

Trabajo Fin de Grado

Caracterización ecológica de *Dittrichia viscosa* (L.)
como especie invasora en sistemas gypsícolas
restaurados

Autor:

Carlos Portero Belarra

Director:

José Miguel Castillejo Moreno

Escuela Politécnica Superior

2016

RESUMEN

La fragilidad del medio al inicio de una sucesión ecológica en sistemas sometidos a restauración puede permitir la entrada de especies primocolonizadoras no deseadas. Se han detectado poblaciones de *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter en zonas restauradas de una explotación yesífera. Por este motivo se evaluaron valores de biovolumen, compactación superficial y bloqueo de radiación, así como asociaciones interespecíficas relativos a la población para facilitar la realización de una gestión adecuada. Se dividió el terreno en sectores según su geomorfología y se delimitaron parcelas sobre las que se realizó un muestreo sistemático siempre que la distribución de la vegetación lo permitía. Se muestrearon un total de 150 individuos de diferentes fases vitales, así como sujetos de otras especies asociados a los mismos en primavera. El análisis de los datos obtenidos reveló que las asociaciones detectadas no dependían de la fase vital de *D. viscosa* y que no había competencia interespecífica en aspectos de biovolumen y bloqueo de radiación. Por el contrario, sí que se detectaron dificultades de emergencia en zonas con compactación superficial elevada. Aplicando medidas preventivas sobre este factor se puede mitigar problemas de invasibilidad y realizar restauraciones más adecuadas.

Palabras clave: restauración ecológica, especie invasora, especie primocolonizadora, vegetación gipsícola, costra superficial

ABSTRACT

The environment fragility at the beginning of an ecological succession in systems subjected to restoration may allow the entry of unwanted primocolonizing species. Populations of *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter have been recorded in restored areas of a gypsum quarry. For this reason, values of biovolume, soil surface compaction and radiation blocking, as well as interspecific associations relative to this population were evaluated to facilitate proper management. The study area was split into sectors according to geomorphology. Plots were established in these sectors and a systematic sampling was made whenever the vegetation distribution permitted it. A total of 150 individuals from different life stages were sampled in spring, as well as individuals from other species associated with them. The analysis of the data revealed that the associations recorded did not depend on the life stage of *D. viscosa* and there was not interspecific competition in terms of biovolume and blocking of radiation. However, there were emergency difficulties in areas with high soil surface compaction. Preventive measures about this factor can mitigate invasiveness problems and make more appropriate restorations.

Keywords: ecological restoration, invasive species, primocolonizing species, gypsiferous vegetation, superficial crust

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
MATERIAL Y MÉTODOS	9
ÁREA DE ESTUDIO	9
ESPECIE DE ESTUDIO	11
DISEÑO EXPERIMENTAL	16
VARIABLES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS	18
VARIABLES BIÓTICAS	18
VARIABLES ABIÓTICAS	19
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	20
RESULTADOS	26
DISCUSIÓN	29
CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXO I	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día las actividades mineras son fundamentales para comprender el funcionamiento socioeconómico de nuestra sociedad. Los minerales y metales obtenidos por este sector influyen directamente en la calidad de vida, progreso y destino de la humanidad.

Sin embargo, lo relativo a las explotaciones mineras no es completamente beneficioso, ya que los procesos relacionados a su actividad generan multitud de impactos ambientales como la eliminación de comunidades bióticas, la alteración de la geología y geomorfología de los suelos o la contaminación de aguas, entre muchos otros. Las características de estos impactos depende fundamentalmente del tipo de explotación efectuada, de las propias características del entorno explotado y de la restauración aplicada posteriormente.

Las explotaciones mineras terrestres pueden realizarse subterráneamente o "a cielo abierto". Las explotaciones mineras a cielo abierto consisten en la extracción de materiales realizando excavaciones superficiales. Este tipo de minería conlleva menor coste que una subterránea. Sin embargo, la eliminación de la parte superior de la montaña y la acumulación de los materiales en el pie de la ladera suponen un deterioro ambiental de gran importancia (Cerulla, 1997).

El yeso es un material mineral abundante en la corteza terrestre y posee aplicaciones muy provechosas. El origen de sus depósitos se remonta a localizaciones de masas de agua extintas, donde la evaporación de estas disoluciones provocó la acumulación sedimentaria de sales. Químicamente, el yeso natural es sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Regueiro, González-Barros y Calvo, 1997).

Las técnicas de extracción, explotación, minería y proceso de tratamiento del yeso no son las mismas a las utilizadas en otros yacimientos minerales. Esto es debido a que el yeso es un mineral blando (se encuentra en la segunda posición de la escala de dureza de Mohs, en la que la primera posición corresponde al mineral más blando y la última al más duro) y a que su origen sedimentario lo hace propenso a contener impurezas (Cerulla, 1997).

Antes de comenzar la explotación de un yacimiento de yeso se deben analizar multitud de sus características con el objeto de predecir si su extracción y tratamiento son viables económicamente. Son fundamentales los conceptos de calidad (presencia de impurezas) y cantidad de yeso, así como la estructura geológica del yacimiento y las características de la capa (en lo referente a su continuidad, los materiales de su

cobertura...). También es importante conocer la situación hídrica (como presencia de acuíferos, el que sea una zona inundable...) o la estabilidad de los taludes (Cerulla, 1997).

En lo relativo a biodiversidad vegetal los ambiente yesíferos suponen unas condiciones ambientales extremas en el establecimiento de comunidades, ya que parámetros como el encostramiento edáfico o la salinidad limitan la presencia de muchas especies. De esta forma estos sistemas son poblados por especies vegetales gipsófitas (especialistas en terrenos yesíferos).

España es un país con una gran reserva de yeso, siendo actualmente el sexto mayor productor del mundo y primero de Europa (U.S. Geological Survey, 2016). Tal y como se observa en la figura que se expone a continuación existen yacimientos en gran parte de sus comunidades autónomas, predominando en la mitad este de la península.



Figura 1. Principales yacimientos de yeso en España. Fuente: Regueiro et al., 1997

Estos yacimientos peninsulares proceden de las eras del Mesozoico y del Cenozoico. Dentro de la era Cenozoica los más importantes son los correspondientes a las épocas del Oligoceno y del Mioceno, que es el caso de los depósitos existentes en Aragón (Regueiro et al., 1997).

La mayor parte de las actividades desarrolladas por el ser humano generan impactos en el medio ambiente de diversa índole y magnitud. Los impactos que se producen como consecuencia de las labores de la minería son de especial interés, ya que se somete al medio a una degradación extrema. Esto supone el tener que aplicar diferentes técnicas de restauración, procedimiento que comenzó a aparecer en las normativas estatales en la Ley de Minas de 1973, y que tras varias actualizaciones actualmente se encuentra regulada en la Ley 21/2013 de Impacto Ambiental (Ayala y Vadillo, 2004).

La figura mostrada a continuación muestra un resumen de las fases que componen las acciones previas al proyecto de explotación del yacimiento y al proyecto de restauración del medio ambiente.

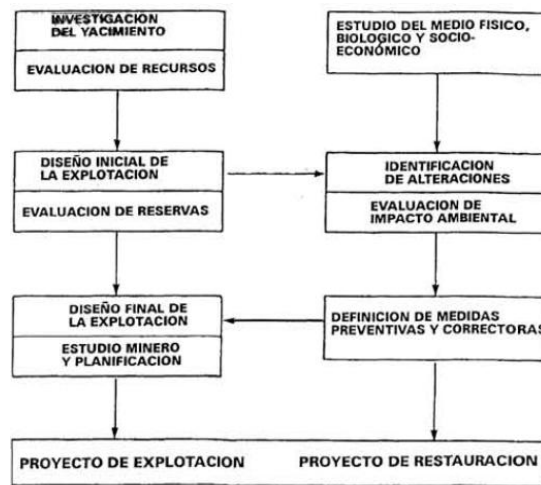


Figura 2. Resumen de las fases en la explotación y en la restauración de yacimientos mineros.

Fuente: Cerulla, 1997.

Las medidas aplicadas en la restauración no pretenden recuperar el sistema original, sino crear un nuevo ecosistema estable que ofrezca los servicios naturales necesarios para permitir que sea funcional.

Según la Sociedad de Restauración Ecológica Internacional (SERI por sus siglas en inglés) se define como restauración ecológica el proceso basado en promover el restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. El fin de la restauración ecológica es el de generar condiciones ambientales y bióticas adecuadas para que el sistema natural afectado se recupere y sea autosostenible. En el caso de las restauraciones en minería, la recuperación es más complicada, ya que los ecosistemas se deben crear de nuevo totalmente e integrarse en el paisaje (Jorba y Vallejo, 2008).

Existen dos estrategias principales a la hora de enfocar un proceso de restauración. La restauración pasiva, que consiste en la no intervención para permitir una sucesión ecológica natural, y la restauración activa, en la cual la sucesión se dirige antrópicamente mediante la aplicación de medidas correctoras de una manera continua. Una estrategia intermedia entre ambas es la restauración pasiva asistida, que consiste en aplicar medidas al inicio de la sucesión para enfocarla hacia la dirección deseada, y posteriormente dejar que ésta se desarrolle de forma natural. Esta técnica se engloba dentro de las estrategias de rehabilitación (Bradshaw, 1984)

De una manera muy simplificada, la restauración en la minería consta de tres fases fundamentales: en la primera se realiza un modelado topográfico, posteriormente

se procede a la creación de suelo mediante el uso de tierra vegetal y por último se revegeta la zona alterada. Obviamente, la restauración no acaba aquí, ya que se debe realizar un seguimiento continuo para comprobar la eficacia de las medidas aplicadas (Jorba y Vallejo, 2008).

Se deben diseñar formas de relieve que sean estables y favorezcan la estabilidad de los recursos edáficos, suelos biológicamente funcionales y comunidades vegetales también funcionales para que el nuevo ecosistema que puedan ir evolucionando de una forma natural y adecuada. Para conseguir una restauración exitosa es fundamental un buen manejo de la escorrentía.

Una vez se han aplicado las medidas referentes a topografía, se debe proceder a la creación de suelo y revegetación mediante la adición de sustrato vegetal. Las técnicas para lograr este objetivo se pueden clasificar según un gradiente de menor a mayor asistencia que se le proporciona al suelo. De esta forma, la técnica más sencilla sería un sembrado convencional sobre un sustrato que podría ser favorecido mediante el uso de fertilizantes o de algún tipo de mulching (como paja o celulosa).

La vegetación, fundamentalmente las herbáceas, favorece la fijación del sustrato en los taludes y suele ser introducida por siembra. Esta vegetación inicial supone una de las primeras etapas de la sucesión ecológica y encamina la dirección que seguirá. Sin embargo, el uso de sustratos externos, los cuales contienen importantes bancos de semillas, que suelen estar dominados por especies ruderales y en ocasiones exóticas, también determina como será esta composición vegetal inicial (Andrés, Pamplona y Zapater, 1996).

Uno de los inconvenientes que puede surgir en la sucesión ecológica de zonas restauradas es la incorporación de alguna especie invasora, sobre todo al inicio de este proceso que es cuando el sistema es más vulnerable y puede ser colonizado principalmente por especies r-estrategas.

Estos individuos suelen poseer mejores aptitudes para la capacidad para establecerse, crecer y competir, lo que puede influir negativamente en la sucesión ecológica desplazando especies autóctonas, alterando de esta forma la comunidad biótica del ecosistema en mayor o menor medida (Jefferson 2004).

A la hora de manejar especies invasoras en general, y concretamente en las de malas hierbas, se abordan tres objetivos fundamentales: prevención; detección temprana y rápida evaluación; y control, contención y erradicación. Para su obtención es necesario conocer qué tipo de especies debemos evitar de entrar en una región, qué tipo de nuevas especies debemos buscar y dónde, y cuál de las exóticas detectadas tendrá

preferentemente tratamientos de control o erradicación. Huelga decir que una formación taxonómica adecuada es un requisito previo para el logro de los tres objetivos (Rejmánek, 2000).

El tercer objetivo está fuertemente subordinado al segundo, ya que según como esté asentada la población se podrán abordar estrategias ofensivas para una rápida erradicación (detección temprana) o estrategias más a largo plazo con presuntamente mayores costes económicos (detección tardía) (Rejmánek, 2000). En lo relativo al primero multitud de modelos y datos empíricos sugieren que un aumento moderado de los recursos para la detección temprana y la erradicación de las malas hierbas invasoras sería la inversión más rentable (Smith, Johnston y Swanson, 1999).

No todas estas especies invasoras tienen porqué ser exóticas, también pueden ser autóctonas de la región pero ser capaces de invadir hábitats diferentes a los nativos cercanos a éstos. Este fenómeno es importante en especies vegetales colonizadoras, capaces de introducirse en hábitats que han sufrido alguna perturbación, a pesar de no tratarse de sus sistemas naturales (Williamson, 1996).

En el área de estudio seleccionada, sobre una explotación yesífera al noreste del municipio de Gelsa (provincia de Zaragoza), se han sometido determinados sectores de la cantera ya aprovechados a procesos de restauración ecológica. En algunas de estas zonas, que se encuentran en las primeras fases de la sucesión ecológica, se ha advertido la presencia de una especie invasora, *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter. La presencia de esta especie puede suponer un problema para el establecimiento de una comunidad vegetal gipsófita que sería la natural del ambiente, y similar a la del medio antes de la perturbación minera.

Se distinguen tres categorías de especies invasoras: importadas, introducidas y establecidas, siendo una clasificación jerárquica y consecutiva (la categoría superior engloba a las anteriores) (Williamson y Fitter, 1996). *Dittrichia viscosa* correspondería a la tercera categoría, que hace referencia a aquellas especies que se encuentran asentadas en el medio natural, es decir, están naturalizadas.

El éxito de las especies invasoras parece estar relacionado con la amplitud geográfica de su rango natural y de su abundancia en los mismos (Daehler y Strong, 1993). En el caso de *D. viscosa* su amplitud geográfica se limita al mar Mediterráneo. Sin embargo, su abundancia en ambientes perturbados antrópicamente es muy significativa, ya que es R-estratega y suele conformar poblaciones con muchos ejemplares (Atlas de la Flora de Aragón).

Para entender el potencial invasor de una especie es fundamental atender a su especificidad de hábitat. Las especies más generalistas como *Dittrichia viscosa* son invasores más eficaces por su facilidad de adaptarse a multitud de hábitats (Rabinowitz, 1981). Este fenómeno se sigue como regla general, aunque hay alguna excepción como *Pinus radiata*, especie con una distribución nativa limitada al estado de California pero ampliamente extendida por Sudamérica (Richardson, Williams y Hobbs, 1994).

La abundancia también puede estar relacionada con la producción de semillas (Williamson, 1989), por lo que el carácter invasor de una especie también se puede relacionar con este parámetro, aunque no hay evidencias estadísticas que corroboren este hecho (Williamson y Fitter, 1996). En el caso de *Dittrichia viscosa* sí que se da esta situación, ya que su producción de semillas es muy elevada. Además, esto unido a su estrategia de dispersión anemócora hace que posea un gran potencial de propagación y colonización (Parolin, Scota y Bresch, 2014).

El éxito de estas especies invasoras en los nuevos ambientes depende también en gran medida su fuerte carácter competidor frente a las nativas y la predecible falta de enemigos, ya sean depredadores, parásitos o enfermedades (Cornell y Hawkins, 1993). Históricamente en la ecología de la invasión se han contemplado mayoritariamente las interacciones negativas potenciales, cuando para entender el éxito de estas especies es fundamental entender también las positivas (Richardson, Allsopp, D'Antonio, Milton y Rejmánek, 2000).

La mayoría de las plantas introducidas llegan sin sus polinizadores asociados en su rango natural, pero prosperan en presencia de polinizadores generalistas (nativos o introducidos). Los polinizadores generalistas abundan en ecosistemas naturales y visitan fácilmente las plantas introducidas (Richardson et al., 2000), como *D. viscosa* en este caso.

Gran parte de las plantas nativas de clima mediterráneo tienen la capacidad de adaptarse a multitud de ambientes soportando las limitaciones impuestas. Debido a su eficiente producción y dispersión de semillas, y a que se adapte con facilidad a sistemas perturbados y ecosistemas secos, *Dittrichia viscosa* tiene el potencial de ser una mala hierba significativa (Groves, 1991). Su gran capacidad de diferenciación ecotípica juega un papel fundamental en la colonización de diferentes hábitats (Wacquant y Baus, 1992).

Tradicionalmente se ha sostenido que la expansión de una especie invasora en un hábitat se da desde un único foco principal, que es sobre el que se han centrado todos los esfuerzos correctivos. Sin embargo, la población de estas especies se encuentra frecuentemente dispersa en focos satélite de menor tamaño. La diferencia de tamaño

entre estos parches se suele deber a la fecha de establecimiento, el hábitat contiguo o la estocasticidad del medio (Moody y Mack, 1988).

Sin embargo, la propagación potencial de una especie es mayor si consideramos todos sus parches satélite juntos, frente al foco mayoritario. Esto es debido a que la superficie "virgen" que rodearía estos parches satélite es mucho mayor si los consideramos todos conjuntamente, con el añadido de que existe más de un foco de propagación. Es por esto que el aplique de medidas correctivas sería más efectivo en los focos satélite en vez de en el foco principal, contrariamente a los pensamientos tradicionales (Moody y Mack, 1988).

Debido a la fuerte presencia de esta especie en la zona estudiada, perjudicando la viabilidad de la comunidad gipsícola natural, y a su alto potencial competidor, es fundamental profundizar en estudios de caracterización de las poblaciones atendiendo a características bióticas y abióticas para poder realizar una gestión adecuada.

El objetivo general es el de caracterizar la población de la especie invasora *Dittrichia viscosa* en una zona minera restaurada para aportar información que favorezca estrategias de mitigación o erradicación.

Se establecen como objetivos específicos en el estudio: a) Caracterizar ecológicamente las diferentes unidades geomorfológicas del área de estudio en función de la presencia de *Dittrichia viscosa*; b) Evaluar cómo influyen determinadas características abióticas sobre la presencia y abundancia de *Dittrichia viscosa*; c) Analizar las relaciones interespecíficas que entabla *Dittrichia viscosa* con la vegetación gipsófila natural.

A continuación se exponen las hipótesis planteadas para la realización del estudio y la consecución de los objetivos.

1. Hipótesis nula: la fase en la que se encuentran los individuos *D. viscosa* está relacionada con las asociaciones que estos entablan con individuos de otras especies.
2. Hipótesis nula: el biovolumen de los individuos de *D. viscosa* de diferentes etapas vitales asociados a vegetación gipsófila es menor que el de individuos no asociados a esta especie.
3. Hipótesis nula: la compactación en los individuos de *Dittrichia viscosa* de diferentes etapas vitales es menor bajo su dosel que en los intersticios, lo que puede

ser favorable para la aparición de nuevos individuos en sus cercanías (facilitación intraespecífica).

4. Hipótesis nula: la compactación en los intersticios de los transectos escasamente poblados por *Dittrichia viscosa* es mayor que en los altamente colonizados.

5. Hipótesis nula: las diferentes etapas vitales de *Dittrichia viscosa* muestran diferencias estadísticamente significativas en su bloqueo de PAR.

6. Hipótesis nula: los individuos *Dittrichia viscosa* estudiados muestran diferencias estadísticamente significativas en su bloqueo de PAR en función de si se encuentran asociados a otra especie o no.

7. Hipótesis nula: en los transectos que hay predominio de cobertura de *Dittrichia viscosa* se observa una baja cobertura de vegetación gipsófita y viceversa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La comarca de la Ribera baja del Ebro, pese a no ser un exponente en minería, posee un patrimonio geológico y unas explotaciones mineras dignas de considerar. Las explotaciones de rocas gypsícolas son las más destacables, tanto por los recursos disponibles como por su aprovechamiento. En menor medida hay explotaciones mineras de sal común, rocas arcillosas, rocas carbonatadas y áridos (Mata-Perelló, Sanz, Vilaltella, 2014).

La minería relacionada con las rocas yesosas es la más importante de la comarca, ya que es la que más industrias de extracción y tratamiento concentra. Su objetivo es la obtención de alabastro y yesos para el sector de la construcción. Estas numerosas explotaciones se localizan sobre afloramientos de materiales de la época del Oligoceno, en su tránsito al Mioceno. En estos afloramientos el mineral predominante es el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), seguido por la hemihedrita, la anhidrita y otros minerales no yesosos como la calcita o la caolinita (Mata-Perelló et al., 2014).

Concretamente el estudio se realiza sobre una zona restaurada de una explotación yesífera denominada "Yesos Alfa", al noreste del municipio de Gelsa (Zaragoza), en una propiedad de Placo ibérica (Saint Gobain) ubicada a $41^\circ 24' 26''\text{N}$ $0^\circ 27' 37''\text{O}$ y a unos 200 msnm. Hace unos 20 años en las zonas cercanas a Gelsa tras estudios realizados por las empresas explotadoras se estimaron 24 Mt de reservas de yesos seguras, 37 Mt de reservas probables y 50 Mt de reservas posibles (Regueiro et al., 1997).

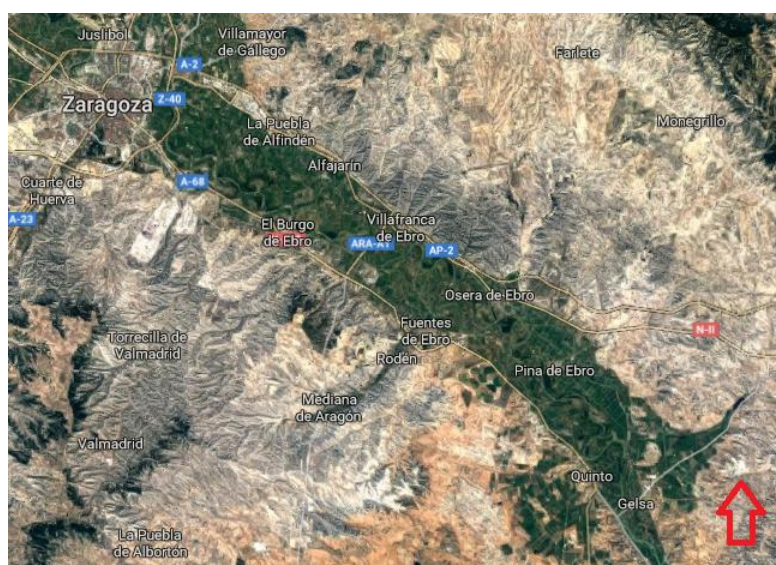


Figura 3. Localización de la explotación minera en las cercanías de Zaragoza. Fuente: Google Maps.

Desde el año 2007 se llevan a cabo procesos de restauración en los terrenos que ya han sido explotados. La restauración se realiza mediante la división del terreno y la creación de parches, aplicando en los mismos diferentes estrategias y medidas, con distintos resultados. Mientras que hay zonas que han sido restauradas exitosamente otras se han visto fuertemente afectadas por la presencia de *Dittrichia viscosa*.

En el área de estudio se iniciaron procesos de restauración en 2009. Este parche posee en torno a 6000 m², así como variedad en su relieve, con zonas de ladera, de vaguada y de cresta. A simple vista se observa una colonización muy fuerte de *D. viscosa* en las zonas de vaguada y en algunas laderas.

A continuación se muestra un perfil transversal de la zona de estudio, situándose las laderas 1 y 3 con una orientación oeste y la ladera 2 con una orientación este. En el anexo I se muestran diferentes fotografías de estas unidades geomorfológicas del área de estudio.

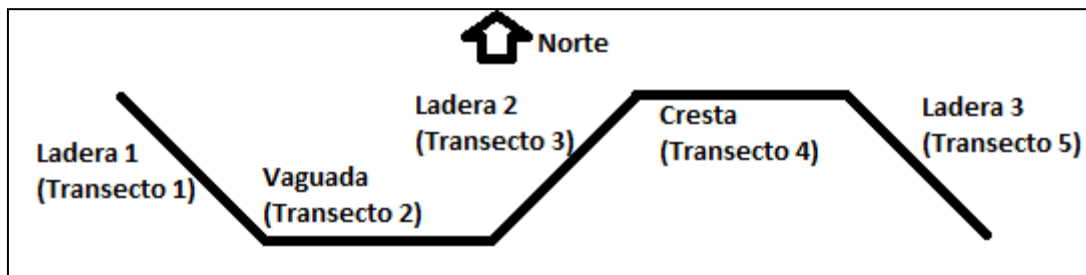


Figura 4. Perfil transversal de la zona de estudio. Fuente: elaboración propia.

Especie de estudio

La especie problemática en la restauración ecológica del área de estudio es *Dittrichia viscosa*. La tabla expuesta a continuación expone su clasificación taxonómica según la clasificación establecida por Flora Ibérica, contrastada con la implantada por Cronquist (1981) y de la base de datos de especies vegetales de Euro+Med.

	Flora Ibérica	Cronquist	Euro+Med Plantbase
Reino	<i>Plantae</i>	<i>Plantae</i>	<i>Plantae</i>
División		<i>Magnoliophyta</i>	<i>Tracheophyta</i>
Subdivisión	<i>Spermatophyta</i>		<i>Spermatophytina</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Monocotiledoneas</i>	<i>Asteridae</i>	
Superorden			<i>Asteranae</i>
Orden	<i>Asterales</i>	<i>Asterales</i>	<i>Asterales</i>
Familia	<i>Compositae</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Compositae</i>
Tribu			<i>Inuleae</i>
Género	<i>Dittrichia</i>	<i>Erigeron</i>	<i>Dittrichia</i>
Especie	<i>viscosa</i>		<i>viscosa</i>

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Dittrichia viscosa*. Fuente: Castroviejo et al., 1986-2012; Cronquist, 1981; Euro+Med plantbase.

El género *Dittrichia* no aparece en la clasificación establecida por Cronquist, ya que ahí se considera otro taxón el cual es aceptado como sinonimia, el género *Erigeron* (Atlas de la Flora de Aragón). Como se puede observar, todas las clasificaciones son bastante similares, utilizando nomenclaturas sinónimas en el caso del género y la familia. Las diferencias se reflejan en la contemplación o ausencia de diferentes niveles taxonómicos que se podrían definir como secundarios, como tribu, superorden, subclase y subdivisión; además de la discordancia en la división.

La distribución natural de *Dittrichia viscosa* es la región mediterránea, sin ser característica de ningún territorio en particular, ya que está presente en los países europeos, africanos y asiáticos que baña este mar (Parolinet al., 2014). A continuación se muestran una serie de mapas donde se refleja la presencia de la especie *Dittrichia viscosa* en Aragón, Península ibérica, Europa y a nivel mundial

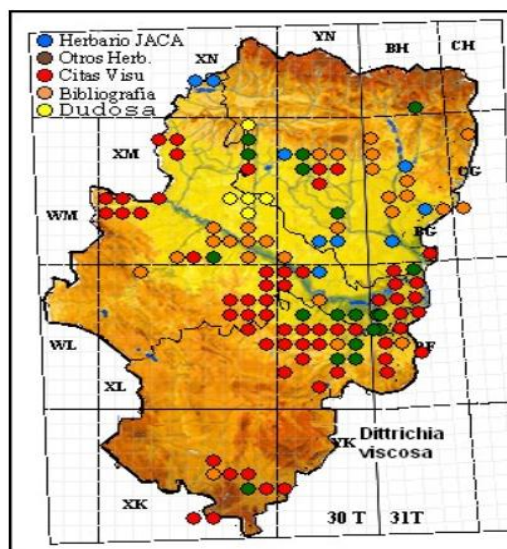


Figura 5. Distribución de *Dittrichia viscosa* en Aragón. Fuente: Atlas de la Flora de Aragón.



Figura 6. Distribución de *Dittrichia viscosa* en la Península Ibérica. Fuente: Anthos.

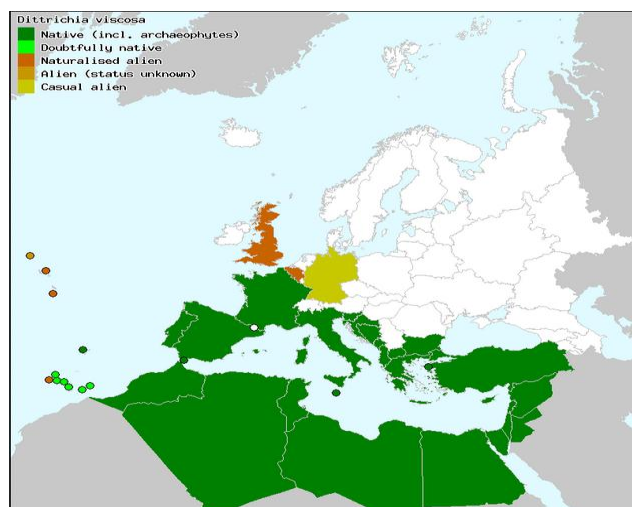


Figura 7. Presencia por países de *Dittrichia viscosa* en Europa y norte de África. Fuente: Euromed Plant Database.



Figura 8. Distribución de *Dittrichia viscosa* a nivel mundial. Fuente: Encyclopedia of Life.

Tal y como se puede apreciar en los mapas anteriores, la distribución de *Dittrichia viscosa* es fundamentalmente mediterránea, predominando en los países europeos. Sin embargo, también se ha identificado en Norteamérica, Australia y este de África, lo cual prueba su carácter invasor.

A nivel de España posee una presencia muy fuerte en las regiones mediterráneas (distribución natural), aunque también se advierte una presencia significativa en el centro y el norte peninsular, debido a su gran capacidad de expansión. En Aragón predomina en la depresión del Ebro, Prepirineo y sur de la provincia de Teruel.

Dittrichia viscosa es una especie arbustiva perenne herbácea, pero de base leñosa. Constituye una importante fuente natural de alimento para las orugas de mariposas y polillas. Su forma biológica es la de un hemicriptófito escaposo, con un carácter pionero notable encontrándose en una variedad de hábitats en el clima mediterráneo sin una restricción clara del microhabitat (Parolin et al., 2014).

Se considera una especie de planta ruderal debido a su abundancia en áreas que han sido modificadas y alteradas por actividades antrópicas (Murciego et al., 2007). Los hábitats típicos de *D. viscosa* son los arroyos secos, los campos abandonados, los caminos o incluso las zonas urbanas (Parolin et al., 2014).

Las raíces pueden ser bastante sustanciales, incluso en plantas pequeñas, siendo la proporción de biomasa subterránea sobre la biomasa aérea de 0,24 (Stavrianakou et al., 2006). Posee tallos verticales, con la bifurcación comenzando bajo en el tallo. Las ramas son abundantes, esparcidas e irregulares en ángulo. El dosel es muy denso. Puede llegar hasta a 150 cm de altura (Parolin et al., 2014).

Las hojas son pegajosas, de ahí el nombre de "viscosa". La forma de las hojas pubescentes es alargada, con bordes aserrado-dentados. Las hojas maduras alcanzan un tamaño promedio de 7x1,8 cm, y el espesor promedio de las hojas es de 197 μm . El área foliar específica es de 502 cm^2/g en promedio. El número total de hojas por planta es de 130,9 y el área foliar total por planta es de 200 cm^2 (Stavrianakou et al., 2006).

Los tallos jóvenes y las hojas se cubren con unos pelos glandulares que segregan un aceite pegajoso y de intenso olor. Las hojas poseen largos pelos protectores, numerosos pelos glandulares y complejos estomáticos tanto en las superficies abaxiales como adaxiales (Nikolakaki y Christodoulakis, 2004).

Los capítulos florales son numerosos y se agrupan como racimo compuesto. *Dittrichia viscosa* tiene inflorescencias largas, y la corola de sus flores amarillas tiene unos 2 cm de diámetro, con lígulas que exceden claramente al involucro. Las flores son hermafroditas y se polinizan mediante insectos. Las semillas producidas posteriormente son fundamentalmente dispersadas gracias a la acción del viento y del agua (Parolin et al., 2014).

En cuanto a su fenología, los nuevos individuos comienzan a brotar a finales de marzo o abril. El crecimiento principal se completa en mayo y la acumulación de almidón en toda la planta termina en junio. También hay un período de crecimiento secundario en octubre/noviembre y las hojas caen en diciembre (Parolin, Scota y Bresch, 2013).

A finales de julio, los capullos florales ya están presentes en la planta. A partir de septiembre, se produce la floración y fructificación. La floración se prolonga durante un largo período, hacia el final de la temporada cálida, entre agosto y octubre. Por último, sus frutos maduran entre octubre y noviembre (Parolin et al., 2013).

En su distribución nativa, *D. viscosa* germina principalmente después de lluvias de otoño, pero si se dispone de la humedad adecuada, esto puede ocurrir en cualquier momento. La germinación parece ser favorecida por la perturbación del suelo y el fuego (Pérez-Fernández, Calvo-Magro y Ferrer-Castán, 2006).

La especie también muestra una gran tolerancia a la sequía. La presencia de vellosidades pegajosas y mucilaginosas puede ayudar a reducir la tensión superficial entre el suelo y la semilla, y por lo tanto son capaces de retener una mayor cantidad de agua en un período de tiempo más pequeño. Por lo tanto, el agua del suelo se hace casi inmediatamente disponible, aumentando así la germinación (Pérez-Fernández et al., 2006).

Bajo estrés hídrico, el crecimiento se resiente, pero la densidad del cabello glandular no se ve afectada (Karageorgou, Levizou y Manetas, 2002). También posee un bajo peso específico de la planta, un alto contenido relativo de agua, un alto contenido de clorofila, y una alta proporción de clorofila/nitrógeno (FEDER, 1997).

Una característica fundamental para entender su potencial competitivo son las sustancias secretadas por la planta, que desempeñan un papel defensivo de las superficies de las hojas contra los microorganismos (Karageorgou et al., 2002). Los exudados tienen fuertes características citotóxicas y genotóxicas, dando como resultado efectos alelopáticos en la germinación de semillas de otras plantas (Celik y Aslantürk 2010).

Estas sustancias penetran en el suelo con fuertes lluvias. Dado que el material no es tóxico para la planta madre, *D. viscosa* tiene una ventaja competitiva sobre otras especies (Stephanou y Manetas, 1997). El efecto alelopático de *D. viscosa* podría ser un mecanismo importante para su éxito como especie invasora (Omezzine, Rinez, Ladhari, Farooq y Haouala, 2011).

Aparte de un efecto negativo sobre el porcentaje final de germinación de semillas de otras especies, las sustancias secretadas por *D. viscosa* también reduce la longitud de raíz y la frecuencia de las divisiones celulares en la zona meristemática, induce abundantes raíces laterales y suprime completamente la formación de pelos radiculares de otras especies (Omezzine et al., 2011).

Los extractos de sus raíces y tallos no causan efectos significativamente negativos sobre la comunidad vegetal, sin embargo los extractos de las hojas y flores poseen un potencial alelopático fuerte. Estas sustancias parecen ser selectivas hacia especies que ocupan sus mismos hábitats (Omezzine et al., 2011). En situaciones de escasez de nutrientes, de agua o de luz, se aprecia una disminución en la producción de estas sustancias alelopáticas en beneficio del crecimiento de la planta (Karageorgou et al., 2002).

Diseño experimental

El muestreo se planteó de la siguiente manera: se dividió el terreno en cinco transectos, acorde a las diferentes unidades geomorfológicas del terreno, tal y como se ha mostrado en la figura 4. En cada uno de estos transectos se delimitaron cinco parcelas de 3x3 m. En cada una de estas parcelas se seleccionaron un máximo de cinco individuos de la fase plántula, cinco individuos de la fase adulta pequeños (menores a 50 cm) y cinco individuos de la fase adulta grandes (mayores a 50 cm).

El muestreo de estos quince individuos se realizó de una manera sistemática siempre que fue posible. En el caso de detectar más de cinco ejemplares de cada fase vital, se actúa siguiendo el patrón descrito en la Figura 9. En caso de no haber suficientes individuos o que su distribución espacial no permita realizar este muestreo sistemático, se realiza un muestreo aleatorio. Además de este máximo de quince individuos seleccionados, se estudiaron los individuos de otras especies leñosas asociados a los de *Dittrichia viscosa* contemplados.

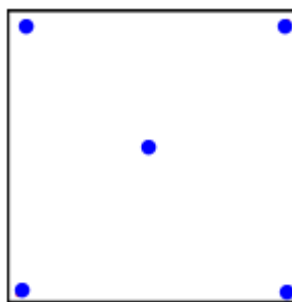


Figura 9. Muestreo sistemático realizado en cada parcela. Los puntos rojos corresponderían a los individuos muestreados en caso de que la distribución espacial lo permita. Fuente: elaboración propia.

Los datos han sido tomados entre los meses de abril y junio de 2016 (primavera), período en el cual *Dittrichia viscosa* está experimentando su principal crecimiento (Parolin et al, 2014). Se recopilaban medidas de altura, diámetro mayor, diámetro perpendicular al mayor, medidas de un dinamómetro bajo dosel y en intersticios (tomados a 30 cm de dosel en orientación norte), y radiación en la parte anterior y posterior de todos los individuos estudiados. Con estos datos se calculan las variables de biovolumen, compactación y bloqueo del PAR, cálculos que serán explicados más adelante.

También se recopilan datos relativos a la cobertura vegetal de cada parcela, indicando el porcentaje de suelo desnudo, de cobertura vegetal herbácea, de cobertura vegetal leñosa total, y de la cobertura particular de cada especie leñosa detectada (este porcentaje por cada especie no es respecto a la cobertura leñosa, si no sobre la superficie de cada parcela).

La tabla expuesta a continuación es un resumen del muestreo individual realizado en función de las parcelas de cada transecto, el número de individuos de cada fase vital encontrados y las asociaciones detectadas.

Parcela	Plántulas	Adultos pequeños	Adultos grandes	Total	Nº de asociaciones
1.1	-	-	-	-	-
1.2	-	-	-	-	-
1.3	-	-	-	-	-
1.4	-	1	-	1	-
1.5	-	1	-	1	-
2.1	3	5	5	13	-
2.2	3	4	5	12	2
2.3	1	3	5	9	1
2.4	-	1	5	6	3
2.5	2	3	1	6	3
3.1	1	1	5	7	4
3.2	5	5	5	15	5
3.3	4	5	5	14	2
3.4	3	5	3	11	7
3.5	3	2	1	6	3
4.1	5	5	1	11	6
4.2	1	-	-	1	1
4.3	1	-	-	1	1
4.4	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-
5.1	5	5	1	11	5
5.2	3	5	5	13	10
5.3	1	3	1	5	4
5.4	-	-	-	-	-
5.5	-	4	-	7	5
Total	41	58	48	150	62

Tabla 2. Individuos y asociaciones contemplados en cada parcela. Fuente: elaboración propia.

Ante la elevada cantidad de asociaciones detectadas entre *D. viscosa* y *Gypsophila struthium* L. subsp. *Hispanica* (Willk.) G. López, características como que la segunda también sea una especie primocolonizadora, que sea un gipsófito de amplia distribución peninsular, que presenten algunos rasgos funcionales similares (como el biotipo), y el que su presencia pueda ser indicadora de que el proceso sucesional se comienza a desarrollar en la dirección adecuada, se ha decidido contemplar a esta única especie en los términos de vegetación gipsófita de las hipótesis nulas.

Variables bióticas y abióticas

Una vez se han obtenido los datos de campo se procede a su digitalización mediante la construcción de una matriz y se realizan los cálculos pertinentes para calcular nuestras variables.

Variables bióticas

Tomando los datos disponibles de altura, diámetro mayor y perpendicular a éste (habitualmente diámetro menor) de los individuos de *D. viscosa* contemplados y los individuos de otras especies asociados a éstos, se procede al cálculo de su o biovolumen.

El biovolumen es una medida del tamaño de las plantas. Se asume que su variación en una comunidad biótica es un factor a tener en cuenta a la hora de determinar los nichos ecológicos que ocuparán las diferentes especies, ya que es fundamental en su capacidad de competir por el espacio, la luz, y en menor medida por los nutrientes y el agua (Hulbert, 1971). Por estos motivos, se considera un parámetro fundamental para la caracterización de la población de *D. viscosa*.

Para su cálculo se utiliza el procedimiento establecido por Phillips y MacMahon, que considera las plantas como un esferoide achatado (una elipse rotada por su eje menor):

$$V = \frac{\pi a^2 b}{6}$$

Siendo “a” el eje menor de la planta y “b” el eje mayor. Como ejes se consideran la altura y el diámetro medio de la planta, siendo éste la media entre el diámetro horizontal mayor del individuo y el menor en perpendicular al mismo (Phillips y MacMahon, 1981).

Variables abióticas

La compactación edáfica superficial hace referencia al estado de la estructura edáfica en su capa más externa. Si el suelo es muy compacto se caracteriza por una gran densidad aparente, con un denso empaquetamiento de las partículas del suelo, lo que supone una disminución en la porosidad, sobre todo de la macroscópica.

El principal inconveniente de una elevada compactación superficial es el relacionado con la nascencia de nuevos individuos. La emergencia de plántulas se efectúa cuando éstas son capaces de romper la costra y surgir al exterior. Por lo tanto, cuanto mayor sea la compactación superficial más dificultades tendrá la comunidad vegetal para establecer nuevos individuos

Además, cuanto más compacto sea el suelo, mayor deberá ser el esfuerzo de las raíces para penetrarlo, ya que disminuye la superficie absorbente, precisando de un gran aporte energético, de agua y de nutrientes. Esto se traduce en un crecimiento de la planta más pobre, ya que debe destinar más recursos a su estructura subsuperficial.

En la compactación del suelo influyen fundamentalmente sus características químicas y características físicas, como la textura, tipo y estabilidad de su estructura, la densidad aparente o la carga histórica, así como su contenido de humedad, ya que si el contenido de humedad es alto el suelo puede compactarse y deformarse con mayor facilidad.

En este caso se ha analizado esta compactación edáfica superficial del suelo mediante el uso de un dinamómetro BFG (Basic Force Gauge), Mecmesin 500N. El dinamómetro es un aparato que mide la fuerza (medida en Newton) que hay que aplicar para penetrar una superficie en el suelo. Estas medidas han sido tomadas bajo el dosel de los individuos estudiados y en el intersticio situado a 30 cm. Posteriormente se ha dividido el valor obtenido (N) entre la superficie del émbolo del aparato (m^2) y de esta forma se obtiene el valor en KPa.

El bloqueo del PAR (por sus siglas en inglés "Photosynthetically Active Radiation") hace referencia al porcentaje de esta radiación que es retenida por las plantas. Se considera radiación fotosintéticamente activa aquella que las hojas de las plantas son capaces de absorber (Jones, 1983). Como su propio nombre indica, esta radiación es la empleada para la realización de la fotosíntesis, por lo que una absorción eficiente se traduce en una buena producción de biomasa, su déficit causa problemas en el desarrollo del individuo, mientras que su exceso conlleva problemas de fotoinhibición. (Hashemi-Dezfouli y Herbert, 1992).

Sobre la vegetación incide la radiación comprendida en los intervalos de longitud de onda de 0,38 y 4 μm . Sin embargo, únicamente la que se encuentra entre los rangos de 0,4 y 0,7 μm es la utilizada en la fotosíntesis, es decir, la fotosintéticamente activa. Se estima que la radiación de estos intervalos supone el 48% de la total incidente (Jones, 1983). La radiación incidente absorbida restante influye sobre la temperatura foliar y la tasa de transpiración (Gallo y Daughtry, 1986).

A partir de los datos disponibles se procede a calcular el bloqueo de esta radiación por parte de los individuos de *D. viscosa* y sus asociaciones contemplados. Las medidas fueron realizadas mediante un PAR-metro modelo "Spectrum Technologies Fieldscout Quantum Meter", un aparato que mide la radiación incidente. De esta manera, disponiendo de los valores de radiación en la parte anterior y posterior de las plantas se puede calcular el porcentaje que ha sido absorbido (bloqueado) por los individuos estudiados tal y como se muestra a continuación.

$$\% \text{ PAR no absorbido} = \frac{\text{radiación en la parte posterior del individuo}}{\text{radiación en la parte anterior del individuo}} \cdot 100$$

Análisis estadístico

En primer lugar, para facilitar el análisis de las coberturas de *D. viscosa* y *G. struthium hispanica* en función de cada parcela se ha creado un índice que relaciona ambas coberturas. De esta manera se obtienen resultados que relacionan el predominio de una u otra especie en cada parcela. El índice en cuestión se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice de relación de coberturas} = \frac{(\% \text{ cobertura } D. viscosa + 0,001)}{(\% \text{ cobertura } G. struthium hispanica + 0,001)}$$

El motivo de sumar el valor de 0,001 a cada porcentaje de cobertura de las especies se debe a que existen parcelas cuya cobertura de alguno de estos dos taxones es nula, por lo que se pueden obtener resultados matemáticamente erróneos. Se añade un valor tan pequeño para influir lo menos posible en los porcentajes de cobertura.

Tras la creación del índice se comienza el análisis de las variables. El primer paso es someter los datos a un pretratamiento con el objetivo de detectar y eliminar los datos "outliers", es decir, los datos extremos y atípicos. Para la identificación de estos datos se recurre a diagramas de caja y bigote. Una vez generado el diagrama se descartan los datos "outliers".

Para eliminar los datos "outliers" de las variables de biovolumen, compactación y bloqueo del PAR la matriz se ha segmentado bajo las variables de estructura de nº transecto, considerando cada transecto como unitario pero geomorfológicamente distintos entre sí; especie, para tratar los datos en bloques de especies, ya que estas poseen diferentes características; categoría de planta, para diferenciar las plantas adultas de las plántulas; y micrositio, separando de esta manera las medidas bajo el dosel del individuo y los intersticios.

Una vez se han eliminado estos datos para las variables propuestas se aplican los test de normalidad y homocedasticidad. Es posible eliminar estos datos "outliers" debido a que nuestro tamaño de muestra es muy elevado y su omisión no afectaría a los resultados finales.

A continuación se realizan los test de normalidad y de homocedasticidad para definir que análisis estadístico se utilizará, paramétrico o no paramétrico. La normalidad mide si los datos de la matriz siguen una distribución denominada como normal. Por otro lado, la homocedasticidad lo que mide es si las desviaciones en los datos por las márgenes inferior y superior son similares o no.

Para comprobar cómo es la distribución de las variables se realiza la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Si tras aplicar el test de normalidad el resultado es negativo (distribución no normal), se descarta el análisis paramétrico sin la necesidad de realizar el test de homocedasticidad. Se podrían transformar los datos para que adoptasen una distribución normal, pero esta opción no ha sido contemplada. La siguiente tabla muestra los resultados sobre la distribución de las variables dependientes.

Hipótesis nula	Test	Significancia	Decisión
La distribución del número de asociaciones es normal con la media 5,18 y la desviación típica 2,601	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,702	Retener la hipótesis nula
La distribución de biovolumen es normal con la media 42.518,52 y la desviación típica 72.775,36	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución del bloqueo PAR es normal con la media 7,90 y la desviación típica 10,94	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de compactación es normal con la media 523,15 y la desviación típica 99,39	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,826	Retener la hipótesis nula
La distribución de la relación entre <i>D. viscosa</i> y <i>G. struthium hispanica</i> es normal con la media 636,98 y la desviación típica 1.786,04	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	0,000	Rechazar la hipótesis nula

Tabla 3. Resumen sobre la prueba de Kolmogorov-Smirnov que analiza la normalidad de las variables a estudiar. Fuente: elaboración propia

Tal y como se refleja en la tabla anterior, la variable compactación y la de número de asociaciones poseen una distribución normal. Sobre estas variables se debe aplicar ahora un análisis sobre su homocedasticidad. A continuación se muestran los histogramas de frecuencia de las variables analizadas, lo que corrobora gráficamente lo reflejado en la tabla anterior.

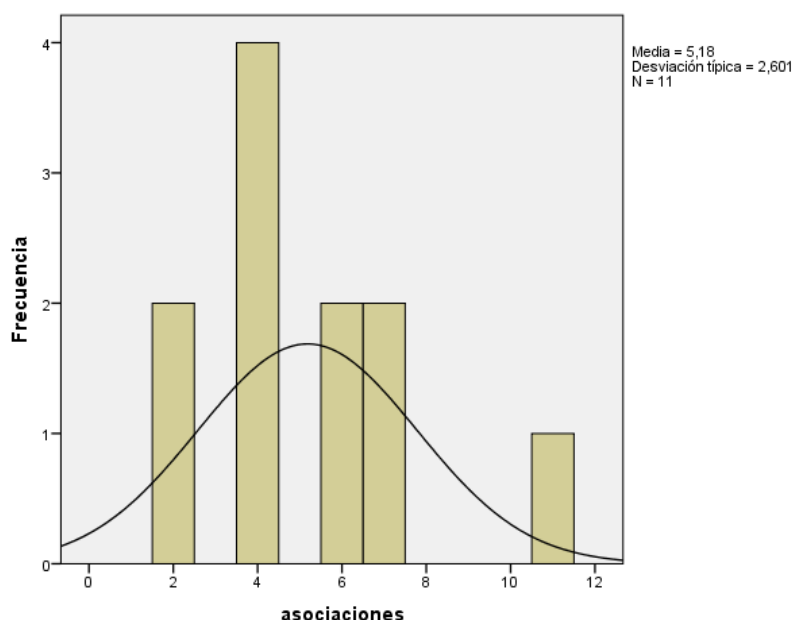


Figura 10. Histograma de frecuencia de la variable número de asociaciones. Fuente: elaboración propia.

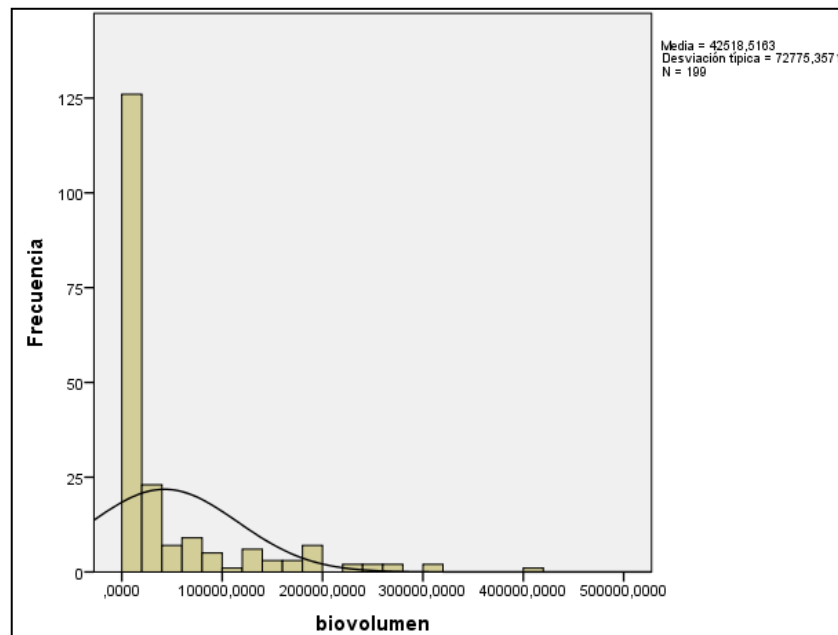


Figura 11. Histograma de frecuencia de la variable biovolumen. Fuente: elaboración propia.

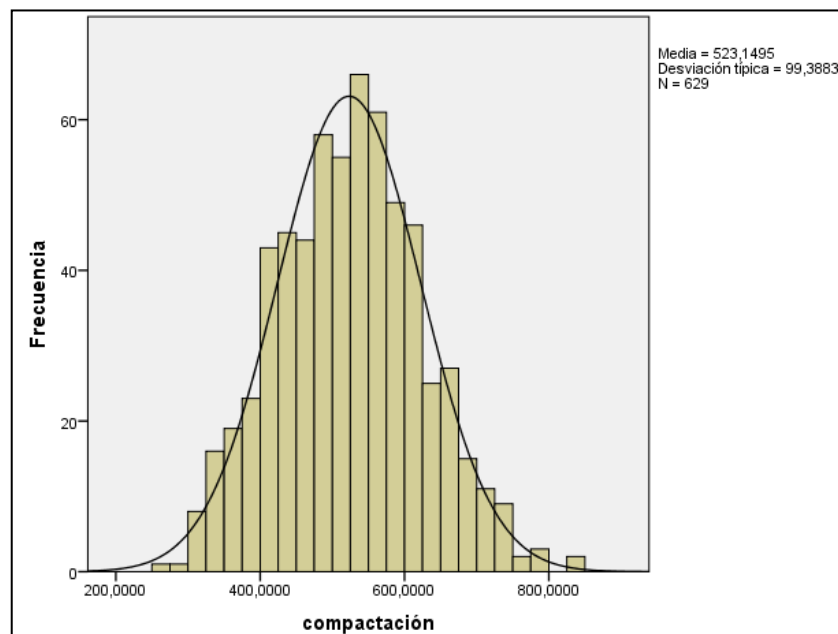


Figura 12. Histograma de frecuencia de la variable compactación. Fuente: elaboración propia.

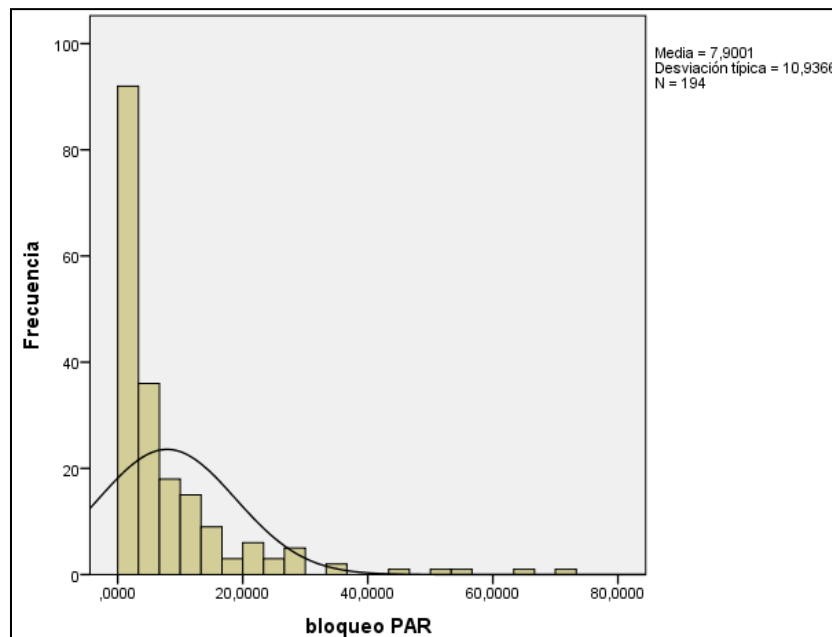


Figura 13. Histograma de frecuencia de la variable compactación. Fuente: elaboración propia.

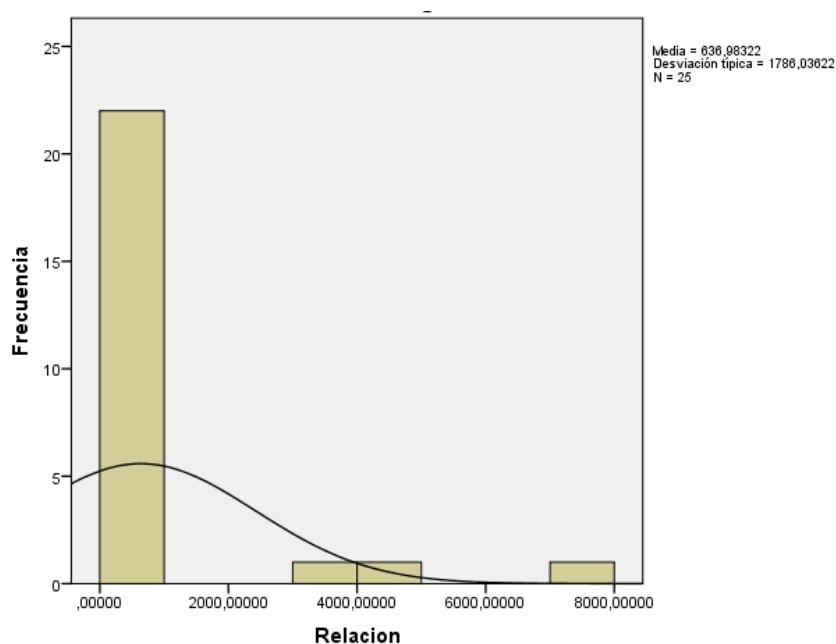


Figura 14. Histograma de frecuencia de la variable relación *D. viscosa* y *G. struthium hispanica*.
Fuente: elaboración propia.

Para comprobar la homocedasticidad de las variables con distribución normal se aplica sobre las mismas el test de Levene. La variable de número de asociaciones da un resultado negativo (datos no homocedásticos), por lo que al no cumplir este requisito habrá que aplicarle análisis no paramétricos.

Para la compactación se realiza el test de Levene segmentando la matriz respecto a las variables de estructura que intervienen en sus hipótesis nulas: categoría de planta, micrositio y transecto. Como en los transectos solo se evalúa la compactación en los intersticios, se ha filtrado para analizar la homocedasticidad solo de esos casos, obviando la compactación bajo dosel. El test de Levene resulta positivo (datos homocedásticos) en la totalidad de los casos.

Tras este pretratamiento se obtiene que la variable compactación es la única sobre la cual se aplicarán análisis paramétricos, ya que cumple los criterios de normalidad y homocedasticidad. Una vez se han caracterizado todas nuestras variables dependientes ya se pueden aplicar los diferentes test estadísticos.

Los test paramétricos serán llevados a cabo mediante la comparativa de medias mediante un análisis de varianza ANOVA, aplicando el post hoc de Tukey si la comparativa es entre más de dos grupos, para de esta forma relacionarlos todos entre sí.

Por otro lado, el análisis de las variables no paramétricas se realizará mediante test de la misma naturaleza. Como el estudio en todos los casos es entre muestras independientes se utilizará la prueba U de Mann-Whitney o la prueba de Kruskal-Wallis, que comparan la distribución de una variable respecto de otra.

Para comparar la compactación en los intersticios de los diferentes transectos éstos son divididos en dos categorías, escasamente poblados y altamente poblados. Para conseguir este propósito se aplica un tratamiento k-means, un análisis de clasificación que agrupa los de datos en diferentes categorías programadas. Esta prueba determina que los transectos 1 y 4 corresponden a la categoría de escasamente poblados y los transectos 2, 3 y 5 a la de altamente poblados.

Para realizar el estudio estadístico se precisa el uso de programas concebidos con tal fin, concretamente en este caso el programa elegido es el "SPSS statistics".

RESULTADOS

En primer lugar se analiza el número de asociaciones en función de la fase vital de los individuos aplicándose un test no paramétrico de Kruskal-Wallis para tres muestras independientes, cada una de las tres etapas vitales estudiadas, con un intervalo de confianza del 95%. Los resultados obtenidos no muestran diferencias entre las fases vitales, y se muestran en la tabla sucesiva.

	Plántula	Adulto pequeño	Adulto grande
Número de asociaciones	3,33 ± 0,667a	5,75 ± 1,931a	6,00 ± 0,707a

Tabla 4. Resultados sobre el número de asociaciones que establecen los individuos de las diferentes etapas vitales de *Dittrichia viscosa* de media para cada transecto. Fuente: elaboración propia

A continuación se muestran los análisis realizados para la comparativa del biovolumen entre individuos asociados a la especie *G. struthium hispanica* y no vinculados. El test aplicado es la Prueba U de Mann-Whitney para dos muestras independientes, realizándose además para cada una de las fases vitales contempladas, con un intervalo de confianza del 95%. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

	Con asociación	Sin asociación
Biovolumen de las plántulas	189,109 ± 75,540a	146,478 ± 40,041a
Biovolumen de los adultos pequeños	5635,272 ± 1398,267a	15749,826 ± 2895,012a
Biovolumen de los adultos grandes	71195,542 ± 14335,208a	68753,063 ± 12360,633a

Tabla 5. Resultados sobre los valores del biovolumen de los individuos de *Dittrichia viscosa* estudiados en función de su fase vital y de si se encuentran o no asociados a *G. struthium hispanica*. Fuente: elaboración propia

Seguidamente se realizan los análisis planteados respecto a la variable compactación. Como esta variable es paramétrica, se utiliza el análisis de varianza ANOVA de un factor (micrositio) para cada etapa vital. Al igual que en los casos anteriores, el test se realiza con un intervalo de confianza del 95%. Los resultados obtenidos evidencian diferencias estadísticas significativas y se muestran a continuación.

	Compactación bajo dosel	Compactación en intersticios
Plántulas	480,66 ± 13,71a	552,90 ± 15,84b
Adultos pequeños	458,72 ± 11,13a	547,25 ± 11,71b
Adultos grandes	490,37 ± 13,26a	539,58 ± 10,83b

Tabla 6. Resultados sobre la compactación bajo el dosel de los individuos estudiados y los intersticios a 30 cm de éstos orientación este dividido según las etapas vitales estudiadas. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se evalúan los datos de compactación en todos los intersticios registrados, para ver si existen diferencias significativas en este parámetro entre los transectos con escasa población de *D. viscosa* y los altamente poblados. Se repite el análisis anterior, el análisis de varianza ANOVA de un factor (grupos de transectos según cobertura de *D. viscosa*) con un intervalo de confianza del 95%. A continuación se muestra la tabla resumen de los resultados obtenidos en este test estadístico.

	Transectos escasamente poblados	Transectos altamente poblados
Compactación en intersticios	564,61 ± 7,27a	506,52 ± 4,49b

Tabla 7. Resultados de la compactación del suelo desnudo (intersticios) en los dos grupos de transectos obtenidos en función de su población de *D. viscosa*. Fuente: elaboración propia.

Tras estudiar las variables de biovolumen y compactación se procede a analizar la variable referente al bloqueo de PAR. En primer lugar se valoran las diferencias del porcentaje de esta absorción para cada fase vital contemplada a través de la prueba U de Mann-Whitney para tres muestras independientes, cada una de las fases vitales contempladas. El intervalo de confianza vuelve a ser de nuevo del 95%. En la tabla sucesiva se refleja el valor de este parámetro para cada etapa, siendo la media indicada la del porcentaje de radiación fotosintéticamente activa que no absorbe la planta, acorde a la significancia estadística obtenida en el análisis.

	plántula	adulto pequeño	adulto grande
% PAR no bloqueado	21,789 ± 2,505a	4,984 ± 0,556b	2,230 ± 0,190c

Tabla 8. Resultados sobre el porcentaje de PAR no absorbido por la planta según cada etapa vital contemplada. Fuente: elaboración propia.

Seguidamente se compara esta misma variable en función de si el individuo de *Dittrichia viscosa* se encuentra asociado a otra especie o no mediante la prueba U de Mann-Whitney para 2 muestras independientes, individuos relacionados a otras especies e individuos sin asociaciones, con un intervalo del 95%. Como el bloqueo de esta radiación difiere según la etapa vital en la que se encuentre el individuo, se segmenta también bajo esta variable. En la sucesiva tabla se exponen los porcentajes de PAR no bloqueados por la planta en función de su etapa vital y su asociación con otros individuos.

	% PAR no bloqueo por individuo sin asociación	% PAR no bloqueo por individuo con asociación
Plántulas	24,096 ± 3,066a	14,638 ± 3,123a
Adultos pequeños	4,311 ± 0,534a	6,011 ± 1,123a
Adultos grandes	2,155 ± 0,2465a	2,358 ± 0,302a

Tabla 9. Resultados sobre el porcentaje de PAR no retenido para cada etapa vital en función de la existencia de asociaciones con otras especies. Fuente: elaboración propia.

Por último se analiza el índice creado para valorar la relación entre *Dittrichia viscosa* y *Gypsophila struthium hispanica* entre los cinco transectos estudiados. Para este contraste se utiliza la prueba Kruskal-Wallis para 5 muestras independientes, cada uno de los trasectos diferenciados, con un intervalo de confianza del 95%. Los resultados obtenidos se exponen en la tabla sucesiva.

	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4	Transecto 5
Índice de relación entre <i>D. viscosa</i> y <i>G. struthium hispanica</i>	0,040 ± 0,323a	2440,933 ± 1541,649b	723,089 ± 581,076c	20,492 ± 20,128d	0,362 ± 0,175e

Tabla 15. Resultados sobre el índice que relaciona las coberturas de *D. viscosa* y *G. struthium hispanica* según cada transecto. El valor de 1 representaría el equilibrio absoluto de ambas poblaciones, valores inferiores predominio de *G. struthium hispanica* y valores superiores predominio de *D. viscosa*. Fuente: elaboración propia.

Conviene recordar que valores elevados implican un predominio de *D. viscosa* sobre *G. struthium hispanica*, y valores pequeños conllevan la situación contraria, correspondiendo el valor 1 al equilibrio entre la cobertura de ambas especies.

DISCUSIÓN

Los análisis estadísticos revelan que las asociaciones entre individuos de *D. viscosa* y de otras especies no está vinculadas a la fase vital en la que se encuentren los primeros. Mediante el análisis de esta frecuencia en los enlaces se pretendían comprobar relaciones de competencia interespecífica y, concretamente en plántulas del presente ciclo fenológico si su emergencia se encuentra vinculada con la presencia de otra vegetación (futura competencia por el espacio físico).

El elevado potencial competidor de *Dittrichia viscosa* se debe a determinadas características, como su capacidad de desarrollar un importante sistema radicular y fotosintético, su biología, su elevada tasa de crecimiento relativo o su período vegetativo estacional y prolongado. Estas cualidades maximizan el crecimiento del individuo convirtiéndolo en un competidor más agresivo que otras especies (CCMa-CSIC, 2009).

Otra característica fundamental para entender el potencial competitivo de *Dittrichia viscosa* son las sustancias que secreta (Karageorgou et al., 2002). Estos exudados poseen fuertes características citotóxicas y genotóxicas, dando como resultado efectos alelopáticos en la germinación de semillas de otras plantas (Celik y Aslantürk 2010).

Estas sustancias penetran en el suelo con fuertes lluvias. Dado que el material no es tóxico para la planta madre, *D. viscosa* tiene una ventaja competitiva sobre otras especies (Stephanou y Manetas, 1997). El efecto alelopático de *D. viscosa* podría ser un mecanismo importante para su éxito como especie invasora (Omezzine et al., 2011).

De esta manera, se esperaba que los organismos de etapas vitales más avanzadas entablarían un menor número de relaciones, ya que son los que mayor cantidad de sustancias alelopáticas producen y los que más tiempo llevan establecidos en el sistema, por lo que sus efectos sobre otras especies tendrían un rango temporal mayor.

Los datos de campo corresponden a los meses de abril, mayo y junio, coincidiendo con el período de emergencia de nuevos individuos (primavera temprana) y su principal época de crecimiento (primavera) (Parolin et al., 2014). Se esperaba un gran número de asociaciones entre las plántulas estudiadas y otras especies, lo que podría ser indicador de la expansión de la población en el sistema, y que en un futuro desembocaría en la competencia interespecífica ya comentada.

Sin embargo, no hay evidencias estadísticas que corroboren un mayor o menor número de relaciones según la categoría, por lo que esta hipótesis competitiva no es concluyente.

Los análisis estadísticos realizados tampoco han revelado ninguna diferencia estadísticamente significativa en la relación del biovolumen entre individuos estudiados asociados a la especie *Gypsophila struthium hispanica* y los no asociados a esta especie.

Se esperaban diferencias de biovolumen en los individuos de *D. viscosa* asociados a esta especie gipsófita respecto a los no presentaban esta interacción. De esta manera se pretendía comprobar que la hipotética competencia entre estas especies por los recursos suponía un menor desarrollo aéreo de *D. viscosa* debido a su menor disponibilidad.

El potencial invasor de una especie se relaciona con su rango de distribución geográfica y su abundancia, ya que las especies que habitualmente forman poblaciones dominantes y son abundantes en sus comunidades tienen distribuciones geográficas mucho más amplias que las que se presentan como individuos dispersos o aislados (Williamson y Fitter, 1996).

Este hecho se cumple parcialmente en el caso de *Dittrichia viscosa*, ya que aunque sus poblaciones en regiones nativas naturales no suelen ser demasiado notorias, cuando se establece en zonas que han sufrido alguna perturbación antrópica llega a formar poblaciones de elevado tamaño (Parolin et al., 2014).

Se espera que las áreas muy degradadas sometidas a restauración sean dominadas inicialmente por herbáceas anuales o caméfitos oportunistas. La dispersión anemócora de estos taxones les permite dispersarse en grandes cantidades y establecerse con éxito en espacios abiertos. Se puede esperar que una proporción importante de especies ruderales consistente en plantas anuales (R-estrategas) domine sobre los sitios degradados después de una perturbación (Kather, Martín y Maillet, 2003).

El análisis del índice que relaciona las coberturas entre *D. viscosa* y *G. struthium hispanica* creado determina que en dos de las unidades geomorfológicas delimitadas predomina *G. struthium hispanica* sobre *D. viscosa*, en otras dos se da la situación contraria, y en la restante no impera ninguna de estas dos especies sobre la otra.

Dittrichia viscosa predomina sobre *G. struthium hispanica* en una de las tres laderas, con orientación oeste, y en la vaguada, zona topográfica donde se acumula mayor cantidad de agua (González, 1998) y la mayor parte de la vegetación del área de estudio. La situación inversa se da en las otras dos laderas restantes, en la que una está orientada hacia el este y la otra hacia el oeste. Parece que las condiciones abióticas de estas unidades geomorfológicas son las que generan las descompensaciones en la cobertura vegetal de ambas especies.

Los análisis realizados sobre la compactación han revelado diferencias significativas entre este valor bajo el dosel de los individuos estudiados y los intersticios. La compactación es menor bajo el dosel de los individuos de *D. viscosa*. El valor de la compactación del suelo medida está fuertemente relacionado con el encostramiento superficial, un factor fundamental para entender el funcionamiento de ecosistemas áridos (Watson, 1979).

La costra superficial supone un factor limitante muy importante en estos hábitats, ya que afecta de una forma notoria a la emergencia natural de plántulas (Aubertot, Dürr, Richard, Souty y Duval, 2002). La fuerza ejercida por el extremo de las plántulas depende de cada especie (Souty y Rode, 1994), por ejemplo del área de sección cruzada de su hipocotilo (Gerard, 1980), la masa de la semilla o la edad de la plántula (Souty y Rode, 1993).

Las plantas generalistas como *Dittrichia viscosa*, tendrían dificultades para asentarse en suelos con más de un 25% de yeso (Bridges y Burnham, 1980), siendo el principal factor limitante la incapacidad de las plántulas emergentes de romper la costra edáfica. Por el contrario, las plántulas de especies gipsófilas, especializadas en estos ambientes, están biológicamente adaptadas para traspasar la costra superficial sin demasiadas complicaciones (Romao y Escudero, 2005).

A pesar de este importante factor limitante, *D. viscosa* ha sido capaz de establecerse en las zonas restauradas de la explotación yesífera estudiada. Esto se debe a la capacidad de la especie para establecerse en zonas que han sufrido perturbaciones y su gran potencial colonizador (Groves, 1991). En este caso el sistema se ha visto fuertemente alterado por la remoción del sustrato

Esto parece deberse a que en los ecosistemas que han sufrido perturbaciones en el sustrato las plantas se enfrentan mucho más a un problema de establecimiento (incluyendo germinación y crecimiento temprano) que a la competencia por recursos limitados (Mazzoleni, Manes y Blasi, 1990).

De hecho, un estudio realizado en el sur de Italia advirtió que la colonización de nuevos sistemas por parte de *D. viscosa* era más común en suelos que habían sufrido una alteración subsuperficial (arado), con una colonización absoluta. Sin embargo, en terrenos donde únicamente se había retirado la cobertura vegetal superficial (por corte o quemado) esta especie era ausente (Mazzoleni et al., 1990).

De esta manera, los datos revelan que la compactación bajo los individuos de *D. viscosa* estudiados es menor que en los intersticios de suelo desnudo. Esta diferencia se

debe a que cuando surgieron estos individuos rompieron la costra superficial y eso produjo un descenso de la compactación edáfica.

Al disminuir la compactación superficial bajo su dosel, parece que *Dittrichia viscosa* actúa como planta nodriza y facilitadora en el establecimiento de futuros individuos, ya sea de la misma o de diferentes especies. Sería interesante realizar estudios acerca de esta facilitación, y comprobar si es únicamente intraespecífica o es una facilitación general.

Además, el estudio ha determinado que la compactación en suelo desnudo de los transectos con escasa población de *Dittrichia viscosa* es significativamente menor que en los que su presencia es elevada. Parece pues que la compactación del terreno es determinante en el establecimiento de poblaciones de esta especie.

Los transectos poco poblados corresponden a una ladera (orientación oeste), con una población dominante de especies herbáceas y/o de especies leñosas gipsófilas (como *Gypsophila struthium hispanica*) y al transecto correspondiente a la cresta, donde la vegetación es escasa lo que provoca grandes superficies de suelo desnudo. Al haber otra ladera altamente poblada también con orientación oeste, parece que la distribución este-oeste no es significativa en el establecimiento de comunidades vegetales.

Aunque en estos transectos más compactos su población es escasa, el potencial colonizador de la especie unido a su capacidad de diferenciación ecotípica (Wacquant y Baus, 1992) hace que no podamos descartar que un futuro sea capaz de generar nuevos individuos con mayores aptitudes a la hora de traspasar la costra edáfica superficial.

Por estos motivos, acciones como la creación de una costra de yeso artificial puede ser una medida preventiva eficiente, ya que se aumenta la compactación de la costra edáfica superficial, factor limitante en la emergencia de *Dittrichia viscosa* y a priori no influyente sobre especies gipsícolas

Las diferentes longitudes de onda de la radiación solar recibida por la vegetación influyen sobre ellos fundamentalmente en: la eficiencia en el proceso de fotosíntesis, el desencadenamiento de fenómenos fotomorfogénicos (como el alargamiento de entrenudos o la activación de fitocromos) y en su fenología (como la inducción de la floración según la duración del período de luz) (Martín-Ramos et al., 2010).

Los resultados revelan que las etapas vitales de los individuos y su eficiencia en la retención de radiación fotosintéticamente activa siguen la misma línea ascendente, es decir, los individuos de fases más tempranas muestran un menor bloqueo de PAR y los de fases más avanzadas manifiestan un bloqueo elevado.

Esto se debe a que cuanto más avanzada sea su fase vital, más desarrolladas tiene sus estructuras aéreas y sus mecanismos de metabolismo. Sería interesante estudiar a partir de que porcentajes de radiación retenida *Dittrichia viscosa* sufre fotoinhibición, ya que el bloqueo en fases vitales avanzadas es casi absoluto.

Se pretende comprobar también si la asociación con otras especies influye de alguna forma en el bloqueo de PAR. Para ello se ha comparado la eficiencia en la absorción de esta radiación entre individuos asociados a otras especies e individuos que no presentan ningún vínculo. Como se ha visto anteriormente que el bloqueo de radiación depende de la fase vital se realizan los análisis en base a ello, diferenciando también por este parámetro.

En la región climática en la que se encuentra nuestro área de estudio puede ser más limitante el recurso hídrico que el lumínico. Sin embargo, la masificación vegetal hace que buena parte del sistema foliar de este tipo de comunidades reciba radiaciones poco intensas, por lo que la competencia por este recurso no debe subestimarse (Valladares, 2001).

En un estudio sobre coberturas vegetales en taludes en la provincia de Málaga (en zonas cercanas a la costa), efectuado también en primavera, se defendió (aunque con no demasiadas evidencias estadísticas) que la competencia principal entre la vegetación parecía ser por la luz (Martínez-Alonso y Valladares, 2002).

Ante estos fenómenos, se esperaba que los sujetos que presentaban alguna relación interespecífica mostraran una retención de PAR diferente, para comprobar si la competencia con otras especies influye sobre este parámetro.

Sin embargo, el resultado es negativo, por lo que no hay evidencias estadísticas que reflejen este hecho. Además, unido a que las diferencias de biovolumen entre individuos asociados a *G. struthium hispanica* y los que no tampoco sea significativa, sugiere que estas dos características no se ven afectadas por la competencia interespecífica.

CONCLUSIONES

El establecimiento de cobertura vegetal sobre determinadas unidades geomorfológicas como crestas en zonas yesíferas restauradas es bastante limitado. Sin embargo en zonas como taludes y vaguadas la colonización por especies oportunistas como *Dittrichia viscosa* es bastante habitual.

No se han detectado evidencias competitivas en lo relativo a biovolumen vegetal y bloqueo de radiación fotosintéticamente activa entre los individuos de *Dittrichia viscosa* y otras especies gipsófilas.

Por el contrario, determinados factores abióticos sí que condicionan la composición de la vegetación en estas unidades geomorfológicas. De esta forma, controlando determinadas condiciones abióticas en la primera fase de sucesión se puede favorecer la entrada de especies primocolonizadoras gipsófilas, como *G. struthium hispanica*, y dificultar la de especies ruderales no deseadas, como *Dittrichia viscosa*.

Se ha comprobado que *Dittrichia viscosa* pierde potencial colonizador con valores altos de compactación edáfica superficial, que es una de las principales características limitantes en ambientes gipsófilos, dificultando la emergencia de sus plántulas.

Dittrichia viscosa puede ejercer labores de facilitación intraespecífica una vez se establece, ya que reduce la compactación de la costra superficial bajo su dosel. Si además atendemos a su carácter primocolonizador y a su dificultosa erradicación, las labores preventivas serían las medidas más efectivas para evitar problemas de invasión.

BIBLIOGRAFÍA

Andrés, P. Zapater, V. & Pamplona, M. (1996). Stabilization of motorway slopes with herbaceous cover. *Restoration Ecology*, 4, pp. 51-60.

Anthos. Sistema de información sobre las plantas de España. www.anthos.es

Aragón. Gómez García, D. —Ed.— 2005. Atlas de la Flora de Aragón. Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón e Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). <http://www.ipe.csic.es/floragon/index.html>

Ayala, F. J. & Vadillo, L. (2004). Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos en la minería. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

Bradshaw, A. D. (1984). Ecological principles and land reclamation practice." *Landscape Planning*, 11, pp. 35 - 48.

Castroviejo, S. (coord. gen.). (1986-2012). *Flora ibérica* 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.

Celik, T. A. & Aslanturk, O. S. (2010). Evaluation of cytotoxicity and genotoxicity of *Inula viscosa* leaf extracts with *Allium* test. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2010, pp. 1-8.

Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). (2009). Continuación de los trabajos de restauración y revegetación de escombreras actuales en la cantera de yesos los yesares de Iberplaco S.A. (Sorbas, Almería). Trabajos del año 2009. Madrid.

Cerulla, J. (1997). Extracción, explotación, minería y tratamiento del yeso. *Boletín de la Sociedad Española de la Cerámica y el vidrio*, 36, pp. 571-577.

Cornell, H. V. & Hawkins, B. A. (1993). Accumulation of native parasitoid species on introduced herbivores: a comparison of hosts as natives and hosts as invaders. *The American Naturalist*, 141, pp. 847-865.

Cronquist, A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. 2ª ed. New York. Libro o Reveal, J. L. 1999. Plant Taxonomy.

Daehler, C. C. & Strong, D. R. (1993). Prediction and biological invasions. *Trends Ecology Evolution*, 8, 380.

Encyclopedia of Life. Base de datos. <http://eol.org/pages/492274/overview>

Euro+Med PlantBase. Base de datos. <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/TaxonDetail.asp?NameCache=Dittrichia%20viscosa&PTRefFk=7000000>

- FEDER (1997). Control biológico por conservación: papel de las hierbas espontaneas y los cultivos como refugios y fuentes de depredadores. Alomar O. (ed), Unpubl. Report, 13pp. INIASC00.
- Gallo, K. P. & Daughtry, C. S. T. (1986). Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. *Agronomy Journal*, 78, pp. 752-756.
- González, J. C. (1998). los procesos de erosión del suelo: hechos, mitos y paradojas. *Geographicalia*, 36, pp. 47-65
- Groves, R.H. (1991). The biogeography of Mediterranean plant invasions. En Groves, R.H. & F. di Castri (eds.), pp. 427-438. *Biogeography of Mediterranean invasions*. Cambridge University Press, City.
- Hashemi-Dezfouli, A. & Herbert, S. J. (1992). Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agronomy Journal*, 84, pp. 547-555.
- Hurlbert, S. H. (1971). The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, 52, pp. 577-586.
- Jefferson, L.V. (2004). Implications of plant density on the resulting community structure of mine site land. *Restoration Ecology*, 12, pp. 429-438.
- Jones, G. H. (1983). *Plants and Microclimate. A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology*. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain. 428 p.
- Jorba, M. & Vallejo, R. (2008). La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas*, 17, pp. 119-132.
- Karageorgou, P., Levizou, E. & Manetas Y. (2002). The influence of drought, shade and availability of mineral nutrients on exudate phenolics of *Dittrichia viscosa*. *Flora* 197: 285-289.
- Kather, C., Marti, A. & Maillet, J. (2003). Spontaneous vegetation dynamics and restoration prospects for limestone quarries in Lebanon. *Applied Vegetation Science*, 6, pp. 199-204.
- Martínez-Alonso, C. & Valladares, F. (2002). La pendiente y el tipo de talud alteran la relación entre la riqueza de especies y la cobertura de las comunidades herbáceas. *Ecología*, 16, pp. 59-71.
- Martín-Ramos, P., Navas-Gracia, L. M., Hernández-Navarro, S., Correa-Guimaraes, A., Martín-Gil, J., Martín-Bravo, E., Chamorro-Posada & Duran-Altisent, J. M. (2010). Diodos emisores de luz para irradiación de plantas. *Scribd*.

- Mata-Perelló, J. M., Sanz Balagué, J., Vilaltella Farrás, J. (2014). Datos generales acerca de la minería, del patrimonio minero y del patrimonio geológico en la comarca de la Ribera baja del Ebro. *Rodeno: revista de geología aragonesa serie B*, 56.
- Mazzoleni S., Manes, F. & Blasi. (1990). Anaysis of a pioneer community of *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter in a mediterranean environment in southern Italy. *Giornale Botanico Italiano*, 124, pp. 321-329.
- Moody, M. E. & Mack, R. N. (1988). Controlling de spreada of plant invasions: the importance of nascent foci. *The Journal of Applied Ecology*, 25, pp. 1009-1021.
- Murciego, A. M., Sanchez, A. G., Gonzalez, M. A. R., Gil, E. P., Gordillo C. T., Fernandez, J. C. & Triguero T. B. (2007). Antimony distribution and mobility in topsoils and plants (*Cytisus striatus*, *Cistus ladanifer* and *Dittrichia viscosa*) from polluted Sb-mining areas in Extremadura (Spain). *Environmental Pollution*, 145, pp. 15-21.
- Nikolakaki, A. & Christodoulakis, N.S. (2004). Leaf structure and cytochemical investigation of secretory tissues in *Inula viscosa*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 144, pp. 437-448.
- Omezzine, F., Rinez, A., Ladhari, A., Farooq, M. & Haouala, R. (2011). Allelopathic potential of *Inula viscosa* against crops and weeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13, pp. 841–849.
- Parolin P., Scotta, M. I. & Bresch, C. (2014). Biology of *Dittrichia viscosa*, a Mediterranean ruderal plant: a review. *Phyton*, 83, pp. 251-262.
- Parolin, P., Scotta, M. I. & Bresch, C. (2013): Notes on the phenology of *Dittrichia viscosa*. *Journal of Mediterranean Ecology*, 12, pp. 27-35.
- Perez-Fernandez, M. A., Calvo-Magro, E. & Ferrer-Castán D. (2006). Simulation of germination of pioneer species along an experimental drought gradient. *Journal of Environmental Biology*, 27, pp. 679-685.
- Phillips, D. L. & MacMahon, J. A. (1981). Competition and spacing patterns in desert shrubs. *Journal of Ecology*, 69, pp. 97-115.
- Rabinowitz, D. (1981). Seven forms of rarity. En *The biological aspects of rare plant conservation*, ed. H. Synge. Wiley, Chichester, pp. 205-17.
- Regueiro, M., González-Barros & Calvo, J. P. (1997). El yeso. Geología y yacimientos en España. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y vidrio*, 36, pp. 563-569.
- Rejmánek, M. (2000). Invasive plants: approaches and predictions. *Austral Ecology*, 25, pp. 497-506.

Richardson, D. M., Allsopp, N., D'Antonio, C. M., Milton, S. J. & Rejmánek M.. (2000). Plant invasions - the role of mutualisms. *Biological Reviews*, 75, pp. 65-93.

Richardson, D. M., Williams, P. A. & Hobbs, R. J. (1994). Pine invasions in the southern hemisphere: determinants of spread and invadability. *Journal of Biogeography*, 21, pp. 511-527.

Smith H. A., Johnston W. S. & Swanson S. R. (1999) The implications of variable or constant expansion rates in invasive weed infestations. *Weed Science*, 47, pp. 62–66.

Stavrianakou, S., Liakoura, V., Levizou, E., Karageorgou, P., Delis, C., Liakopoulos, G., Karabourniotis, G., Manetas, G. & Manetas, Y. (2005). Allelopathic effects of water-soluble leaf epicuticular material from *Dittrichia viscosa* on seed germination of crops and weeds. *Allelopathy Journal*, 14, pp. 35-41.

Stephanou, M. & Manetas, Y. (1997). Seasonal variations in UV-B absorbing capacity and allelopathic potential of *Dittrichia viscosa* leaf rinsates. *Canadian Journal of Botany*, 75, pp. 1371-1374.

U.S. Geological Survey. (2016). Mineral Commodity Summaries: Gypsum. U.S. Geological Survey. Recuperado de: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gypsum/mcs-2016-gypsu.pdf>

Valladares, F. (2001). Características mediterráneas de la conversión fotosintética de la luz en biomasa: de órgano a organismo. En Zamora, R. & Pugnaire, F. I. editores. Aspectos funcionales de los ecosistemas mediterráneos. CSIC-AEET, Granada.

Wacquant, J.P. & Baus, J. (1992). Nutritional differentiation among populations of the mediterranean shrub *Dittrichia viscosa* (Asteraceae) in siliceous and calcareous habitats. *Oecologia*, 92, pp. 14-22.

Williamson, M. (1989). Mathematical models of invasion. En *Biological invasions: a global perspective*, ed. J. A. Drake, H. A. Mooney, F. di Castri, R. H. Groves, F. J. Kruger, M. Rejmánek & M. Williamson. Wiley, Chichester, pp. 329-350.

Williamson, M. (1996). *Biological Invasions*. London: Chapman & Hall.

Williamson, M. H. & Fitter A. (1996). The characters of successful invaders. *Biological Conservation*, 78, pp. 163-170.