de la planta.

Los resultados indicaron que la interacción intraespecífica de *S. fruticosa* -*S. fruticosa* muestra los valores de altura más altos, del mismo modo, la interacción intraespecífica de *A. macrostachyum*-*A. macrostachyum* muestra los valores de altura más bajos. Estos resultados son similares a los observados en otros estudios parecidos, pero en otros ecosistemas. Pellegrini (2022), trabajando con la hipótesis de gradiente de estrés, mostró que hay una competencia intra e interespecífica entre las especies de *Limonium narbonense* Mill. y *S. fruticosa*, midiendo su competencia a través de su biomasa (tanto aérea como subterránea) y altura, pero estos datos destacan que las interacciones netas planta-planta no responden unívocamente a ningún factor estresante, sino que responden con una forma específica solo a tipos específicos de estrés abiótico o a combinaciones específicas de diferentes factores estresantes, como ya mostró Moreno et al. (2018).

Respecto a los predictores estudiados, se ha obtenido que el ‘tipo de interacción’ y ‘distancia al individuo más cercano’ tiene efectos en la altura de la planta. Verwijmeren *et al.* (2014) observaron patrones similares en su estudio, concluyendo que especies dominantes en zonas de matorral y pastoreo pasaron de ser excluyentes a coexistir entre ellos, intuyendo que la distancia entre ambos influye en su crecimiento. Puede tenerse en cuenta que hay casos de interacciones entre especies con alturas diferentes, haciendo sombra las especies de mayor tamaño a otras especies de porte menor, dificultando la fotosíntesis de estas últimas (Jamali *et al.* 2020).

5.2. Efecto de las relaciones bióticas en el área de proyección.

La construcción de una teoría reduccionista de la competencia entre plantas comienza con la dependencia de la densidad: la relación entre el tamaño medio y la densidad (Watkinson 1980, Vandermeer 1984). Acorde con Bonham (2013), la densidad de plantas es un indicador importante en el monitoreo de la población de especies vegetales. Se confirma pues el resultado de la interacción con la distancia del individuo más cercano y con la altura del individuo más cercano tiene un efecto significativo en el área de la planta. Los métodos basados en la distancia para medir la densidad de plantas se estudian con frecuencia, sin embargo, solo unos pocos estudios han documentado estudios de vegetación basados en simulación (Jamali *et al.* 2020). No obstante, Jamali *et al.* (2020) determinó que no existen diferencias significativas entre individuos cercanos con las especies *Astragalus verus* Olivier y *Astragalus albispinus* Širj. y Bornm. En los resultados, al igual que en altura, la interacción intraespecífica de *Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa* muestra los valores de área de proyección más altos y las interacciones interespecíficas de *Limonium cossonianum*-*Arthrocaulon macrostachyum* y *L. cossonianum*-

Lygeum spartum presentan los valores de área más bajos. Al igual que altura, ‘tipo de interacción’ y ‘distancia al individuo más cercano’ tiene efectos en el área, incluyendo predictores múltiples con ‘altura y área de individuo más cercano’. Finalmente, cabe destacar que en los estudios de Verwijmeren *et al.* (2014) también podría intuirse el efecto en el área de la planta con la ayuda del pastoreo, mostrando un efecto positivo en las cubiertas vegetales, sobre todo en laderas.

5.3. Efecto de la competencia entre halófitas en el desarrollo de la planta.

En cuanto al efecto de la competencia en el desarrollo de las halófitas estudiadas, los resultados obtenidos son similares a lo establecido por otros estudios (Harper 1977, Tilman 1988, Armas 2004, entre otros). Harper (1977) ya estableció que las especies vecinas pueden afectar a en crecimiento, a la supervivencia y a la producción reproductiva de las plantas (Harper 1977). Las interacciones competitivas entre plantas están medidas por sus formas de crecimiento. Además, las diferentes formas de crecimiento, determinadas por los patrones de asignación, pueden determinar sus relaciones competitivas entre especies en distintos ambientes (Tilman 1988). Sin embargo, la relación entre la forma de la planta y la competencia es interactiva: la forma de crecimiento de la planta es, en parte, el producto de la competencia entre plantas. Por poner ejemplos con otros predictores, en este caso, la eficacia de la fotosíntesis por competencia, Armas (2004) descubrió que con el esparto (*Macrochloa tenacissima* (L.) Kunth), la presencia de copas de plantas vecinas tiene un efecto positivo para esta hierba, mejorando su estado hídrico, resultado de compensar su competencia y aumentado su eficacia fotosintética. Otro caso curioso sería el mostrado por Ellison (1987), el cual mostró como *Salicornia europaeae* L. no mostró competencias unilaterales o de autoclareo con otras especies. Finalmente, destacar también los datos aportados por Maestre (2003) sobre la facilitación de especies vegetales en el semiárido. Dicho trabajo mostró que el efecto neto de *M. tenacissima* sobre *Pistacia lentiscus* L. siempre fue facilitador, pero la magnitud de este efecto aumentó con la dureza de las condiciones ambientales tanto en el espacio como en el tiempo. Así pues, todos los estudios mencionados anteriormente muestran que los resultados obtenidos en este estudio son similares a los mostrados por otros autores.

6. CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA

Se han comprobado efectos positivos y reveladores sobre las interacciones concretas de las cuatro especies halófitas estudiadas. La interacción intraespecífica de *Salicornia fruticosa*-*S. fruticosa* muestra los valores de altura y área más altos de entre todas las interacciones, de la misma manera, la interacción intraespecífica de *Arthrocaulon macrostachyum*-*A macrostachyum* muestra los valores de altura más bajos y las interacciones interespecíficas de *Limonium*

cossonianum-A. macrostachyum y *L. cossonianum-Lygeum spartum* presentan los valores de área más bajos, demostrando la presencia de factor biótico de competencia. Los predictores individuales de ‘tipo de interacción’, ‘distancia al individuo más cercano’ y los predictores múltiples que combinan estos primeros con ‘altura de individuo más cercano’ y ‘área del individuo más cercano’ tuvieron efectos significativos en los factores bióticos de altura y área de proyección. Cabe destacar que los resultados obtenidos han sido apoyados por otros trabajos similares realizados con especies en otros ecosistemas. Dichos trabajos (Armas 2004, Verwijmeren *et al.* 2014) mostraron como especies de ecosistemas semiáridos presentaban comportamientos similares a los encontrados en este estudio.

Se considerará en el futuro otro estudio ampliando este con otros rasgos funcionales como concentraciones de cationes y aniones, área específica foliar y la cantidad de agua de la hoja. Además, se propone ampliar este muestreo, obteniendo en el proceso una muestra mucho más grande y representativa. De este modo, se plantea trabajar con todas las diversas variables bióticas posibles en un rango amplio de distribución, usando otros saladares del litoral y del interior de la península ibérica. De este modo, se podrá mitigar el efecto de los factores abióticos, ya que según Tilman (1988), Moreno (2018) y Pellegrini (2022) tienen mayor repercusión que las interacciones bióticas y camuflan el efecto de las primeras, siendo difícil plantear una visión conjunta de la estructura ecológica.

7. BIBLIOGRAFÍA

- 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 saldares del sureste de España*. Tesis doctoral, Universidad de Murcia, España.
- Armas, C. (2004). *Balace de la interacción entre plantas superiores en ambientes semiáridos. Mecanismos y procesos*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Bergua, S.B., Piedrabuena, M.Á.P. y Alfonso, J.L.M. (2018). Los saladares de Fuerteventura (islas Canarias, España): caracterización biogeográfica, conservación y amenazas. *Investigaciones Geográficas (Esp)*. 70, 91-110.
- BOE (Boletín oficial de estado) núm. 206, de 22 de julio de 1992, páginas 7 a 50 (44 págs.). DOUE-L-1992-81200.
- Bonham, C.D. (2013). *Medidas para la vegetación terrestre (2ª ed.)*. Reino Unido: Wiley.

- Brooker, R.W., Scott, D., Palmer, S.C.F. y Swaine, E. (2006). Transient facilitative effects of heather on scots pine along a grazing disturbance gradient in Scottish moorland. *Journal of Ecology*. 94, 637-645.
- Cebrián A. (2010). El patrimonio natural de Albacete como recurso turístico. *Gran Tour*. 2, 62-82.
- Chapman, V.J. (1974). *Salt Marshes and Salt Deserts of the world*. (2º ed.). Germany: J.Cramer, Lehre.
- Colmer, T.D. y Flowers, T.J. (2008). Flooding tolerance in halophytes. *New Phytologist*. 179, 964-974.
- Cornwell, W.K. y Ackerly, D.D. (2009). Community assembly and shifts in plant trait distributions across an environmental gradient in coastal California. *Ecological monographs* 79, 109-126.
- Cornwell, W.K., Schwilk, D.W. y Ackerly, D.D. (2006). A trait-based test for habitat filtering: convex hull volume. *Ecology*. 87, 1465-1471.
- Diamond, J.M. (1975). Assembly of species communities. *Ecology and Evolution of communities*. 342-444.
- Díaz, S., Cabido, M., y Casanoves, F. (1999). Functional implications of trait-environment linkages in plant communities. *Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats*. 338-362.
- Goad, D.M., Baxter, I., Kellogg, E.A. y Olsen, K.M. (2021). Hybridization, polyploidy and clonality influence geographic patterns of diversity and salt tolerance in the model halophyte seashore paspalum (*Paspalum vaginatum*). *Molecular Ecology*. 30, 148- 161.
- Götzenberg, L., de Bello, F., Bråthen, K.A., Davinson, J., Dubius, A., Guisan, A., Leps, J., Lindborg, R., Moora, M., Pärtel, M., Pellissier, L., Pottier, J., Vittoz, P., Zobel, K. y Zobel, M. (2012). Ecological assembly rules in plant communities- approaches, patterns and prospects. *Biological Reviews*. 87, 111-127.
- IUSS Working Group WRB (2015). Base referencial mundial del recurso suelo 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma.
- Jamali, H., Ghehsareh Ardestani, E., Ebrahimi, A. y Pordel, F. (2020). Comparing distance-based methods of measuring plant density in an arid sparse scrubland: testing field and simulated sampling. *Environmental monitoring and assessment*. 192, 1-12.

- Khan M.A., Ungar I.A. y Showalter A.M. (2005). Salt stimulation and tolerance in an intertidal stem-succulent halophyte. *Journal of Plant Nutrition*. 28,1365-1374
- Keddy, P.A. (1992). Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science*. 3, 157-167.
- Koull, N. y Chehma, A. (2016). Soil characteristics and plant distribution in saline wetlands of Oued Righ, northeastern Algeria. *Journal of Arid Land*. 8, 948-959.
- Lefèvre, G. y Rivière, C. (2020). Amaranthaceae halophytes from the French Flanders coast of the North Sea: a review of their phytochemistry and biological activities. *Phytochemistry Reviews*. 19, 1263-1302.
- Lendínez, M.L. (2010). *Estudio fitosociológico y fitocenótico de la vegetación halófila andaluza: Bases para su gestión y conservación*. Tesis doctoral. Universidad de Jaén, España.
- Maestre, F.T., Bautista, S. y Cortina, J. (2003). Positive, negative, and net effects in grass-shrub interactions in mediterranean semiarid grasslands. *Ecology*. 84, 3186-3197.
- Moreno, J., Terrones, A., Juan, A. y Alonso, M.Á. (2018). Halophytic plant community patterns in Mediterranean saltmarshes: shedding light on the connection between abiotic factors and the distribution of halophytes. *Plant and Soil*. 430, 185-204.
- Paraskevopoulou, A., Mitsios, I., Fragkakis, I., Nektarios, P., Ntoulas, N., Londra, P. y Papafotiou, M. (2015). The growth of *Arthrocnemum macrostachyum* and *Halimione portulacoides* in an extensive green roof system under two watering regimes. *Agriculture and agricultural science procedia*. 4, 242-249.
- Pardo, M. T., Caballero, J. M., Selma, M. Á. E. y Calvo, J. F. (2005). Procesos de colonización y extinción de plantas vasculares en los saladares del Guadalentín (SE España). *Anales de Biología*. 27, 203-210.
- Pellegrini, E., Incerti, G., Pedersen, O., Moro, N., Foscari, A., Casolo, V., Contin, M. y Boscutti, F. (2022). Flooding and Soil Properties Control Plant Intra- and Interspecific Interactions in Salt Marshes. *Plants*. 11, 1940.
- R Core Team (2021) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rivas-Martínez S (2007). Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. Memoria del mapa de vegetación potencial de España, Parte I. *Itinera Geobotánica*. 17, 5-436.
- Salinas, V., Marina, T.I., Cordone, G. y Momo F.R. (2023). Ecological networks of an Antarctic ecosystem: a full description of non-trophic interactions. *Marine Biology*. 170, 9.

- Tabachnick, B.G. y Fidell, L.S. (2007). *Using Multivariate Statistics (5º ed.)*. New York: Allyn and Bacon.

- Verwijmeren, M., Rietkerk, M., Bautista, S., Mayor, A. G., Wassen, M.J. y Smit, C. (2014). Drought and grazing combined: contrasting shifts in plant interactions at species pair and community level. *Journal of Arid Environments*. 111, 53-60.

