



**Universidad Miguel Hernández**  
**Facultad de Ciencias Experimentales**  
**Grado Ciencias Ambientales**

**Estudio de la variabilidad fenotípica de *Limonium tobarrense* en condiciones  
no estresantes**

**Trabajo fin de grado**  
**Departamento de Botánica**  
**Convocatoria septiembre**  
**Curso 2022/2023**

**Autora:** Alba Vidal Ríos

**Tutor del TFG:** Joaquín Moreno Compañ

**Código Coir:** TFG.GCA.JMC.AVR.230524

## Resumen

Este trabajo se centra en el estudio fenotípico del endemismo *Limonium tobarrense* para evaluar la viabilidad de su conservación *ex situ* en colecciones vivas. El área de estudio es el Saladar de Cordovilla en Tobarra (Albacete), donde se encuentra la única población conocida de esta especie. Se recolectaron individuos para prensado y semillas para ser cultivadas *ex situ*. Además, se midieron variables morfológicas y se realizó un análisis de componentes principales. Los resultados mostraron que los individuos cultivados *ex situ* son de mayor tamaño que los recolectados en campo, sugiriendo que la falta de estrés ambiental favorece un mayor desarrollo. Por tanto, la conservación *ex situ* no sería posible para la conservación de esta especie, ya que conlleva una drástica variación del fenotipo. Así pues, para conservar este endemismo se sugiere proteger su hábitat natural (medida *in situ*) o la creación de un banco de germoplasma (medida *ex situ*).

## Palabras clave:

*Limonium tobarrense*, endemismo, conservación *ex situ*, análisis de componentes principales, estrés vegetal, variación fenotípica.

## Abstract

This study is focused on the phenotypic study of the endemic *Limonium tobarrense* to assess the viability of its *ex situ* conservation in living collections. The study area is the Saltmarsh of Cordovilla in Tobarra (Albacete), where the only known population of this species appears. Live individuals for pressing and seeds were collected for *ex situ* culture. Besides, morphological variables were measured and a principal component analysis was performed. The results showed that *ex situ* cultured individuals are larger than the natural ones, suggesting that the lack of environmental stress favours greater development. Therefore, *ex situ* conservation would not be possible to the conservation of this species, since it implies a drastic phenotypical variation. Hence, we suggest protecting the natural habitat of this endemism (*in situ* measure) or the creation of a germplasm bank (*ex situ* measure) to conserve this endemism.

**Keywords:** *Limonium tobarrense*, endemism, *ex situ* conservation, principal component analysis, plant stress, phenotypic variation.

## Índice

1. Introducción .....	4
1.1. El género <i>Limonium</i> .....	4
1.2 Características de un saladar y la vegetación asociada .....	5
1.3. <i>Limonium tobarrense</i> en la provincia de Albacete.....	6
1.4. Medidas de conservación vegetal .....	8
2. Antecedentes y justificación.....	12
3. Objetivo.....	13
4. Materiales y métodos .....	13
4.1. Área de estudio .....	13
4.2. Recolección de semillas, montaje experimental y toma de medidas.....	14
4.3. Análisis estadístico .....	14
6. Discusión .....	18
7. Conclusiones y proyección futura.....	22
8. Bibliografía.....	25



## 1. Introducción

### 1.1. El género *Limonium*

El género *Limonium* Mill. pertenece a la familia de las Plumbagináceas y agrupa alrededor de 400 especies, de las cuales aproximadamente 100 especies se encuentran en España, Portugal y Baleares, Cuenta con 2 centros de diversificación, uno en las estepas asiáticas y otro en el oeste de la Región Mediterránea formando un grupo taxonómico complejo e importante en la biodiversidad del mediterráneo (Erben, 1993; Rosas, 2019). Su alta tolerancia al estrés salino es un factor determinante para la distribución de las especies de *Limonium* (Albors, 2018). Este grupo incluye plantas herbáceas perennes, caracterizadas por presentar rosetas de hojas basales cortamente ramificadas que emiten tallos floríferos de desarrollo estacional, aunque este género también cuenta con especies anuales (Castroviejo, 1986-2021). Además, las especies del género *Limonium*, por lo general, presentan ramas unilaterales o bilaterales, inflorescencias en panícula, y espigas generalmente terminales con un número variable de espiguillas (Erben, 1993). Otra característica de este género es la variabilidad intraespecífica por hibridación y apomixis (i.e., reproducción asexual mediante semillas), complicando la identificación de taxones por la variación entre especies cercanas de *Limonium* (Terrones *et al.*, 2016). Es un género ampliamente estudiado en la Península Ibérica, y las investigaciones taxonómicas revelan endemismos con distribuciones estrechas (Erben 1993; 1999, Rosselló *et al.*, 1994; Gómiz 1995; Roselló *et al.*, 1997; Crespo & Lledó 1998; Sáez *et al.* 1998; Sáez & Rosselló 1999), y un alto número de esos endemismos han sido recientemente descritos como nuevas especies (Aparicio 2005; Erben & Arán 2005; Crespo 2009; Ferrer-Gallego *et al.*, 2013; 2015; Moreno *et al.*, 2016). Varias especies de este género se encuentran en la provincia de Albacete (sureste de la Península Ibérica, España) como *Limonium cesio*, *L. cossonianum*, *L. delicatulum*, *L. x eugeniae* Sennen y *L. supinum*, incluido el *Limonium tobarrense*, (especie en la que se centra este estudio), estas especies se encuentran en comunidades halófilas, principalmente en las salinas de Cordovilla y Agramón.

Cabe destacar que las especies de este género están adaptadas a crecer en hábitats áridos y semiáridos, sobre suelos salinos o yesosos, apareciendo en marjales, lagunas de interior, costas rocosas y saladares (Erben, 1993; Moreno *et al.*, 2018). Este hecho, junto con la frecuente reproducción vegetativa, hace que este

género tenga una distribución simpátrica, favoreciendo la especiación y la aparición de numerosos endemismos (Terrones *et al.*, 2016).

## **1.2 Características de un saladar, vegetación asociada y su importancia ecológica**

Los saladares son ecosistemas complejos, y constituyen entornos de transición entre ambientes terrestres, y ambientes acuáticos, dando como resultado una interacción entre estos dos medios junto con la radiación solar, haciendo que en superficie se desarrolle un ecosistema con características particulares y exclusivas (Paracuellos 2017), que se caracterizan principalmente por la falta de agua disponible para la vegetación durante los períodos secos (déficit hídrico), por tener un suelo principalmente de arcilla o margas con una elevada concentración de sales (estrés salino), y por un nivel freático con elevada conductividad eléctrica cercano a la superficie terrestre, siendo comunes los afloramientos de agua y la existencia de charcas salobres o bien se sitúan en depresiones donde se acumula lluvia de agua, disolviendo así las sales presentes en el suelo (Albors, 2018; Cirujano, 1989; Guerrero, 2011).

El paisaje de saladar es característico por ser terrenos llanos o ligeramente deprimidos (Montes & Martino, 1987), y por la presencia de pequeños matorrales que no llegan a cubrir todo el espacio disponible. Las condiciones extremas de estos hábitats dan lugar a una alta especialización y adaptabilidad de las especies, que han desarrollado una morfología y fisiología adaptada a al estrés salino e hídrico, estas son llamadas comunidades halófitas. Por esta misma razón existen también numerosos endemismos en los saladares. Las comunidades halófitas son plantas con hojas o tallos carnosos y tienen una colonización lenta (Cirujano, 1989). La composición florística de estos ecosistemas es poco variada, y se agrupan en unas pocas familias, la fisionomía de la vegetación es única y contribuye a la diversificación del paisaje. Estas familias son Aizoáceas, Quenopodiáceas, Plumbagináceas (en la que se incluirían las especies del género *Limonium*), Tamaricáceas o Frankeniáceas (Aparici, 2019; Cirujano, 1989). La fauna de estos enclaves está también adaptada a las extremas condiciones que supone poder sobrevivir en estos hábitats, entre ella, resalta la abundante variedad de invertebrados característicos de estos hábitats (muchas especies están consideradas endemismos). Muchas especies aves

dependen de los saladares para su supervivencia, ya que se alimentan y reproducen en ellos, y muchas de ellas presentan algún grado de amenaza a escala regional o mundial (Paracuellos, 2007). Estos hechos han propiciado el hecho que muchos de estos ecosistemas queden protegidos administrativamente como zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Zonas de Especial Conservación (ZEC). Algunas de las aves características son especies esteparias de saladares de interior, como *Tetrax tetrax*, *Pterocles orientalis*, *Burhinus oedipnemos* y *Coturnix coturnix*, y rapaces como *Circus sp.*, *Falco peregrinus*, *F. tinnunculus*, *F. columbarius*, *Buteo buteo*, y *Aquila chrysaetos* (Fundación Integra).

Por todo esto, los saladares están considerados ecosistemas de gran importancia ecológica, y España es el país de Europa con mayor diversidad, abundancia y concentración de estos ecosistemas (Carrasco, 2020). Su valor radica en la escasez de estos hábitats a nivel mundial, en la exclusividad y rareza de un gran número de especies (gran número de endemismos).

Estos ecosistemas son frágiles, y susceptibles a las presiones antrópicas. Actualmente se encuentran amenazados, por el sector urbanístico, industrial y agrícola, así como la ubicación cercana de vertederos o escombreras, produciendo cambios ecológicos que pueden o no ser reversibles, y alteraciones en la estructura física, y en la cantidad y calidad de las aguas (Paracuellos 2007). La utilización de pesticidas y plaguicidas en las zonas circundantes constituyen un peligro para la fauna invertebrada, y la llegada de agua a través de las redes hídricas provenientes del regadío de cultivos hace que varíe la concentración salina del saladar, afectando negativamente tanto a las comunidades de animales como a la vegetación halófila propia del saladar (Fundación Integra).

### **1.3. *Limonium tobarrense* en la provincia de Albacete**

La especie *Limonium tobarrense* J. Moreno, Terrones, MA Alonso, Juan & MB Crespo es una planta perenne, multicaule, con indumento de pelos cortos, más o menos denso (Figura 1). Presenta hojas en roseta basal de oblanceoladas estrechamente oblanceolado-espátuladas verdes en la antesis, con pecíolos de (1,0–)1,5–3,0 mm de ancho (i.e., tan largos como 2/3 de la longitud de la lámina). Sus escapos son de 20–60 cm, erectos, en zigzag, densamente pilosos (al menos en el

1/3 inferior) con pelos simples o reunidos en grupos de tres. *L. tobarrense* tiene una inflorescencia de contorno romboidal a lanceolada (generalmente tipo C o E, según Erben (1993)) y, mayormente, sin ramas estériles. Sus ramas primarias son de hasta 20 cm de largo, escasas y de disposición laxa, casi recta (ángulo de ramificación 50°–65°), y está ramificada en el tercio superior. La especie presenta espigas terminales de 5–13(–16) mm, densas en el ápice de las ramas y rectas; así como espigas laterales más cortas que las espigas terminales, 3,5–9,5(–11,5) mm. Sus espiguillas terminales son de 4–6 mm de largo, densamente dispuestas, (6–)7– 10(–11) por cm, en disposición bilateral, y cada espiguilla presenta 2 flores. Asimismo, las espiguillas laterales son de 4,0–5,5 mm, bifloras, densamente dispuestas (4–9 por cm), y en disposición bilateral. La bráctea externa es de 1.0–1.5(–2.0) × 0.5–0.75 mm, triangular-ovada, con ápice subotuso a romo; margen hialino ampliamente membranoso; papilar-arrugada y algo carnosa en la parte media, punta estrecha oblonga que no alcanza el margen; peludo en el nervio. La bráctea media es de 1,3–1,5 × 0,3–0,5 mm, oblongo-elíptica a oblongo-obovada, membranácea, escasamente pilosa. La bráctea interior es de (3,0–)3,5(–4,0) × 3,0–3,5 mm margen hialino-membranáceo; parte media 2.7–3.0 × 1.2–1.3 mm, algo carnosa con papilas arrugadas en la mitad superior, pilosas en el ápice (de 0,1 mm) estrechamente acuminado. Las flores de *L. tobarrense* tienen una corola de 4,5 a 6,0 mm de diámetro; y un cáliz de (3,0–) 3,5 mm de largo, que excede la bráctea interna aproximadamente 0,5–0,75 mm. Además, el cáliz presenta un tubo densamente piloso, con pelos largos de hasta 0,3–0,4 mm; dientes 0,5–1,0 × 0,5 mm, ampliamente semielípticos y escasamente pilosos; costillas tubulares que terminan por encima de la mitad de la base del diente; y un área intercostal densamente pilosa en un lado, glabrescente a pilosa corta en el resto. Cabe destacar que la extremidad del cáliz se lacera después de la antesis. Finalmente, los pétalos de *L. tobarrense* son de 5,5–6,5 × 1,5–2,0 mm, cuneados y violeta-azulados (Moreno *et al.*, 2016) (Figura 1). Por último, según las características reproductivas de *L. tobarrense* se considera una especie agamosperma (i.e., forma semillas sin una fecundación previa). Además, el tamaño y la forma de su polen son irregulares, presentando granos trimórficos y otros más pequeños anormalmente colpados (Moreno *et al.*, 2016).

*L. tobarrense* es una especie endémica de la provincia de Albacete, localizándose su área de distribución en el Saladar de Cordovilla (Tobarra, Albacete)

(Moreno *et al.*, 2016). El Saladar de Cordovilla se sitúa en la provincia biogeográfica Castellano–Maestrazgo–Manchega, en la cuenca del río Mundo, afluente del Segura, en la comarca de las Tierras de Hellín, comarca Jumillano–Socovense del sector biogeográfico manchego (Rivas-Martínez *et al.*, 2001). Desde el punto de vista geológico, pertenece a la Cordillera Bética y estratigráficamente está dentro del prebético externo central, donde predominan las dolomías jurásicas y materiales dentífricos (Molina *et al.*, 2001). Este ambiente se trata de una depresión inundable, que se eleva de manera gradual, produciendo un gradiente de diferentes concentraciones de salinidad (Cirujano, 1989; Moreno *et al.*, 2018). Este saladar de interior tiene un origen epigénico, ya que su elevada salinidad se debe a las altas concentraciones de sales solubles de sodio o magnesio por la naturaleza de los materiales originales. Los suelos predominantes son los entisoles, que se caracterizan por ser suelos superficiales sobre materiales rocosos en los que predominan texturas de francoarenosas a francoarcillosas y los inceptisoles, estos se encuentran a profundidades variables, y son característicos por tener elevadas cantidades de carbonato cálcico en el suelo (Molina *et al.*, 2001). Además, el clima de esta zona es semiárido, caracterizado por la aridez y la escasez de agua durante periodos largos de tiempo (Rivas-Martínez *et al.*, 2001); por ello, consecuentemente, la vegetación existente presenta adaptaciones para poder sobrevivir en este enclave, apareciendo mayoritariamente plantas halófilas, halonitrófilas y gipsófilas (Moreno *et al.*, 2018). Finalmente, destacar que *L. tobarrense* crece en suelos salinos limosos, arcillosos y calizos, pudiéndose encontrar en comunidades de *Salicornia fruticosa* (L.) L. y *Arthrocaulon macrostachyum* (Moric.) Piirainen & G. Kadereit (Moreno *et al.*, 2016).

#### **1.4. Medidas de conservación vegetal**

La conservación de las especies de flora es fundamental para el bienestar de los ecosistemas, ya que su protección asegura funcionalidad de los servicios ecológicos (ej., regulación del clima, polinización, erosión del suelo, y hábitats para la fauna). Las especies vegetales son claves en la cadena alimentaria, ya que numerosas especies de animales dependen directa o indirectamente de ellas, como fuente de alimento y/o refugio. Asimismo, al proteger la diversidad, se conserva la variabilidad genética de las especies de flora, haciéndolas más resistentes a

enfermedades y factores de estrés. Finalmente, la protección de la flora también influye en la calidad de vida de las personas. Las áreas verdes y los espacios naturales son importantes para la salud física y mental de la población, contribuyen al turismo y recreación, mejoran la calidad del aire y el agua, y proporcionan recursos esenciales como madera, alimentos y medicinas.

Actualmente, existen numerosas técnicas de conservación de flora y vegetación. Dependiendo de cada taxón y sus requerimientos de conservación, es más apropiado usar unas u otras. Por ejemplo, cuando la especie está en *Peligro de extinción* (*En peligro crítico* (CR) o *En peligro* (EN), según la UICN (2012)), estando sus poblaciones reducidas o su hábitat amenazado, una buena opción es la conservación *ex situ* para posteriormente la reintroducción en su hábitat de origen y para aumentar así el número de efectivos en dicha población. Así pues, en el caso de *L. tobarrense* deberían tenerse en cuenta técnicas de conservación *ex situ*, debido a bajo número de individuos en sus poblaciones naturales y el hecho de que Moreno *et al.* (2016) propuso clasificar dicha especie como CR (criterio D) según la UICN (2012).

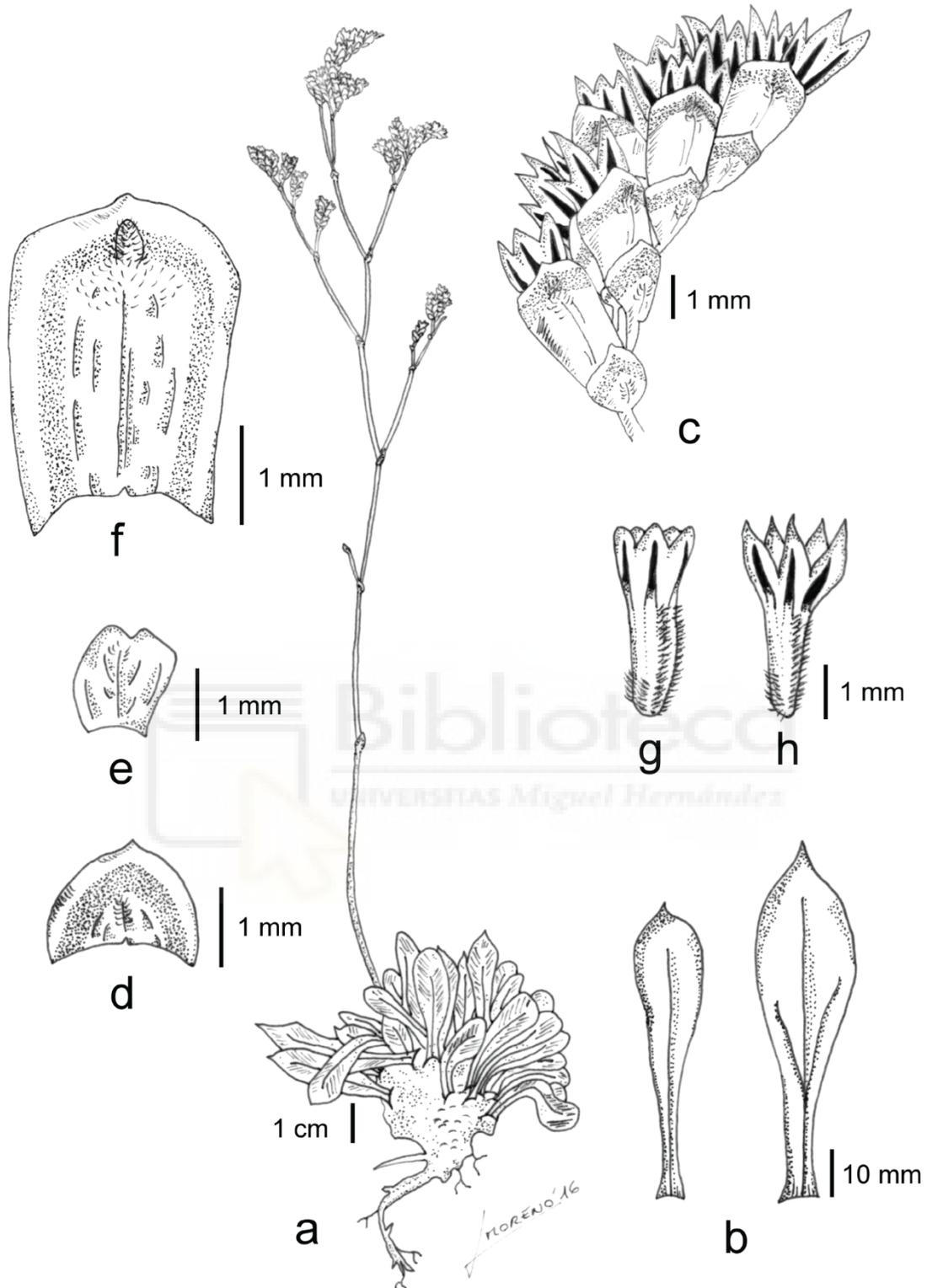
En este contexto, la técnica de conservación *ex situ* es una estrategia de conservación de especies y poblaciones fuera del hábitat natural. Esta consiste en la recolección de semillas, esquejes o plántulas y su cultivo en jardines botánicos (i.e., colecciones vivas), bancos de germoplasma, viveros o cultivos *in vitro*. De este modo, se crean condiciones controladas para imitar el hábitat natural de la especie, garantizando así su supervivencia y reproducción. Además, estas técnicas permiten conservar y preservar la diversidad genética de las especies, mediante la reserva de individuos y reintroducciones futuras en sus ecosistemas, y también es una oportunidad para realizar futuros estudios y proteger de manera efectiva la especie en su hábitat natural (*in situ*) (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico).

Un jardín botánico se define como una institución que mantiene colecciones vivas de especies vegetales documentadas identificadas y etiquetadas en un espacio, los jardines botánicos juegan un papel importante en la conservación de especies, ya que tienen por objetivo conservar la diversidad biológica, realizar estudios e investigaciones sobre la ecología de las especies vegetales, y exhibir las especies para educar y sensibilizar a la población (Ibiza Botánico Biotecnólogo, 2022; Forero,

2011). Estas instituciones permiten conservar las especies por tiempo ilimitado y en un espacio reducido muestras representativas de diversidad genética de una gran cantidad de especies de plantas (Di Sacco *et al.*, 2019).

No obstante, hay que tener en cuenta que las técnicas de conservación *ex situ* son complementarias a la conservación *in situ*, que se centra en la creación de áreas protegidas, restauración de hábitats, y el monitoreo y seguimiento de la especie. Aun así, cuando no es posible tales acciones o su efectividad es limitada, la conservación *ex situ* a través de programas específicos resultan de vital importancia para la conservación de la especie (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).





**Figura 1.** *Limonium tobarrense* J. Moreno, Terrones, MA Alonso, Juan & MB Crespo (holotipo: ABH-71924). (a) porte; (b) hojas de roseta basal; (c) espiguillas; (d) bráctea exterior; (e) bráctea media; (f) bráctea interna; (g) cáliz en flor; (h) cáliz fructífero (Moreno et al., 2016).

## 2. Antecedentes y justificación

*Limonium tobarrense* es una planta de gran interés en términos de conservación, debido a su carácter endémico y su situación de amenaza. Pese a que el Saladar de Cordovilla se encuentra incluido en la Zona Especial para la Conservación (ZEC) “Saladares de Cordovilla y Agramón y laguna de Alboraj” (ES4210011) de la Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha, este enclave sigue albergando una presión antrópica importante. Los saladares son ecosistemas frágiles y vulnerables, y están sometidos a una presión antrópica creciente. La presencia de cultivos agrícolas, por el arado en los bordes colindantes con la reserva, y su riego, que provoca la desalinización del suelo por lavado, la contaminación de fertilizantes abonos, la explotación de la sal y el sobrepastoreo están afectando negativamente a muchas poblaciones de *Limonium* (Terrones *et al.*, 2016); así como la proximidad de las urbanizaciones, los vertidos de las aguas residuales, y los vertederos o escombreras cerca de las ramblas (Gobierno de Castilla-La Mancha, 2006). Asimismo, cabe destacar que la importancia ecológica del Saladar de Cordovilla radica en la singularidad y rareza del ecosistema y está considerado como los saladares con mayor importancia y mejores conservados de España, por su gran extensión, su riqueza en especies, y los numerosos endemismos de flora, los más representativos: *Helianthemum polygonoides* Peinado, Mart. Parras, Alcaraz & Espuelas, *L. cordovillensis* Roselló & Peris, *L. admirabile* Terrones, J. Moreno, M. Á. Alonso, Juan & M. B. Crespo y *L. tobarrense* (Gobierno de Castilla-La Mancha, 2006).

Además, la única población encontrada de *L. tobarrense* (i.e., Saladar de Cordovilla) incluye alrededor de 50 individuos reproductivos, y no hay información disponible sobre su variación/fluctuación temporal. Por ello, este endemismo actualmente es una especie en peligro y su conservación es crucial para preservar la diversidad biológica de los saladares de la región y proteger su función ecológica en el mantenimiento de los ecosistemas. En este contexto, aplicar técnicas de conservación *ex situ* para *L. tobarrense* es una buena opción para aumentar el número de individuos y reintroducirlos posteriormente en su hábitat natural. Cabe destacar que la evaluación de la efectividad de la conservación *ex situ* de *L. tobarrense* en colecciones vivas (i.e., jardines botánicos) se hace necesaria para la preservación futura de la especie, teniendo en cuenta las amenazas antrópicas

expuestas anteriormente y que la población ya cuenta con medidas de conservación *in situ* (ZEC).

Sin embargo, cambios fenotípicos pueden aparecer al intentar incluir especies adaptadas a condiciones estresantes en campo en cultivos para conseguir efectivos viables en condiciones favorables (obs. pers.). Esto es, una especie en un ambiente con condiciones estresantes (ej. limitación de nutrientes, estrés hídrico, estrés salino) puede presentar una morfología diferente que al incluirla en colecciones vivas (jardines botánicos), donde se suelen hacer ensayos de cultivo en condiciones no estresantes (ej. No limitación de nutrientes, riego constante y ausencia de salinidad). En este sentido, es altamente necesario realizar estudios previos a la inclusión de una especie en jardines botánicos para conservarla, y más en el caso de endemismos adaptados a condiciones estresantes (como es el caso de *L. tobarrense*), ya que es posible que no sea posible aplicar esta medida de conservación *ex situ* debido a una alteración fenotípica de la especie que afecte a su identidad taxonómica.

### **3. Objetivo**

El principal objetivo de este trabajo de fin de grado es realizar un estudio fenotípico del endemismo *Limonium tobarrense* para evaluar si sería efectiva la conservación *ex situ* de la planta en colecciones vivas.

## **4. Materiales y métodos**

### **4.1. Área de estudio**

El área de estudio se centra en el Saladar de Cordovilla (38° 32' 03,6" N, 01° 37' 23,5" O), situada en la localidad de Tobarra, comarca de Las Tierras de Hellín, Albacete, España, altitud 514 m, temperatura media anual de 22°C y precipitación media anual de 455 mm. Esta zona pertenece a la franja bioclimática semiárida mesomediterránea, en la provincia biogeográfica Castellano–Maestrazgo–Manchega, concretamente a la comarca Jumillano–Socovense del sector biogeográfico Manchego (Rivas-Martínez *et al.*, 2001). Este hábitat está considerado como uno de los saladares de interior con mayor conservación y mejor valoradas de España y, junto con el Saladar de Agramón y la Laguna de Alboraj, forman la ZEC “Saladares de

Cordovilla y Agramón y laguna de Alboraj” (ES4210011) de la Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha.

#### **4.2. Recolección de semillas, montaje experimental y toma de medidas.**

Para este estudio, se recolectaron semillas de *L. tobarrense* en campo, recogiendo 5 inflorescencias de 10 individuos bien separados, así como esos 10 individuos vivos. Los individuos recolectados se prensaron en el laboratorio del área de Botánica de la Universidad Miguel Hernández de Elche, y se midieron los siguientes caracteres morfológicos con un a lupa binocular y una regla graduada: longitud y anchura del pecíolo, longitud limbo, longitud de las espigas terminales y laterales, longitud de las espiguillas terminales y laterales, número de espiguillas terminales y laterales por cm, número de flores por espiguilla terminal y lateral, longitud del cáliz, longitud que sobrepasa el cáliz bráctea interna, longitud del diente del cáliz, anchura del diente del cáliz, longitud de la bráctea externa y longitud de la bráctea externa. Cabe destacar que se tomaron 5 medidas de cada carácter morfológico para cada individuo recolectado y prensado.

Posteriormente, se separaron semillas de las espiguillas de *L. tobarrense* recolectadas en campo y se cultivaron en macetas bajo condiciones no estresantes (i.e., sustrato de turba:vermiculita (1:3) y riego constante con agua no salina). Pasado 6 meses tras el cultivo y mantenimiento de los nuevos individuos, se prensaron y se montaron pliegos, en los cuales se midieron los mismos caracteres morfológicos. En esta parte del ensayo se montaron 11 pliegos de *L. tobarrense* cultivados *ex situ*.

#### **4.3. Análisis estadístico**

Para hacer el análisis estadístico se consideraron los diferentes caracteres morfológicos medidos en milímetros en 11 individuos de *L. tobarrense* cultivados fuera de su hábitat natural (*ex situ*) y 10 individuos de *L. tobarrense* recolectados en campo (en su hábitat natural). Con estos datos, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) con los 18 caracteres morfológicos tomados (i.e., variables cuantitativas; Tabla 1) para así reducir la dimensionalidad de los datos e identificar las variables más significativas. Esto es, las variables que expliquen la mayor parte de la abundancia observada en los datos, permitiendo simplificar el análisis y

visualización de los resultados. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software estadístico R 4.2.2 (R Core Team, 2022).

## 5. Resultados

Respecto a las medidas vegetativas observadas, los individuos de *L. tobarrense* en cultivo tienden a alcanzar una longitud máxima de pecíolo menor (31 mm) en comparación con los individuos en campo (39,6 mm). Igualmente, los individuos de *L. tobarrense* en cultivo presentan una longitud máxima del limbo menor (29,4 mm) frente a los individuos en campo (64,6 mm). Sin embargo, los individuos en cultivo llegan a tener el pecíolo y el limbo más ancho (3 mm y 14,6 mm, respectivamente) que en campo (2,7 mm y 12,4 mm, respectivamente) (Tabla 1).

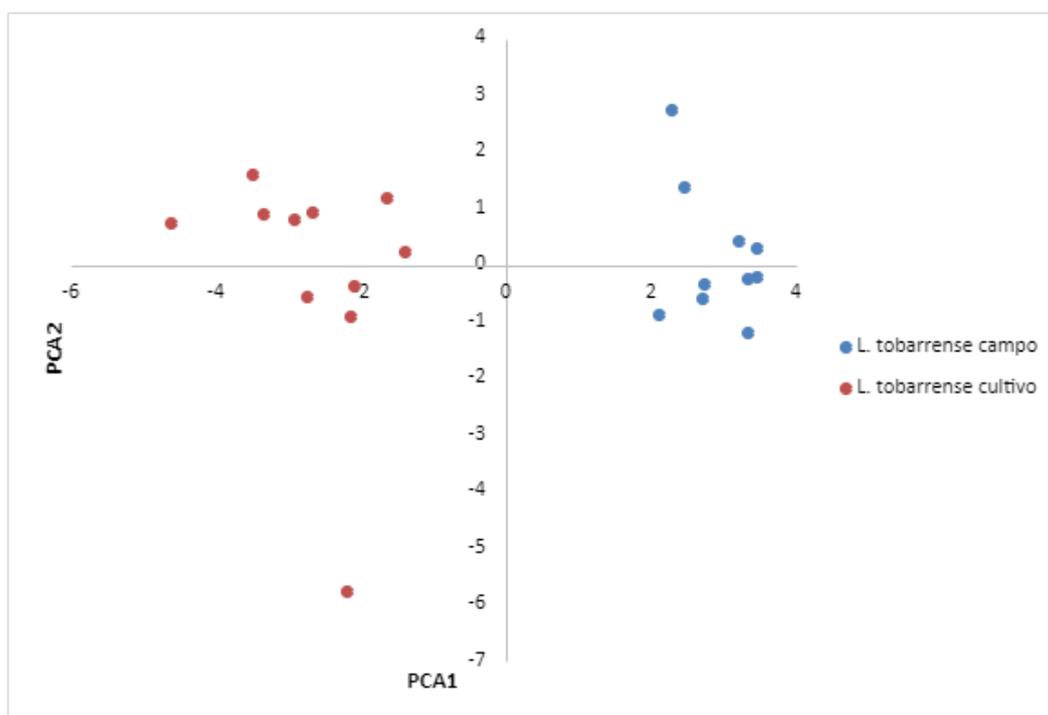
**Tabla 1.** Mínimo y máximo de las medidas de las 18 variables cuantitativas de los individuos de *L. tobarrense* en cultivo y en campo medidos en milímetros.

<b>Variables morfológicas</b>	<b><i>L. tobarrense</i>: cultivo</b>	<b><i>L. tobarrense</i>: campo</b>
Longitud pecíolo	[16 - 31]	[17,3 - 39,6]
Longitud limbo	[38 - 64,6]	[15,3 - 29,4]
Anchura pecíolo	[2 - 3]	[1,5 - 2,7]
Anchura limbo	[9,4 - 14,6]	[6,2 - 12,4]
Longitud espigas terminales	[2,3 - 20,4]	[5,6 - 12,5]
Longitud espiguillas terminales	[4,7 - 5,8]	[4,1 - 8,3]
Espiguilla terminal/cm	[3,8 - 8]	[7 - 10,6]
Número de flores/espiguilla	[2 - 3]	[2 - 2]
Longitud espigas laterales	[1,28 - 10,9]	[4 - 9,6]
Longitud espiguillas laterales	[4,8 - 5,7]	[4,2 - 5,2]
Espiguilla lateral/cm	[2,6 - 5,8]	[4,4 - 8,1]
Número de flores/espiguilla	[2 - 3]	[2 - 2]
Cáliz	[4 - 5,5]	[3,3 - 3,5]
Longitud que sobrepasa el cáliz la bráctea interna	[1 - 1,6]	[0,5 - 0,6]
Longitud diente	[0,8 - 1,1]	[0,5 - 0,7]
Anchura diente	[0,6 - 1,1]	[0,5 - 0,5]
Longitud bráctea externa	[1,5 - 2,4]	[1,2 - 1,6]
Longitud bráctea interna	[2,6 - 4,8]	[3,5 - 3,6]

En cuanto a las estructuras reproductivas, las espigas terminales llegan a ser más grandes en los individuos de cultivo (20,4 mm) que en los individuos en campo (12,5 mm); observándose el mismo patrón en las espigas laterales (10,9 mm en

cultivo y 9,6 mm en campo). Además, las espiguillas terminales alcanzan un valor mayor en cultivo (5,8 mm) frente a las medidas de campo (8,3 mm); encontrando lo mismo en las espiguillas laterales (5,7 mm en cultivo y 5,2 mm en campo). También, el número de espiguillas terminales por centímetro es mayor en cultivo (8 espiguillas/cm) que campo (10 espiguillas/cm) (Tabla 1). Finalmente, se pueden observar diferencias en la longitud máxima del cáliz de individuos cultivados (5,5 mm) frente a los recolectados en campo (3,5 mm); así como en la longitud y anchura máxima del diente del cáliz de individuos cultivados (1,1 mm y 1,1 mm, respectivamente) en comparación con los no cultivados (0,7 mm y 0,5 mm, respectivamente), y la longitud máxima que sobrepasa el cáliz la bráctea interna de los individuos en cultivo (1,6 mm) y los que no (0,6 mm) (Tabla 1). Cabe destacar la longitud de las brácteas internas y externas alcanzadas por los individuos de *L. tobarrense* en cultivo (4,8 mm y 2,4 mm, respectivamente) fueron mayores que las observadas en campo (3,6 mm y 1,6 mm, respectivamente) (Tabla 1).

Los primeros dos componentes del PCA explican el 63,13% de la varianza, 48.11% y 15.02% respectivamente, mostrando dos grupos que estaban separados entre sí (Figure 2). Estos grupos fueron diferenciados por la longitud del limbo, la longitud del cáliz, la longitud que sobrepasa el cáliz la bráctea interna, la longitud y anchura del diente del cáliz en el primer eje, mientras que el número de flores por espiguilla terminales y laterales en el segundo eje (Tabla 2). Así pues, estos se revelaron como los caracteres significativos de las 18 variables consideradas. Además, se puede observar que hay diferencias entre los individuos de *L. tobarrense* en cultivo y los individuos de *L. tobarrense* en campo, sobre todo en la base del eje 1 (Figura 2), lo cual indica que existen diferencias entre caracteres de individuos recogidos en campo o cultivados fuera de su hábitat.



**Figura 2.** Los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales (PCA) de individuos de *Limonium tobarrense* en campo (azul) y en cultivo (rojo).

**Tabla 2.** Valores propios del análisis de componentes principales (PCA) para los componentes primero (PC1) y segundo (PC2). Los caracteres más significativos para separar los individuos a lo largo del eje PC1 y PC2 se muestran en negrita.

<b>Variables cuantitativas</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>
Longitud pecíolo	0,002	0,289
Longitud limbo	-0,311	0,037
Anchura pecíolo	-0,230	0,012
Anchura limbo	-0,245	-0,012
Longitud espigas terminales	-0,147	0,138
Longitud espiguillas terminales	-0,043	0,277
Espiguilla terminal/cm	0,284	0,182
Flores/espiguilla terminal	-0,058	<b>-0,491</b>
Longitud espigas laterales	0,238	0,236
Longitud espiguillas laterales	-0,247	0,211
Espiguilla lateral/cm	0,215	0,353
Flores/espiguilla lateral	-0,058	<b>-0,491</b>
Cáliz	<b>-0,319</b>	0,102
Longitud que sobrepasa el cáliz bráctea interna	<b>-0,316</b>	-0,021
Longitud diente	<b>-0,314</b>	0,020
Anchura diente	<b>-0,314</b>	0,125
Longitud bráctea externa	-0,272	0,133
Longitud bráctea interna	-0,204	0,188

## 6. Discusión

Como han mostrado los resultados, existen diferencias notables entre los individuos cultivados *ex situ* y los individuos recolectados en campo. Los individuos cultivados tienen mayores medidas máximas, es decir, llegan a alcanzar tamaños mayores de sus estructuras tanto vegetativas como reproductoras. Ello se debe principalmente a la falta de condiciones estresantes. El estrés se define como cualquier factor ambiental biótico o abiótico que reduce la tasa de algún proceso fisiológico (por ejemplo, crecimiento o fotosíntesis) por debajo de la tasa máxima respecto de la que podría alcanzar (Lambers *et al.*, 1998). El estrés biótico es causado por otros organismos (competencia, herbivoría, alelopatía o patógenos), mientras que el estrés abiótico se debe bien a procesos químicos (contaminación atmosférica metales pesados, toxinas, salinidad) o físicos (déficit o exceso de agua, temperaturas extremas y radiación ultravioleta) (Tambussi, 2004; Parra, 2012).

En este marco, a pesar de que *L. tobarrense* es una especie halófila vinculada al medio salino, este estudio revela que el estrés es factor determinante en la morfología de este endemismo. En un saladar la vegetación se encuentra condicionada por la concentración de sales, la textura del suelo y el periodo de inundación (Alcatraz *et al.*, 1988), es por eso que las comunidades vegetales presentan adaptaciones a estas condiciones. Es más, en estos ambientes (como el Saladar de Cordovilla, donde habita *L. tobarrense*), el clima es semiárido y hay una elevada aridez y escasez de agua (Rivas-Martínez *et al.*, 2001). Por tanto, esta especie estaría sometida a un estrés hídrico por déficit de agua en un ambiente salino. Este estrés hídrico por déficit ocurre cuando la absorción del agua del sistema radicular es insuficiente para satisfacer la demanda evaporativa de la atmósfera, afectando así a procesos fisiológicos y reproductivos, pudiendo causar disminución de la producción o desarrollo de la planta (Lin & Kao, 2001). Además, esta falta de agua está relacionada con las altas temperaturas y la alta radiación solar, así como las bajas precipitaciones durante el período estival, potenciando así las condiciones estresantes para la especie en su hábitat (Acevedo *et al.*, 1999). Asimismo, la concentración elevada de sales en el suelo supone un estrés salino para la planta, pese a presentar adaptaciones para poder sobrevivir en estas condiciones. Así, el estrés salino es el causado por la presencia en el suelo de una elevada concentración de sales, causando una reducción considerable en el crecimiento y el rendimiento de

especies de plantas (Cirujano, 1989; Parra, 2012). Cabe destacar que la salinidad es un factor de gran importancia en el medio en el que se desarrollan las especies del género *Limonium*, por ello son especies con una gran tolerancia a la salinidad. Así, las especies del género *Limonium* han desarrollado evolutivamente una adaptabilidad y mecanismos de defensa ante estas condiciones propias de la vegetación halófila, como la capacidad para secretar la sal absorbida mediante unas glándulas excretoras de sal presentes en las hojas, permitiendo así mantener la absorción de agua en medios salinos y conservar la turgencia de las hojas entre otros (Albors, 2018).

Por todo lo anterior, *Limonium tobarrense* está, por tanto, sometido a un estrés ambiental constante en su hábitat natural, lo que influyen en su crecimiento. Por ello, esta especie en condiciones no estresantes (condiciones de cultivo en suelos no salinos y sin estrés hídrico) muestra un desarrollo de las partes vegetativas y reproductivas de la planta mayores, afectando directamente esta ausencia de estrés a la morfología del *L. tobarrense*.

Por otro lado, que la longitud y el ancho en las estructuras sea menor en los individuos de campo también puede deberse a factores ambientales como la limitación de nutrientes y la exposición a la luz. Estos factores podrían afectar a la longitud de las estructuras, el ancho de las partes de la planta y la cantidad de flores producidas por espiguilla, llegando a cambiar así el fenotipo de la planta. La disponibilidad de nutrientes en el suelo es uno de los principales factores que limita el crecimiento y desarrollo de cualquier especie en la mayoría de los ambientes, ya que esta es siempre limitada en un espacio natural. Las plantas necesitan reciclar, minimizar las pérdidas y aumentar al máximo la eficiencia del uso de los nutrientes para conseguir la máxima producción de biomasa y fijación de energía posible con la cantidad de nutrientes disponibles (Escudero, 2003; Vaitkus & Mcleod, 1995). En nuestro cultivo de laboratorio, no tenemos esa limitación de nutrientes, ya que el sustrato empleado fue la turba:vermiculita en proporción 1:3. La turba es un material orgánico que se caracteriza por su elevado contenido en carbono, y tiene una alta capacidad de retención de agua (Bellido, 2023). La vermiculita es mineral, silicato de aluminio-hierro-magnesio, que gracias a su elevada proporción superficie/volumen tiene una alta capacidad de retención de humedad, y contiene también nutrientes como potasio y magnesio que pueden ser utilizados por la planta (Jerez, 2007).

La exposición a la luz es un factor necesario para que una especie vegetal pueda hacer a fotosíntesis, empleada para sintetizar materia orgánica a partir de sustancias minerales absorbidas por las raíces, necesaria para su crecimiento y desarrollo. A mayor luz, temperatura y CO<sub>2</sub>, mayor actividad fotosintética. La cantidad de luz que recibe un individuo depende de la intensidad solar y del número de horas diarias de exposición. Cuando se reciben insuficientes niveles de luz, las plantas tienen un menor crecimiento, menor floración, debilitándose y produciendo hojas más pequeñas. Por el contrario, si reciben demasiada luz pueden desarrollar clorosis (amarillamiento del tejido foliar causado por la falta de clorofila) (Nutricontrol, 2020). En la comarca de Hellín, el día más corto es el 22 de diciembre, con 9 horas y 29 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 14 horas y 51 minutos de luz natural. Las nubes pueden influir también en las horas de sol que reciben las plantas, pero el mes menos nublado es julio, donde la mayoría de los días está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado (el 89 % del tiempo), diciembre es el mes más nublado, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 45 % del tiempo (Weather Spark, s.f). Por tanto, suponemos que esta especie recibe suficiente luz solar para su correcto desarrollo. De este modo, se descartaría este factor ambiental como el causante de un menor desarrollo y crecimiento en condiciones estresantes. Además, la mayoría de las comunidades vegetales presentes en esta zona son arbustivas (halófilas, halonitrófilas y gipsófilas) (Moreno et al., 2018), y estos matorrales no llegan a cubrir todo el espacio disponible (Cirujano, 1989), descartando así que pueda haber una sombra permanente, privándola de la luz solar a esta especie vegetal.

Finalmente, como se ha observado en los resultados, el fenotipo de la especie varía al cultivarse en condiciones no estresantes, cambiando drásticamente la morfología de la especie. Es por ello que se hace inviable la conservación *ex situ* de este endemismo albacetense en colecciones vivas de la planta (jardines botánicos). En este marco, para la correcta conservación del *L. tobarrense* se hace indispensable la necesidad de la conservación y protección de las poblaciones de esta especie en su hábitat natural (el Saladar de Cordovilla), primando la conservación *in situ* frente a medidas *ex situ*.

No obstante, se podrían considerar otras medidas alternativas como medidas *ex situ* que no afecten al fenotipo de la planta. Por ejemplo, se podría crear un banco

de semillas. Los bancos de semillas representan uno de los métodos más efectivos de conservación *ex situ* (Di Sacco, 2018) y se pueden definir como centros donde se mantienen las condiciones óptimas para la conservación de las semillas otros materiales reproductivos de forma que estén claramente identificados y fácilmente accesibles de distintas especies vegetales ya sean silvestres o cultivadas, con el principal objetivo de garantizar la preservación de la diversidad genética de las plantas (González, 2019; REDBAG). Las ventajas de esta técnica de conservación es facilidad de almacenamiento y manipulación, en un espacio reducido conservando grandes cantidades de individuos vivos, durante dilatados espacios de tiempo, y es apta para las especies cuyas semillas se denominan “ortodoxas”, semillas que sobreviven a la desecación a niveles de humedad relativa bajos y el almacenamiento a temperaturas inferiores a 0°C (REDBAG). Pertenecen a este grupo la mayor parte de las semillas de climas templados y mediterráneos (Hong *et al.*, 1998), encontrándose las semillas de *L. tobarrense* en este grupo.

En España, La Red Española de Bancos de Germoplasma Vegetal (REDBAG) es la red de instituciones dedicadas a la conservación y gestión de recursos genéticos vegetales. Las operaciones de conservación básicas de esta institución una vez colectadas las semillas, incluye un protocolo que consta de dos fases. En la fase de procesado, se llevan a cabo una serie de pasos para preparar las semillas de manera óptima, primero se procede al desempaquetado de la colecta, dónde se revisa su estado y se realiza un proceso de secado o preparación de pliegos dependiendo de la especie y esta se registra en una base de datos y se evalúan los requerimientos de conservación de la semilla en caso de que no se conozca. Posteriormente se procede a la limpieza de las semillas, se hace un recuento de estas, se desecan para su preservación a largo plazo, se determina su porcentaje de humedad y se le hace una prueba de viabilidad con pruebas de germinación y así poder evaluar la capacidad de las semillas para crecer y desarrollarse. En la fase de almacenamiento Las semillas se envasan de manera adecuada y se crean duplicados de seguridad, se almacenan en frío, tanto en colecciones activas como en colecciones bases para preservar las semillas de manera correcta, y se distribuyen sub-muestras caracterizadas a usuarios. Por último, se realizan pruebas de germinación para evaluar la viabilidad a lo largo del tiempo y garantizar la conservación de las semillas. Cuando se requiere, también se procede a la regeneración o multiplicación de las colecciones (REDBAG).

Así pues, el protocolo descrito anteriormente podría ser empleado para la conservación y gestión de los recursos genéticos del endemismo *L. tobarrense*.

Cabe destacar que la incorporación de semillas de *Limonium tobarrense* a la REDBAG podría ser una medida efectiva para garantizar su conservación en caso de que la conservación *in situ* no fuera efectiva debido a las múltiples amenazas (ya mencionadas anteriormente), obteniendo un reservorio de semillas que haga posible aplicar técnicas de restitución en un futuro. En este marco, las técnicas de restitución consisten en la rehabilitación o regeneración de áreas degradadas o con una presión antrópica con la finalidad de recuperar y/o mejorar el estado del ecosistema. Pese a que existen varios tipos de técnicas de restitución, para *L. tobarrense* se aplicaría la revegetación por siembra directa, que se consigue sembrando las semillas que una vez se recolectaron en el campo en el mismo hábitat natural (el Saladar de Cordovilla) para restablecer el paisaje original. Aunque este caso podría ser complicado de ejecutar, ya que se tendría que trabajar directamente con semillas recolectadas manualmente del campo, y almacenarlas posteriormente en el banco de semillas, para luego reintroducirlas en el hábitat natural por revegetación por siembra directa. Normalmente para el almacenaje de semillas se produce primero un cultivo de la especie deseada, y posteriormente se recolectan las semillas para almacenarlas. Lo mismo pasaría con la técnica de restitución, se producen plántulas y se reintroducen posteriormente en el hábitat natural. Esto no sería posible con *L. tobarrense*, ya que la conservación y producción *ex situ* de plántulas fenotípicamente idénticas es inviable, como bien se ha demostrado en los resultados obtenidos en este trabajo.

En definitiva, esta solo tendría que ser una opción si la conservación *in situ* no es efectiva y sigue degradándose el ecosistema, poniendo en serio peligro la conservación de esta especie. La principal prioridad y mejor opción para la correcta conservación del endemismo *Limonium tobarrense* sigue siendo la preservación y protección el Saladar de Cordovilla.

## **7. Conclusiones y proyección futura**

Como conclusión, podemos decir que no es efectiva la conservación *ex situ* en colecciones vivas de *Limonium tobarrense*, ya que el fenotipo varía drásticamente en condiciones no estresantes, y no estaríamos conservando la especie original que

queremos proteger. Por tanto, deja como única opción para la protección del *Limonium tobarrense* la conservación *in situ*. No obstante, esta medida de conservación también es muy importante, ya que no siempre la conservación *ex situ* es posible, siendo un ejemplo el caso de *L. tobarrense*. Este método de conservación consiste en la protección de las especies, ecosistemas y hábitats donde existe la población de individuos de la especie a conservar, así como la recuperación de estas poblaciones viables dentro de este entorno. Se consideran técnicas *in situ* las todas las acciones aplicadas en el medio natural, con independencia del lugar del procedimiento de los individuos utilizados para la conservación (caso de las reintroducciones), el seguimiento poblacional, el manejo de las especies y la preparación y gestión del hábitat natural en cualquier fase de un proyecto (Ministerio para la conservación ecológica y el reto demográfico).

Para la correcta protección de *Limonium tobarrense* sería necesaria su catalogación en el Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España, como En Peligro Crítico (CR), CR B1ab(iii) + 2ab(iii) por su reducida y fragmentada área de ocupación, y la pérdida de hábitat. Además de incluir esta especie en el actual Plan de Gestión de Saladares de Cordovilla y Agramón y laguna de Alboraj, y elaborar un Plan de Recuperación. El plan de gestión incluye como objetivos operativos como la monitorización de la zona para la evaluación del estado de conservación (centrándose en la vegetación natural; los hábitats de interés comunitario prioritario y la población de *Helianthemum polygonoides*), el seguimiento monitorizado de los efectos la presión antrópica en el funcionamiento del ecosistema y ordenación/regulación de los mismos, el estudio del funcionamiento del ciclo hidrológico de los saladares, el control y seguimiento de las especies exóticas invasoras y la recuperación de superficie de hábitat de interés comunitario (Junta de Castilla-La Mancha, 2015).

La medida que se propone para *L. tobarrense* es la inclusión al monitoreo de la vegetación natural con especial atención a su población, de igual manera que la especie *H. polygonoides*, para que quede incluido en los objetivos del Plan de Gestión. Además, sería necesaria la redacción de medidas más específicas y detalladas (medidas de conservación y medidas preventivas) para la correcta protección de la vegetación halófila. Dentro de las medidas de conservación, se establecería para *L. tobarrense* un sistema de monitorización para evaluar

periódicamente el estado de conservación, control poblacional (número de individuos y ocupación espacial), la ordenación y regulación específica de la red de caminos, núcleos residenciales diseminados y redes de saneamiento existentes, un proyecto de investigación sobre el ciclo hidrológico de los saladares de Cordovilla y Agramón y comportamiento del ecosistema frente a los sistemas de regadío y redes de drenaje, incluidas las aguas procedentes de las E.D.A.R., control y seguimiento de especies exóticas invasoras (concretamente de *Agave americana* L., *Cylindropuntia* sp. (Engelm.) F. M. Knuth, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle y *Nicotiana glauca* Graham), retirada de escombros situados sobre vegetación natural, regeneración y reforzamiento de hábitat comunitarios, y vigilancia orientada a evitar cualquier repercusión negativa sobre los hábitats naturales. Asimismo, para las medidas preventivas se realizaría un programa de control y seguimiento de los hábitats comunitarios presentes en la ZEC y de la población de *L. tobarrense*, y se vigilará el cumplimiento de la normativa legal y custodia del espacio natural (Junta de Castilla-La Mancha, 2015). Una vez realizadas estas actividades, se propone un control y seguimiento de la población periódicamente, en el que se incluya el número de individuos y ocupación espacial.

Cabe destacar que, en el Saladar de Cordovilla se están describiendo nuevas especies en los últimos años, y algunas de ellas son endemismos, lo cual indica la necesidad de realizar más estudios en la zona, para saber más sobre las especies recién descubiertas y contribuir a la correcta conservación del ecosistema. Respecto a la especie *L. tobarrense* es necesario seguir haciendo estudios sobre la nueva especie descubierta, sobre todo centrándose en su reproducción, ya que se sabe muy poco y es fundamental conocerla para conservar correctamente y efectivamente la especie. Otros estudios necesarios serían conocer la fisiología de la especie, y su germinación bajo condiciones de estrés, para saber dónde están sus límites de tolerancia antes de sufrir algún daño, y poder así elaborar modelos mecanicistas de naturaleza predictiva, que son importantes para los posibles efectos del cambio climático, y, desde el punto de vista ecofisiológico, un análisis de la interacción de la especie con los factores ambientales es necesario para comprender la distribución de la especie en este ecosistema (Tambussi, 2004). También se necesitarían estudios sobre la viabilidad de procesamiento y almacenaje de semillas en bancos de germoplasma, y la realización de pruebas de germinación a lo largo del tiempo.

## 8. Bibliografía

Acevedo, E.H., Silva, P.C., Silva, H.R. & Solar, B.R. (1999). Producción de trigo en mediterráneos. En *Ecología del trigo y fisiología de la determinación del rendimiento*. Food Products Press, New York, pp. 295-323.

Albors Trabés, A. (2018). *Estudio sobre la tolerancia a estrés salino en dos endemismos valencianos del género Limonium*. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/115380>.

Alcatraz, F., Ortiz, R. & Hernández, S. (1985). Contribución al conocimiento de las relaciones suelo-agua-vegetación en un sector de las Salinas de Santa Pola (Alicante, España). *Anales de Edafología y Agrobiología*, pp. 273-283.

Aparici, J. (2017). Bellas durmientes del Saladar (I). *Espores*. <https://espores.org/es/es-plantas/bellas-durmientes-del-saladar-i/>.

Aparicio, A. (2005). *Limonium silvestrei* (Plumbaginaceae), una nueva agamo especie del sur de España. *Annales Botanici Fennici*. 42:371–377.

Bellido, A. (2023). Turba: [Características, Utilidad, Obtención y Aplicación]. *Sembrar 100*. [https://www.sembrar100.com/turba/#google\\_vignette](https://www.sembrar100.com/turba/#google_vignette).

Carrasco, J. F., & Hueso, K. K. (2020). Servicios ecosistémicos de los humedales salinos españoles. *Conama 2020*. Congreso Nacional de medioambiente.

Castroviejo, S. (1986-2021). *Flora iberica* 1-21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.

Cedar Lake Ventures, Inc. (s.f). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Hellín. *Weather Spark*. [https://es.weatherspark.com/y/40233/Clima-promedio-en-Hell%C3%ADn-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#google\\_vignette](https://es.weatherspark.com/y/40233/Clima-promedio-en-Hell%C3%ADn-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#google_vignette).

Cirujano, S. (1975). Los Saladares de Cordovilla (Tobarra, Albacete): Caracterización e importancia. *Al-Basit: Revista de estudios albacetenses*, pp. 209-217.

Confederación Hidrográfica del Segura (2005). Lugares de la Lista Nacional Red Natura 2000 (Dir. 92/43/CEE). Saladares de Cordovilla y Agramón y Laguna de Alboraj ES4210011.

Crespo, MB & Lledó, MD (1998). *El género Limonium Mill. (Plumbaginaceae) en la Comunidad Valenciana: taxonomía y conservación*. Colección Biodiversidad 3. Generalitat Valenciana, Conselleria de Medio Ambiente, Valencia, 116 pp.

Crespo, MB (2009). Una nueva especie costera delimonio (Plumbaginaceae) del sureste de España. *Folia Geobotánica*, 44: 177–190.

<http://dx.doi.org/10.1007/s12224-009-9035-z>

Di Sacco, A., Way, M., León Lobos, P. & Suarez Ballesteros, C. I. (2018). Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres. *La Serena*, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi.

Erben, M. & Arán, VJ (2005) *Limonium mateoi* (Plumbaginaceae), una nueva especie del centro de España. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 62: 3–7.

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

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

Escudero, A. & Mediavilla, S. (2003). Dinámica interna de los nutrientes. *Ecosistemas*, 12(1).

Ferrer-Gallego, PP, Navarro, A., Pérez, P., Roselló, R., Rosselló, JA, Rosato, M. & Laguna, E. (2015). Una nueva especie poliploide de *limonio* (Plumbaginaceae) de la cuenca del Mediterráneo occidental. *fitotaxa*, 234 (3): 263–270. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.234.3.7>

Ferrer-Gallego, PP, Roselló, R. & Laguna, E. (2013) *Limonium roselloi* (Plumbagináceas), nueva especie para la Península Ibérica. *Collectanea Botanica* (Barcelona),32: 33–41. [http:// dx.doi.org/10.3989/collectbot.2013.v32.004](http://dx.doi.org/10.3989/collectbot.2013.v32.004)

Forero, E. (2011). Los jardines botánicos y la conservación de la naturaleza. *Missouri Botanical Garden*, P.O. Box 299, St. Louis, MO 63166. U.S.A.

Gobierno de Castilla-La Mancha (2006). Decreto 63/2006. *Áreas Protegidas de Castilla-La Mancha*. Otras disposiciones III. DOCM, Núm. 260.

Gómiz, F. (1995). *Limonium alicunense* (Plumbagináceas), una nueva especie para la flora ibérica. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 53: 255–257.

González, V. (2019). ¿Para qué sirven los bancos de semillas? *Muy Interesante*. <https://www.muyinteresante.es/naturaleza/29218.html>.

Guerrero, P. (2011) *Saladar*. La guía. <https://www.geografia.laguia2000.com/general/saladar>.

Hong, T.D., Linington, S. & Ellis, R.H. (1998) *Compendio de información sobre el comportamiento de almacenamiento de semillas*.

Ibiza Botánico Biotecnólogo (2022). *Jardines botánicos: Qué son, definiciones, tipos e importancia*. <https://ibizabotanicobiotecnologico.com/que-es-un-jardin-botanico/>.

Fundación Integra. (s.f.). Conservación. *Saladares*. Región de Murcia Digital. [https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,3027&r=ReP-26081-DETALLE\\_REPORTAJESPADRE](https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,3027&r=ReP-26081-DETALLE_REPORTAJESPADRE)

Jerez, Z. D. P. M. (2007). *Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de Eucalyptus globulus (Labill)*. [monografía]. Valdivia (CHL): Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Austral de Chile.

Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Consejería de Desarrollo Sostenible. D.G. de Medio Natural y Biodiversidad (1997). *ZEC Saladares de Cordovilla y Agramón y laguna de Alboraj ES4210011*.

Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Dirección general de política forestal y espacios naturales. Conserjería de agricultura medioambiente y desarrollo rural (2015). *Plan de Gestión de Saladares de Cordovilla y Agramón y la Laguna de Alboraj. ES421001*.

Lin, C.C. & Kao C.H. (2001). La actividad peroxidasa de la pared celular, el nivel de peróxido de hidrógeno y el NaCl inhibieron el crecimiento radicular de las plántulas de arroz. *Plant and Soil*, 230, 135-143.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). Conservación de Especies en Protección Especial - Estrategias de Conservación. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-proteccion-especial/ce-proteccion-estrategia.html>.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2016). *UCN Red List of Threatened Species / Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN*. [https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pagweb/conservacion/lista\\_roja.html](https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pagweb/conservacion/lista_roja.html)

·

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (s.f.). *Conservación ex situ* <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/recursos-geneticos/conservacion-exsitu.html>.

Molina, J., Izquierdo, C. & Caravaca, M. (2001). Datos sobre la relación suelo-vegetación en los saladares de Cordovilla (Albacete, España). *Sabuco: revista de estudios albacetenses*, pp. 217-232.

Montes, C. & Martino, P. (1987) *Las lagunas salinas españolas*. In: *Bases científicas para la protección de los humedales en España*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, pp: 95-146.

Moreno, J., Terrones, A., Juan, A. & Alonso, M.A. (2018). Halophytic plant community patterns in Mediterranean saltmarshes: shedding light on the connection between abiotic factors and the distribution of halophytes. *Plant and Soil* 430: 185-204.

Moreno, J., Terrones, A., Alonso, M.Á., Juan, A. & Crespo, M.B. (2016). *Limonium tobarrense* (Plumbaginaceae), a new species from the southeastern Iberian Peninsula. *Phytotaxa*, 257(1), 61-70.

Paracuellos, M., Fernández Cardenete, J.R., & Robledano, F. (2007). Ecología y conservación de los humedales litorales y sus aves en el Sudeste Ibérico. *Paralelo* 37º, 19.

R Core Team (2022). R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Red Española de Bancos de Semillas. (s.f.). *Procedimientos utilizados en los bancos de REDBAG*. <http://www.redbag.es/5procedimientos.htm>.

- Rivas-Martínez, S., Fernández-González, F., Loidi, J., Lousã, M. & Penas, A. (2001). Lista de verificación sintaxonómica de plantas vasculares comunidades de España y Portugal a nivel asociativo. *Itinera Geobotánica*, 14, 5-341.
- Rosas, A., García, L., Ruiz Téllez, T. & Blanco Salas, J. (2019). *Anotaciones Corológicas a la Flora de Extremadura* 118.- *Limonium sinuatum* (L.) Mill., 13, 139-141.
- Rosselló, JA, Mus, M. & Soler, JX (1994). *Limonium ejulabilis*, una nueva especie endémica amenazada de Mallorca (Islas Baleares, España). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 51: 199–204.
- Rosselló, R., Stübing, G., Peris, JB & Cirujano, S. (1997) *L. pinillense* (Plumbaginaceae), dos nuevas especies de la flora española. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 55 (2): 471–475.
- Sáez, L., Curcó, A. & Rosselló, JA (1998). *Limonium vigo* (Plumbaginaceae), una nueva especie tetraploide del noreste de la Península Ibérica. Península. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 56: 269–278.
- Sáez, L. & Rosselló, JA (1999). Es *Limonium cavanillesii* ¿Erben (Plumbaginaceae) realmente una especie existente?. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 57: 47–55. <http://dx.doi.org/10.3989/ajbm.1999.v57.i1.188>
- Parra Boronat, L. (2012). *Efectos de distintos niveles de salinidad en especies halófitas en un saladar del Sud de Alicante*. Universidad Politécnica de Valencia <http://hdl.handle.net/10251/17673>.
- Tambussi, E.A. (2005). *Fotosíntesis, fotoprotección, productividad y estrés abiótico: algunos casos de estudio*. Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/941>.
- 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*, pp. 82-94.
- UICN (2012). Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN, versión 3.1. Segunda edición. UICN, Gland (Suiza) y Cambridge (Reino Unido), iv + 32 págs. Kuntze, CEO (1891) *Revisión generum plantarum*, vol. 2. A. Félix, Leipzig, pp. 637.

Vaitkus, M. & Mcleod K.W. (1995). Fotosíntesis y eficiencia en el uso del agua en robles de dos vertientes tras la adición de agua y nutrientes. *Bulletin of the Torrey Botanical Clubs*, 122, 30-39.

