

CARACTERIZACIÓN DE LOS UMBRALES DE TOLERANCIA DE SAL EDÁFICA EN LA VEGETACIÓN HALÓFITICA DEL SALADAR DE CORDOVILLA

CHARACTERIZATION OF EDAPHIC SALT TOLERANCE THRESHOLDS IN THE HALOPHYTIC VEGETATION OF THE CORDOVILLA CONTINENTAL SALTMARSH (ALBACETE; SPAIN)

Alejandro SANTIAGO GONZÁLEZ^{1,2}
Pablo FERRANDIS GOTOR^{1,2}

Recibido: 09 de noviembre de 2022

Aprobado: 22 de noviembre de 2022

Cómo citar este artículo:

Santiago González, A. y Ferrandis Gotor, P. (2022). Caracterización de los umbrales de tolerancia de sal edáfica en la vegetación halófitica del saladar de Cordovilla. *Sabuco*, 16: 89-102. http://doi.org/10.37927/sabuco.16_4

RESUMEN

La flora halófila especializada utiliza diversas estrategias encaminadas a gestionar las altas concentraciones de sales en el suelo, para compensar el efecto osmótico de las sales edáficas y así poder absorber agua. Por lo tanto, aunque la presencia de adaptaciones a suelos ricos en sal es una característica común, la diversidad de las estrategias utilizadas por las especies de plantas podría conducir a diferentes rangos específicos de especie en la tolerancia a la salinidad edáfica. El objetivo principal de este estudio es determinar la relación entre los umbrales de salinidad del suelo y la tolerancia a la salinidad de las especies vegetales que habitan un saladar continental. Tomando como modelo el saladar de Cordovilla (Albacete). En concreto, se ha evaluado la relación especie-salinidad edáfica en *Lygeum spartum*, *Helianthemum polygonoides*, *Schoenus nigricans*, *Frankenia thymifolia*, *Limonium supinum*, *Limonium cesium*, *Senecio auricula*, *Suaeda vera*, *Sonchus crassifolius*, *Salso-la vermiculata* junto con un par de especies típicas de la vegetación zonal no halófila presentes en los márgenes de la marisma, que sirvieron como especies de control: *Helianthemum violaceum* y *Stipa tenacissima*. Los resultados obtenidos en este estudio son de particular interés porque contribuyen signi-

1 Jardín Botánico de Castilla-La Mancha. Av. de la Mancha, s/n, 02006 Albacete.

2 Instituto Botánico de la Universidad de Castilla-La Mancha. Av. de la Mancha, s/n, 02006 Albacete.

Autor para la correspondencia: conservador@jardinbotanico-clm.com

ficativamente a comprender la distribución clinal de especies y hábitats en el saladar, así como la estructura de las comunidades halófilas.

Palabras clave: salinidad edáfica, halófitas, marisma de Cordovilla, umbral de tolerancia a la sal, estructura de comunidades halófitas.

ABSTRACT

The specialized halophytic flora uses various strategies aimed at managing the high concentrations of salts in the soil, to compensate for the osmotic effect of edaphic salts and thus be able to absorb water. Therefore, although the presence of adaptations to salt-rich soils is a common feature, the diversity of the strategies used by plant species could lead to different species-specific ranges in the tolerance to edaphic salinity. The main objective of this study is to determine the relationship between the salinity thresholds of the soil and the salt tolerance of plant species inhabiting the inland salt marsh of Cordovilla (Albacete), taken as a model. Specifically, the species-edaphic salinity relationship has been evaluated in *Lygeum spartum*, *Helianthemum polygonoides*, *Schoenus nigricans*, *Frankenia thymifolia*, *Limonium supinum*, *Limonium caesium*, *Senecio auricula*, *Suaeda vera*, *Sonchus crassifolius*, *Sal-sola vermiculata*, along with a couple of typical non-halophytic zonal vegetation species present on the margins of the salt marsh, which were used as control species: *Helianthemum violaceum* and *Stipa tenacissima*. The results obtained in this study are of particular interest because they significantly contribute to understand the clinal distribution of species and habitats in the saltmarsh, as well as the structure of halophytic communities.

Key words: Edaphic salinity, halophytes, Cordovilla saltmarsh, salt tolerance threshold, structure of halophytic communities.

1. INTRODUCCIÓN

La salinidad, en general, restringe el crecimiento de las plantas y afecta a la flora tanto en su fisiología como en su estructura, debido a sus efectos sobre procesos de tipo osmótico y iónico (Margules *et al.*, 1988; Merlo *et al.*, 2011). Las formaciones de suelos salinos tienen gran interés biológico y botánico, siendo hábitats prioritarios de la directiva europea 92 /43/CEE (Martín Herrero *et al.*, 2003). Junto con los sedimentos yesíferos, los suelos salinos resultan un medio ecológico muy particular para la vida vegetal, en los que se produce una excepción osmótica que debe ser solucionada por la flora que los habita.

La flora halófito especializada utiliza diversas estrategias destinadas a manejar las fuertes concentraciones de sales en el suelo, a fin de compensar el efecto osmótico de las sales edáficas y poder así realizar la absorción de agua. Las estrategias típicas de dicha flora halófila se caracterizan por presentar mecanismos de adaptación tanto generales como más o menos específicos (Merlo *et al.*, 2011). Algunas adaptaciones se caracterizan por la acumulación de gran cantidad de sales en su plasma celular que se traduce en un porte suculento como en el caso de las quenopodiáceas *Sarcocornia fruticosa* (L.) A. J. Scott, *Suaeda vera* Forssk. ex J. F. Gmel. o *Arthrocnemum macrostachyum* (Moris.) Moris. o con la disposición de glándulas excretoras mediante las cuales eliminan el exceso de sales de sus células como es el caso de los *Limonium spp.* (Merlo *et al.* 2011; Herranz *et al.* 2011). Por tanto, aunque es un factor común la presencia de adaptaciones a los suelos ricos en sales, la diversidad de las estrategias utilizadas por cada especie podría conllevar una mayor o menor capacidad de tolerancia a la salinidad edáfica. De hecho, las diferencias interespecíficas en el grado de tolerancia a las sales, en combinación con los gradientes salinos en el suelo, dan como resultado cambios característicos en las comunidades y paisajes vegetales de los saladares continentales mediterráneos (véase, por ejemplo, las pormenorizadas descripciones de comunidades halofíticas en el Saladar de Cordovilla, por Valdés *et al.*, 1993, o las de Cirujano, 1989, para las lagunas salobres de La Mancha Húmeda).

Actualmente existe un amplio consenso sobre la mayor influencia de los factores edáficos que la de los bióticos, en la definición de la composición y distribución de las especies de cualquier zona y en particular en los saladares (Cooper *et al.* 1982). Por lo tanto, los umbrales de salinidad para cada una de las especies que habitan el saladar son una variable cuya evaluación resulta de interés y que podría permitir explicar en cierta medida la selección de los microhábitats que ocupan determinadas especies en su interior (e.g., Valdés *et al.*, 1993; Cirujano, 1989; Martín Herrero *et al.*, 2003).

Para evaluar la relación de los umbrales de salinidad del suelo y las especies vegetales que lo habitan se ha seleccionado el Saladar de Cordovilla, perteneciente a los municipios de Hellín y Tobarra, Albacete (España). Este saladar está considerado una de las mejores muestras de saladar continental mediterráneo de la península ibérica, además de albergar endemismos exclusivos como *Helianthemum polygonoides* Peinado, Mart. Parras, Alcaraz & Espuelas y algunas especies del género *Limonium* (Terrones Contreras *et al.*, 2016). Asimismo, este peculiar territorio de la provincia de Albacete es Zona de Especial Conservación (ZEC) de la Red Natura 2000 (“Saladares de Cordovilla y Agramón y laguna de Alboraj”; ES4210011), además de Reserva Natural (“Reserva Natural del Saladar de Cordovilla; DOCM, 2006), y alberga el Área Crítica del Plan de Recuperación de *H. polygonoides* (DOCM, 1999) y la Microrreserva de la Laguna de Alboraj (DOCM, 2001).

Las sales del Saladar de Cordovilla son de origen epigénico puesto que su alta salinidad es debida a la naturaleza de los materiales sobre los cuales se asienta, en contraste con la mayoría de los humedales salinos interiores de la península Ibérica cuyo origen es endorreico (DGCN. MIMAM,2005). Esto sin duda aporta mayor estabilidad a los datos de concentración de sales, debido a que la salinidad es mantenida a lo largo del tiempo y no depende de las condiciones variables de escorrentía. Para determinar dichos datos de concentración de sales edáficas puede utilizarse la conductividad, pues es su estimador más directo (Herrero, 2008).

El objetivo principal del presente estudio consiste en la determinación de la relación de los umbrales de salinidad del suelo y las especies vegetales que lo habitan en este saladar tomado como modelo. Para ello, fue necesario realizar mediciones objetivas y sistemáticas de la conductividad del suelo y determinar la concentración de sal edáfica en un grupo muestral suficiente por cada una de las especies.

Los resultados obtenidos en este estudio pueden ser interesantes para el análisis de las implicaciones de la salinidad del suelo en la dinámica y la dominancia de microhábitats en la distribución de los distintos elementos florísticos estudiados, así como para la optimización de la elección de localizaciones, en función de la salinidad edáfica, para la reintroducción en los refuerzos poblacionales a realizar en el Saladar de Cordovilla. Además, el presente trabajo puede resultar de interés para el cultivo *ex situ* de este interesante elenco florístico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Diseño experimental

Para la consecución de los objetivos planteados en este trabajo se realizaron muestreos en los suelos sobre los que vegetaba cada una de las 12 especies que forman parte del estudio. Las mediciones fueron realizadas bajo individuos seleccionados al azar hasta un tamaño de muestra adecuado, definido en cada especie como aquel tamaño de muestra para el que la media arrojaba una variación menor a la precisión del electrodo ($\pm 0,30$ mS/cm).

2.2 Selección de especies

Del elenco de especies que conforman la flora típica del Saladar de Cordovilla se han seleccionado especies pertenecientes a comunidades de albardiñares salinos y formaciones salinas de *Limonium*, matorrales halófilos, matorrales crasicaules y alguna integrante del juncal salino (Valdés *et al.*, 1993; Martín Herrero *et al.*, 2003). Todas estas comunidades están protegidas por la Ley 2/1988, de 31 de mayo, de conservación de los suelos y protección de

cubiertas vegetales naturales (DOCM, 1988) y recogidos dentro de los anexos de la Ley 9/1999, de 26 de mayo de conservación de la naturaleza como “hábitat de protección especial” (DOCM, 1999). Asimismo, son hábitats naturales incluidos en el Anejo I de la Directiva 92/43/CEE.

Las especies especialistas en sales seleccionadas para el estudio han sido: *Lygeum spartum* (L.) Kunth, *Helianthemum polygonoides* Peinado, Mart. Parras, Alcaraz & Espuelas, *Schoenus nigricans* L., *Frankenia thymifolia* Desf., *Limonium supinum* (Girard) Pignatt, *Limonium caesium* (Girard) Kunze., *Senecio auricula* Bourgeau ex Cosson, *Suaeda vera* Forssk. ex J.F.Gmel., *Sonchus crassifolius* Pourr. ex Willd., *Salsola vermiculata* L.

Así como un par de especies típicas de vegetación zonal no halófila presentes en los márgenes del saladar, usadas como especies control: *Helianthemum violaceum* (Cav.) Pau y *Stipa tenacissima* L.

2.3 Muestreo de la salinidad edáfica

La salinidad edáfica ha sido obtenida mediante muestreo directo en el suelo, previamente humedecido con agua osmotizada. Para ello se ha utilizado un conductímetro HI98331 (Hanna instruments, Padua, Italia) dotado de electrodo de penetración de acero inoxidable de 114 mm con un rango de 0 a 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una resolución de 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una precisión entre $\pm 50 \mu\text{S}/\text{cm}$ (para rangos de 0 a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y de $\pm 300 \mu\text{S}/\text{cm}$ (para rangos de 2000 a 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). El electrodo fue previamente calibrado con una solución de cloruro de potasio estándar de conductividad 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para las mediciones se ha dispuesto de compensación automática de temperatura (ATC), en modo que las muestras compensan automáticamente las variaciones de temperatura, utilizando un coeficiente fijo del 2 % por grado centígrado.

2.4 Análisis de datos

Los datos obtenidos han sido caracterizados mediante estadística descriptiva utilizando el promedio y el error estándar de la media, estimado como la desviación estándar de la muestra dividida por la raíz cuadrada del tamaño muestral (suponiendo la independencia estadística de los valores de la muestra, dado que provienen de eventos independientes, que no afectan entre sí su comportamiento estadístico). Por otra parte, se calcula su moda como valor que aparece con mayor frecuencia en el conjunto de datos y la mediana como posición central. Igualmente se ha obtenido el dato de umbral mínimo correspondiente al valor mínimo obtenido en las mediciones y el máximo correspondiente con el valor máximo obtenido por el electrodo o aquel que coincidía con el mayor valor de su rango.

Los promedios obtenidos se analizaron con un ANDEVA. En todos los casos, los factores asociados con los efectos principales significativos de la salinidad sobre la presencia de la especie se detectaron con una compara-

ción múltiple. Se utilizó la prueba de Tukey (1949) para detectar diferencias significativas ($p=0,05$) en la comparación entre los pares de concentraciones de salinidad en las que viven las especies. Previamente, la normalidad del muestreo se comprobó mediante la prueba de David (David et al, 1954) y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Cochran (Cochran, 1941).

Para un mejor análisis de los datos se calcularon los cuartiles como los valores de la variable que dividen a un conjunto de datos ordenados en cuatro partes iguales en % de los datos, donde el Q2 coincide con la mediana. Con ellos se construyó un diagrama de cajas y bigotes.

Todos los valores de las tablas y de las figuras obtenidos durante el estudio han sido ofrecidos en mS/cm.

3. RESULTADOS

Del análisis de los datos obtenidos (tabla 1), podemos destacar que, como era esperable, las especies no halófitas seleccionadas como control muestran únicamente capacidad de vegetar sobre los suelos con un menor promedio de salinidad edáfica, ya que en ningún caso superan los 0,222 mS/cm.

Es destacable el promedio obtenido para *Senecio auricula* (0,268 mS/cm), que resulta ser el menor obtenido de las medidas edáficas realizadas bajo los ejemplares de entre las especies típicas de saladar. En orden ascendente de concentración de salinidad, podríamos encontrar un grupo de especies cuyas condiciones de salinidad edáfica son ≤ 1 mS/cm, pues el promedio para *Salsola vermiculata* y *Limonium caesium* se establece entre los 0,3 y 0,4 mS/cm respectivamente y no difieren significativamente. *Sonchus crassifolium* y *Limonium supinum* superan los 0,4 mS/cm de salinidad promedio, pero aún no alcanzan 1 mS/cm, mientras que *Suaeda vera* y *Schoenus nigricans* viven en suelos que superan ligeramente 1 mS/cm como promedio. En promedios de concentraciones de salinidad edáfica mayor pero que no difieren significativamente entre ellas podríamos encontrar a *Lygeum spartum* y al endemismo exclusivo del saladar de Cordovilla *Helianthemum polygonoides* que vegetarían sobre suelos con 1,20 y 1,24 mS/cm respectivamente. Por último, la especie que vegeta sobre suelos con mayor concentración de sales promedio es *Frankenia thymifolia*, que lo hace en suelos cercanos a los 2 mS/cm.

Salinidad edáfica mS/cm							
	Promedio		Error	Mínimo	Máximo	Moda	Mediana
<i>Helianthemum violaceum</i>	0,125	±	0,03A	0,12	0,13	0,13	0,13
<i>Stipa tenacissima</i>	0,222	±	0,03A	0,10	0,46	0,46	0,13
<i>Senecio auricula</i>	0,268	±	0,02AB	0,17	0,54	0,24	0,24
<i>Salsola vermiculata</i>	0,374	±	0,04B	0,19	0,67	0,43	0,37
<i>Limonium caesium</i>	0,423	±	0,03B	0,22	0,72	0,22	0,42
<i>Sonchus crassifolius</i>	0,480	±	0,02BC	0,36	0,55	0,54	0,53
<i>Limonium supinum</i>	0,641	±	0,11C	0,33	2,67	0,33	0,53
<i>Suaeda vera</i>	1,070	±	0,20CD	0,12	≥ 4,00	1,27	0,91
<i>Schoenus nigricans</i>	1,173	±	0,20D	0,43	2,88	2,48	0,63
<i>Lygeum spartum</i>	1,209	±	0,20D	0,24	≥ 4,00	0,25	1,21
<i>Helianthemum polygonoides</i>	1,246	±	0,19D	0,33	2,89	0,46	0,96
<i>Frankenia thymifolia</i>	1,992	±	0,25E	0,24	≥ 4,00	≥ 4,00	1,79

Tabla 1. Resultado del cálculo de la estadística descriptiva aplicada sobre la variable salinidad de suelo sobre el que vegeta cada una de las especies. Asimismo, se muestran los factores asociados con los efectos principales significativos de la salinidad sobre la presencia de la especie que se detectaron con una comparación múltiple. Diferentes letras en el superíndice del error estándar indican diferencias significativas entre los datos de la columna, a un nivel de significación de 0,05.

Para completar los datos obtenidos sobre los promedios, cuando se analizan los umbrales de máximos y mínimos dentro de la serie de datos para cada una de las especies evaluadas (tabla 1), podemos ver que *Helianthemum violaceum* sería la que menor umbral de salinidad aceptaría (máx. 0,13 mS/cm) de las especies control, pudiendo llegar *Stipa tenacissima* a máximos de 0,46 mS/cm.

Es interesante destacar que si bien *Limonium supinum* puede ser encontrada en suelos con un promedio de salinidad relativamente bajo de 0,64 mS/cm, también ha podido ser encontrado algún ejemplar en máximos de 2,67 mS/cm. Dicha cifra supera al mayor valor promedio obtenido para *Frankenia thymifolia*. Por otra parte, son muy similares a las cifras de máxima salinidad alcanzadas en suelos con *Schoenus nigricans* y *Helianthemum polygonoides*, que han sido encontrados con 2,88 y 2,89 mS/cm respectivamente. Mención aparte merecen *Lygeum spartum*, *Suaeda vera* y *Frankenia thymifolia*, que pudieron encontrarse soportando suelos que superaban la capacidad de medición del electrodo utilizado y por lo tanto superiores o iguales a los 4mS/cm.

En cuanto a los mínimos, resulta interesante destacar que todas las especies evaluadas pueden encontrarse en suelos que tienen menos concentración de sales que las máximas soportadas por la especie control *Stipa tenacissima* ($< 0,46$ mS/cm).

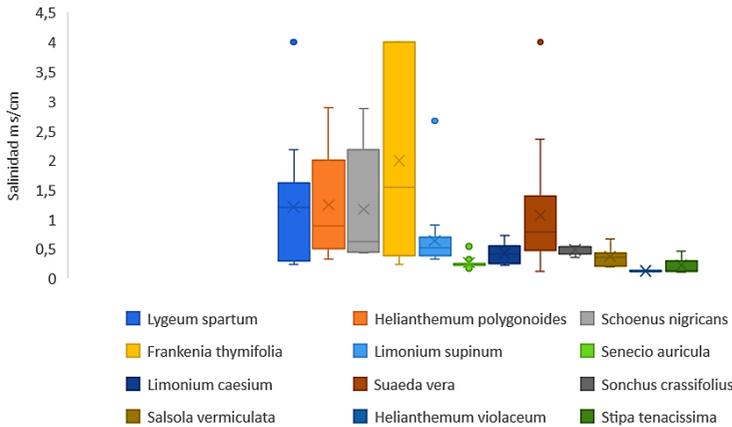


Figura 1. Distribución en cuartiles de los datos de salinidad edáfica por especie estudiada, resaltando el promedio con un aspa y la mediana con una línea horizontal. Las líneas que se extienden verticalmente indican la variabilidad fuera de los cuartiles centrales. Los puntos representan gráficamente los valores atípicos de la distribución.

La figura 1 muestra cómo todos los datos de *Helianthemum violaceum*, especie no especialista en la halofilia usada como control, se distribuyen en suelos con salinidad edáfica muy baja, de 0,12 a 0,13 mS/cm. Aunque la salinidad tolerada por la otra especie control no halófila, *Stipa tenacissima*, sea un poco mayor (valor máximo en el cuartil cuatro = 0,46 mS/cm), el 75 % de los datos se encuentran distribuidos en torno a la mediana 0,13 mS/cm. En valores muy similares a las especies no halófilas encontramos a *S. auricula*, que si bien su cuartil cuatro puede alcanzar 0,54 mS/cm, lo hace como un dato atípico de su distribución, estando los tres primeros cuartiles (75% de los individuos) distribuidos en torno a su mediana de 0,24 mS/cm (Figura 1). Otro grupo de especies en las que el 75 % de los individuos se encuentran distribuidos muy cercanos a la mediana, con valor en torno a 0,5 mS/cm, son *Salsola vermiculata*, *Sonchus crassifolius*, *Limonium caesium* y *Limonium supinum*. Con algo más de amplitud encontramos a *Suaeda vera* y *Schoenus nigricans* que presentan un máximo de 4 mS/cm, si bien lo hacen como un valor atípico de la distribución (figura 1).

Las especies *Helianthemum polygonoides*, *Lygeum spartum* y *Schoenus nigricans* muestran distribuciones más amplias que las especies citadas en el párrafo anterior, en cuanto a la resistencia a la salinidad edáfica. Esto se

puede comprobar si observamos los cuartiles centrales de la distribución de estas especies, pues dichos cuartiles en indican que en *H. polygonoides*, *L. spartum* y *S. nigricans* el 75 % de datos se mueven en concentraciones de sal en el suelo por debajo de 0,5 y en torno a 2 mS/cm (figura 1). Si bien, en la figura 1 se puede observar que mientras en *Helianthemum polygonoides* y *Schoenus nigricans* la distribución de datos se encuentra más concentrada en el Q2 (en torno a valores de salinidad más bajos) *Lygeum spartum* lo hace en el Q3 (en torno a valores de salinidad más altos) llegando a mostrar valores de 4 mS/cm como valor atípico de la distribución.

Por último, la que mayor rango de distribución de datos presenta es *Frankenia thymifolia*, con el 75 % de los datos distribuidos entre 0,24 mS/cm y 4 mS/cm, presentando además una distribución de los datos más homogénea que las anteriores y similar en los cuartiles centrales y una mediana cercana a la media.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como es sabido, resulta relativamente fácil el proceso de idear teorías sobre la especialización adaptativa de las plantas, pero es mucho más complejo demostrarlas (Stearns; 1976). En nuestro estudio los resultados muestran no solo cómo las especies control son capaces de vivir en suelos con baja salinidad, sino que también lo hacen las especialistas halófitas. Todas las especies estudiadas pueden vegetar y así lo hacen, al menos en su primer cuartil, sobre suelos no típicamente salinos, es decir con salinidades edáficas muy bajas (inferiores a 0,5 mS/cm) (figura 1).

En las especies halófitas estudiadas se observa una aparente falta de necesidad de suelos salinos para crecer. No obstante, el hecho de que dichas especies se encuentren casi exclusivamente en el saladar nos podría estar demostrando precisamente que los suelos salinos están funcionando como refugio para ellas. Entendiendo la idea de refugio como uno de los conceptos integradores en ecología y evolución, que abarca una gran variedad de fenómenos divergentes incluida la competencia por los recursos y las respuestas funcionales (Berryman *et al.*, 2006). Mostrando, por lo tanto, que la especialización adaptativa de las especies halófitas estudiadas podría venir explicada por la citada idea de refugio.

El aspecto citado en el párrafo anterior es especialmente evidente en *Senecio auricula*, cuya distribución de individuos en relación con la concentración salina del suelo muestra una distribución muy similar a las plantas no halófilas usadas como control, por lo que podría estar formando parte del saladar de un modo halófilo forzado. Este aspecto coincide con los datos obtenidos en estudios anteriores sobre la germinación de las semillas de *Senecio auricula*, en los que se comprobó que la presencia de concentraciones salinas superiores al 2 % de NaCl pueden impedir temporalmente su germinación

hasta que no disminuya la salinidad como consecuencia de las precipitaciones (Herranz *et al.*, 2004).

Por otra parte, si nos centramos en los datos de suelo con los promedios de salinidad edáfica más bajos obtenidos durante este estudio pero que ya presentan especies halófilas propiamente dichas (≤ 1 mS/cm; tabla 1), podemos ver cómo nuestros resultados apoyan la idea general de la competencia en saladares. Es decir, que dicha competencia es más intensa e importante en el extremo más benigno del rango de tolerancia de cada especie (Steven *et al.*, 1992). Esta podría ser una explicación plausible al hecho de que encontramos alrededor del 50 % de las especies estudiadas y el 60 % de las halófitas ubicadas en suelos con promedios cercanos a ese rango de salinidad.

En suelos con promedios de salinidad superiores a 1,1 mS/cm encontramos al endemismo exclusivo *Helianthemum polygonoides*. Dicha especie es un sufrútice que no supera los 10-20 cm (López González, 1993) que comparte hábitat con *Lygeum spartum*, *el albardín*, sobre suelos con igual promedio de salinidad edáfica (1,2 mS/cm; tabla 1). Esta hierba vivaz, cespitosa y amacollada, cuyos tallos pueden alcanzar hasta los 90 cm (López González, 2020), por su forma de crecimiento y tamaño, podría dominar y desplazar en las estepas salinas mediterráneas de Cordovilla *H. polygonoides*, de menor tamaño, como de hecho hace con muchas otras especies vegetales en comunidades donde llega a ser una especie absolutamente dominante (Valdés *et al.*, 1993; Herranz *et al.*, 2015). Sin embargo, ambas conviven en el mismo hábitat protegido de los albardinares salinos (Martín Herrero *et al.*, 2003). Los datos obtenidos por este estudio podrían ofrecer una explicación a esta situación, si observamos los cuartiles (figura 1) y vemos cómo el 75 % los ejemplares de



Figura 3: Muestra albardinar cerrado monoespecífico (a la izquierda) frente a albardinar abierto dando cabida a *Helianthemum polygonoides* (Figura 3).

Fotografías: Pablo Ferrandis Gotor.

Lygeum spartum se distribuyen en zonas cuya salinidad edáfica se encuentra entre 0,24 y 1,5 mS/cm aproximadamente, mientras que los cuartiles centrales que representan al 50 % de los ejemplares de *H. polygonoides* lo hace ligeramente desplazados. Esto es, los ejemplares de *H. polygonoides* se distri-

buyen hacia salinidades algo mayores llegando a alcanzar los 2 mS/cm y su mínimo se ubica en 0,33 mS/cm. Por lo tanto, en el caso de estas dos especies, aunque la salinidad promedio del suelo sobre el que habitan sea casi idéntica (tabla 1), la distribución de los datos muestra como los datos de *L. spartum* se encuentran más concentrados en el tercer cuartil por encima del promedio y *H. polygonoides* en el cuartil segundo por debajo del promedio (figura 1), evitando así solaparse completamente. Por tanto, se podría interpretar que es la propia salinidad del suelo, cuando se torna relativamente alta, la que limita el desarrollo del albardín, al alejarse de su óptimo, mientras que *H. polygonoides*, especie netamente heliófila y de carácter colonizador (Herranz *et al.* 2004), es capaz de prosperar sobre los amplios claros que quedan entre las macollas de albardín. Este papel crítico de la salinidad edáfica en el caso de *H. polygonoides*, que ahora se constata en este trabajo, ya lo plantearon Herranz *et al.* (2004) a partir de sus observaciones en campo. El mantenimiento de las propiedades químicas del suelo, concretamente la salinidad, se revela por tanto fundamental para la conservación de esta especie en peligro crítico de extinción, actualmente con un área de ocupación a nivel mundial en torno a las 15-16 hectáreas (Herranz *et al.*, 2004, 2010).

Por último, requiere una mención especial la especie *Frankenia thymifolia*, cuya capacidad de adaptación a los suelos salinos ha mostrado ser la de mayor amplitud de todas las especies estudiadas pues la encontramos desde los 0,24mS/cm hasta los 4 ms/cm. Asimismo, se encuentran repartidas de un modo homogéneo de tal forma que el 75 % de todos los individuos muestreados en esta especie vegetan dentro de este rango. Podríamos decir, por tanto, que por su amplio rango y por la homogeneidad de distribución esta sería la más halófila de todas las especies que han tomado parte de este estudio.

De igual forma, la limitación del desarrollo de las macollas de albardín, que acapara todo el espacio disponible cuando la concentración edáfica de sales es menor (Herranz *et al.* 2010), permitiría que en las laderas de la cubeta del Saladar de Cordovilla se asienten algunas de las muestras de estepas salinas mediterráneas, hábitat protegido por la UE (DUE, 1992) y a nivel regional (DOCM, 1999), con mayor diversidad en taxones vegetales del interior de la península ibérica (Cirujano, 1989), al promover la subasociación *helianthemetosum polygonoidis* (Valdes *et al.*, 1993) de albardinar muy disperso de *Lygeo sparti-Limonion angustibracteati* (Alcaraz, 1984; Rivas-Martínez, 1984), donde otras halófitas endémicas y amenazadas tales como *Helianthemum polygonoides* encuentran así cabida (figura 3).

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a las personas que participaron en alguna medida en la toma de datos para la realización de este estudio: Guillermo Gar-

cía-Sauco, Jose Luis Escobar, Cristina Cuartero y Ariadna Santiago, así como a Jose Antonio López Dónate de la Dirección General de Espacios Naturales y Biodiversidad de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha por la autorización para las mediciones en campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, F. (1984). *Flora y Vegetación del NE de Murcia*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Murcia. Murcia. 404 pp
- Berryman, A. A. & Hawkins, B. A. (2006). The refuge as an integrating concept in ecology and evolution. *Oikos* 115 (1): 192-196. doi:10.1111/j.0030-1299.2006.15188
- Cirujano, S. (1989). Los saladares de Cordovilla (Tobarra, Albacete) caracterización e importancia. *Al-Basit: Revista de estudios albacetenses*, 25: 209-217.
- Cochran, W. G. (1941). The distribution of the largest of a set of estimated variances as a fraction of their total. *Annals of Eugenics*, 11: 47-61. doi.org/10.1111/j.1469-1809.1941.tb02271.x
- Cooper, A. (1982). The effects of salinity and waterlogging on the growth and cation uptake of salt marsh plants. *New Phytologist*, 90:263-275.
- David, H. A.; Hartley, H. O. & Pearson, E. S. (1954). The distribution of the ratio in a single normal sample of range to standard deviation. *Biometrika*, 41: 482-493. doi:10.1093/biomet/41.3-4.482
- D.O.C.M. (1999). Decreto 236/1999, de 14/12/1999, por el que se aprueba el plan de recuperación de la especie de flora *Helianthemum polygonoides*. DOCM, 83, de 30/12/1999.
- D.O.C.M. (2001). Decreto 182/2000, de 19 de diciembre, por el que se aprueba el Plan de Ordenación De Los Recursos Naturales de la Laguna de Alboraj, en Tobarra (Albacete) y se declara la Micro reserva a la Laguna de Alboraj. DOCM, 6,16/01/2001.
- D.O.C.M. (2006). Decreto 121/2006, de 12-12-2006, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Saladar de Cordovilla en los términos municipales de Tobarra y Hellín de la provincia Albacete, y se declara la reserva natural del Saladar de Cordovilla. DOCM, 260, de 15/12/2006.
- DGCN. MIMAM (2005) Formularios Oficiales Red Natura 2000. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/BDN_CNTRYES.aspx. Último acceso 02/11/2022]

- Ferrandis, P., Sánchez, Á., Herranz, J., & Martínez, E. (2015). Factores y procesos influyentes en los cambios espaciales post-incendio de la estructura de los bancos de semillas del suelo en una estepa salina mediterránea. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 3(1), 31-44.
- Herranz J.M., Ferrandis P. & Copete M.A. (2004). Germinación de tres halófitos amenazados en Castilla-La Mancha en condiciones de estrés salino. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 13 (2): 357-368.
- Herranz J.M, Valdes A. & Copete M.A. (2011). Características de la flora de Castilla la Mancha: territorios y elementos florísticos. En Hernández Bermejo E., Herranz J.M. (eds) *Protección de la diversidad vegetal y de los recursos fitogenéticos en Castilla La Mancha: la perspectiva existente y el compromiso del Jardín Botánico*. 1:1-20. Instituto de Estudios albacetenses Don Juan Manuel, Albacete.
- Herrero J. (2008) Salinidad edáfica en varios salobreres de Aragón. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural Segunda época*, Tomo 4. Salamanca. 164pp.
- López González, G. (1993). *Helianthemum*. En Castroviejo S., Aedo C, Cirujano S., Lainz M, Monserrat, P. Morales R., Muñoz Garmendia, F., Navarro C. , Paiva J. & Soriano C. (Eds) *Flora iberica 3*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- López González, G. (2020). *Lygeum*. En Devesa J.A., Romero Zarco A., Buira A. Quintanar A. & Aedo C. (eds) *Flora iberica 19:49-51*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Margules C., Nicholls A.O., Pressey R.L. (1988) Selecting networks of reserves to maximise biological diversity, *Biological Conservation*: 43, 1.
- Martín Herrero, J., S. Cirujano Bracamonte, M. Moreno Pérez, J.B. Peris Gisbert & G. Stübing Martínez. (2003). *La vegetación protegida en Castilla-La Mancha*. Ed. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo. 375pp.
- Merlo M.E., Mota J.F. & Sánchez Gómez P. (2011). Ecofisiología y adaptaciones de las plantas vasculares a las características físicas y químicas de sustratos especiales. (En) Mota J.F., Sánchez P. & Guirado J. (eds.) *Diversidad vegetal de las yeseras ibéricas. El reto de los archipiélagos edáficos para la biología de la conservación*.3:51-75 ADIF-Mediterráneo Asesores Consultores. Almería.
- Rivas-Martinez, S. (1984). *Vegetatio Hispaniae*. Notula VI. *Studia Botanica*, 3: 7, 16.
- Stearns S. C. (1976) Life-History Tactics: A Review of the Ideas. *The Quarterly Review of Biology*. The University of Chicago Press. 51 (1). 3-47.
- Steven C. P. & Callaway R. M. (1992) Salt Marsh Plant Zonation: The Relative Importance of Competition and Physical Factors. *Ecological Society of*

America: 73, (2): 681-690. doi.org/10.2307/1940774.

Terrones Contreras, A., Moreno J & Alonso M.A. (2016) El género *Limonium* en el LIC “Saladares de Cordovilla y Agramón y Laguna de Alboraj” *Actas de las III Jornadas sobre el Medio Natural Albacetense*. 82-94.

Tukey, J. W., (1949). Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics*. 5(2): 99-110. doi: 10.2307/3001913

Valdés A., González J.L. & Molina R.(1993). *Flora y vegetación de los saladares de Cordovilla y Agramón (S.E. de Albacete)*. Instituto de Estudios Albacetenses “Don Juan Manuel” Serie I - Estudios, 73. Albacete. 144 pp.