

# **RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y SEGUIMIENTO EN PLATAFORMA CENTRAL IBERUM, ILLESCAS (TOLEDO)**



**Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas**

**Presentado por: Rubén García Sánchez**

**Director: Dr. Santiago Sardinero Roscales. Co-Director: Jorge Miguel Isabel Rufo**

**Tutor académico: Dr. Pedro Villar Salvador**

**Madrid, a 20 de Septiembre de 2019**



Universidad  
Complutense  
Madrid



Universidad  
Rey Juan Carlos



POLITÉCNICA

### **ANEXO III – INFORME DEL DIRECTOR PARA LA DEFENSA PÚBLICA DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER**

D. \_\_\_\_\_, como Director del Trabajo de Fin de Máster del Máster U. en Restauración de Ecosistemas del alumno D. Rubén García Sánchez titulado " Restauración ecológica y seguimiento en Plataforma Central Iberum, Illescas (Toledo)"

**INFORMA:**

Que este Trabajo Fin de Máster ha sido realizado y redactado por el mencionado alumno bajo mi dirección y con esta fecha autorizo su presentación y defensa pública.

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Firmado:



## **ANEXO IV – INFORME DEL TUTOR ACADÉMICO PARA LA DEFENSA PÚBLICA DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER**

D. \_\_\_\_\_, como Tutor académico del Trabajo de Fin de Máster del Máster U. en Restauración de Ecosistemas del alumno D. Rubén García Sánchez titulado " Restauración ecológica y seguimiento en Plataforma Central Iberum, Illescas (Toledo)"

**INFORMA:**

Que este Trabajo Fin de Máster ha sido realizado y redactado por el mencionado alumno bajo mi dirección y con esta fecha autorizo su presentación y defensa pública.

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Firmado:

## **RESUMEN**

Las empresas están cada día más concienciadas de que deben promover e integrar la biodiversidad en sus actividades económicas. Plataforma Central Iberum (PCI) es un área logística e industrial situada en Illescas, Toledo, a 35 km de Madrid. PCI ha sido considerado el primer Ecopolígono de España, compatibilizando la actividad comercial y la sostenibilidad. Desde el año 2014, la Universidad de Castilla - La Mancha (a partir de ahora UCLM ) ha llevado a cabo proyectos de investigación centrados en la restauración ecológica de las zonas verdes. Se elaboró un catálogo florístico y un Plan de Restauración de las Zonas Verdes, consistente en un modelo sucesional de vegetación, enfocado a restaurar diferentes tipos de hábitats correspondientes a vegetación manchega. Partiendo del plan de restauración, se realizaron estudios de introducción de especies, uso de banco de semillas y rehabilitación de hábitats en entornos controlados y parcelas de investigación. Con los resultados se ha elaborado un plan de gestión adaptativa, aplicándose estas técnicas a gran escala en las zonas verdes a restaurar. En invierno de 2016 se realizó una prueba de viabilidad del uso de banco de semillas por medio de trasplante de bloques de suelo de un tamaño de 200×200×5 cm de distintas localidades con unas condiciones ambientales similares al área de estudio. Se realizó un primer seguimiento en la primavera de 2017 y un segundo en 2018. En las parcelas experimentales con banco de semillas se encontraron un total de 98 especies, con coberturas que oscilaron entre el 65 y el 82 % de media según las procedencias. En otoño de 2017, se plantaron 24.513 plantas de 24 especies -algunas de ellas amenazadas- correspondientes a la vegetación natural mesomediterránea manchego-sagrense. Tras el verano de 2018, se realizó un seguimiento de las plantaciones que arrojó una supervivencia del 83,74%. El uso del banco de semillas procedente de cultivos y pastos que se encontraban anteriormente en el área de PCI y la introducción de tipos de vegetación tardo-sucesionales facilitan la recuperación de la cubierta vegetal en el suelo, generando hábitats con diversa estructura, composición florística y función ecológica. La aceleración del proceso de sucesión de la vegetación es clave, entre otros motivos, para el desarrollo del horizonte orgánico del suelo que minimiza los procesos erosivos. La restauración ecológica de las áreas verdes de PCI favorece la biodiversidad y la conectividad mediante la creación de hábitats que conforman infraestructura verde de bajo mantenimiento.

## **ABSTRACT**

Companies are increasingly aware that they must promote and integrate biodiversity into their economic activities. Plataforma Centrak Iberum (PCI) is a logistics and industrial area located in Illescas, Toledo, and 35 km away from Madrid. PCI has been considered the first Eco-Industrial State in Spain, where commercial activity and sustainability are combined. Since 2014, the University of Castilla - La Mancha (UCLM) has carried out research projects focused on the ecological restoration of Green Areas of PCI. A floristic list and an Ecological Restoration Plan for Green Areas were developed. Plan is based in the successional model of vegetation and it is focused on restoring different types of habitats, corresponding to local vegetation. Following the Restoration Plan, studies of species introduction techniques such as the use of seed banks and habitat rehabilitation in controlled environments and research plots were performed. The results allowed to develop an Adaptive Management Plan and these techniques were applied on a large scale in the Green Areas to be restored. In winter 2016, a viability test on the use of seed banks was carried out: soil blocks of a size of 200×200×5 cm from different locations with similar environmental conditions to the study area were transplanted in PCI. First monitoring was carried out in the spring of 2017 and the second one in 2018. A total of 98 species were found in the experimental plots with seed banks, with a vegetation coverage ranging between 65 and 82% on average depending on the locations. In autumn 2017, 24.513 individuals of plants of 24 different species (some of them threatened), corresponding to the Manchego-Sagrense Mesomediterranean vegetation, were planted. After the summer of 2018, plantations were monitored, a survival of 83.74% of plants was found. The use of the seed bank from old crops and pastures that were previously in the area of PCI and the introduction of late-successional vegetation types facilitate the recovery of the vegetation coverage on the soil, generating habitats with different structure, floristic composition and ecological function. Acceleration of the vegetation succession process is essential for organic soil horizon development which minimizes erosive processes. The ecological restoration of the Green Areas of PCI favors biodiversity and connectivity by creating habitats which represent low maintenance Green Infrastructure.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>4</b>
2.1 Antecedentes. ....	4
2.2 Justificación. ....	5
<b>3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>8</b>
3.1 Población .....	8
3.2 Estratigrafía.....	9
3.3 Biogeografía y bioclimatología .....	11
3.4 Caracterización de la vegetación del área de estudio.....	12
3.4.1 Tipos de vegetación y hábitats seleccionados. Composición florística .....	13
<b>4. PLAN DE TRABAJO Y EJECUCIÓN</b> .....	<b>14</b>
4.1 Revegetación mediante el uso de plántulas. ....	14
4.1.1 Germinación y establecimiento biológico de la vegetación potencial natural. .....	20
4.1.2 Método de trabajo para la ejecución de la restauración .....	21
4.2 Recuperación de la riqueza de especies en parcelas mediante tierra vegetal con banco de semillas .....	30
4.2.1 Uso del banco de semillas edáfico .....	30
4.2.2 Metodología .....	31
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>34</b>
5.1 Resultados y discusión de la supervivencia de las plántulas en la revegetación. .	34
5.2 Resultados y discusión de la germinación de especies del banco de semillas.....	40
<b>6. CONCLUSIÓN</b> .....	<b>45</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>48</b>
<b>8. ANEXOS</b> .....	<b>56</b>

# **1. INTRODUCCIÓN**

La existencia de una gran diversidad de seres vivos, de interacciones entre ellos y con el medio en el que viven, han hecho de la Tierra un lugar habitable para los seres humanos. Las empresas están cada día más concienciadas de que deben promover e integrar la biodiversidad en sus actividades económicas. Planificar un proyecto de promoción de la biodiversidad ambientalmente adecuado requiere conocer la dinámica natural y las características de los tipos de vegetación del área de estudio con una estructura, composición florística y función ecológica determinadas. La plataforma *Business and Biodiversity* de la UE ofrece un foro único para discutir los vínculos entre las empresas y la biodiversidad en la Unión Europea. Ha sido establecida por la Comisión Europea con el objeto de integrar el capital natural y considerar la promoción de la biodiversidad en las prácticas comerciales de las empresas. Cada negocio impacta y depende del capital natural en alguna medida. Genera oportunidades y riesgos asociados a estas relaciones. Todos los impactos y dependencias generan costes y beneficios no solo para el negocio, sino también para la sociedad (European Commission, EU Business & Biodiversity Platform 2019).

Muchos de los complejos logísticos o parques industriales donde se establecen las empresas están situados en zonas suburbanas. Desde un punto de vista espacial, las áreas suburbanas son adyacentes a los espacios de edificación continua propiamente urbanos. Suelen ser espacios de transición entre las ciudades y las áreas rurales. En los últimos años estas zonas se han ido propagando, dando lugar a una mayor extensión de suelo urbano tales como polígonos industriales, zonas residenciales o centros comerciales. En el aspecto ambiental, este suceso tiene varias consecuencias negativas. La más significativa es la elevada presión antrópica a la que se ven sometidas estas áreas, lo que favorece la fragmentación, la destrucción de hábitats y de biodiversidad, y la homogeneización del paisaje (Kowarik, 1995; McKinney & Lockwood, 1999; Schwartz, Thorne & Viers, 2006; Celesti-Gradow *et al.*, 2006; Kühn & Klotz, 2006).

Un ejemplo de zona suburbana es el complejo logístico que se está desarrollando en Illescas, Toledo. Plataforma Central Iberum (en adelante PCI) es un área logística e industrial de más de 3,5 millones m<sup>2</sup> en donde se han instalado o se están instalando

empresas como Airbus, Amazon, FM Logistic, Gruma, Hexcel, Michelin, Mountpark, P3 Logistic Parks, Panificadora Milagros, Repsol, y Toyota, entre otras.

La empresa responsable de la urbanización de PCI, Urban Castilla-La Mancha S.L., en su compromiso con el desarrollo sostenible y consciente de la importancia de la biodiversidad, realiza una serie de acciones favorables para el medio ambiente, como por ejemplo: la gestión del agua creando “estanques de tormentas”, pequeñas balsas de agua interconectadas que recogen las aguas pluviales, crean espacios naturales que favorecen la funcionalidad evolutiva de las poblaciones, evitan inundaciones y reducen gastos económicos de instalación y mantenimiento de infraestructuras verdes; el desarrollo y aplicación de prácticas y técnicas de usos del suelo que protegen y mejoran su estado y aportan biodiversidad a los antiguos campos de cultivo; la sensibilización de la sociedad hacia el conocimiento, apreciación y recuperación de áreas con vegetación natural y sus beneficios ambientales. Por estos motivos, PCI ha sido considerado el primer ecopolígono de España y uno de los primeros de Europa. El objetivo final es integrarlo de forma sostenible en el medio, e intentar que posea un impacto neto positivo (web de Plataforma Central Iberum).

De los 3,5 millones m<sup>2</sup> que presenta PCI, dos están destinados a parcelas logísticas, mientras que los restantes forman parte de viales, zonas verdes, rotondas y medianas. Estas áreas favorecen la conectividad dentro del área logística y con los campos anexos. Este proyecto ofrece por tanto un marco idóneo para la restauración ecológica de hábitats que se perdieron como consecuencia del uso agrícola.

### **Restauración ecológica**

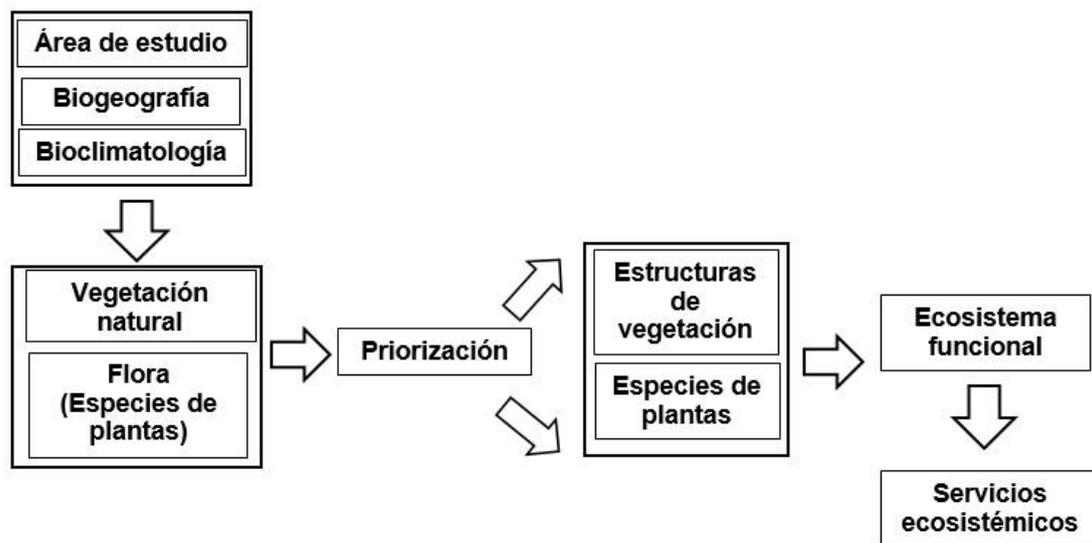
La restauración ecológica es una actividad que inicia, acelera o asiste la recuperación de la funcionalidad, integridad y sostenibilidad de un ecosistema. Frecuentemente los ecosistemas previamente dañados, degradados, transformados o totalmente destruidos por los seres humanos requieren de una restauración (SER, 2004).

El objetivo general de este trabajo es describir el diseño y ejecución de dos técnicas de restauración y aplicaciones experimentales realizadas en PCI, que son la plantación de plántulas procedentes de vivero y el uso de bancos de semillas edáficos. En total, se han

restaurado 32.600 m<sup>2</sup>. El objetivo es fomentar la biodiversidad, comprobar la viabilidad minimizando las tareas de mantenimiento, pudiendo corroborar de este modo que son totalmente sostenibles y funcionales además de promover los servicios ecosistémicos. Estos servicios (FAO.org) constituyen la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad, haciendo posible la vida humana al proporcionar agua limpia, regular el clima, apoyar la polinización, favorecer la formación de suelos y ofrecer beneficios recreativos, culturales y espirituales, entre otros.

Para realizar una restauración ecológica es necesario conocer las características bioclimáticas y biogeográficas del territorio, así como la flora, la vegetación y su dinámica espacio-temporal.

De esta manera, se ha seguido el siguiente esquema (Figura 1) a la hora de planificar la restauración ecológica de las zonas verdes de PCI.



**Figura 1.** Esquema con los pasos para la llevar a cabo la restauración de un ecosistema degradado.  
Fuente: elaboración propia

## **2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

### **2.1 Antecedentes.**

La Universidad de Castilla-La Mancha trabaja desde hace 15 años en proyectos que promueven la biodiversidad en un contexto empresarial o industrial. El más destacado es la planificación y monitorización de la restauración ecológica de la cantera LafargeHolcim en Yepes-Ciruelos, Toledo, desde el año 2006. La cantera es un “laboratorio” vivo para el estudio de la sucesión natural de la vegetación y la restauración ecológica, además de un refugio para la biodiversidad en la Mesa de Ocaña. La información aportada por los seguimientos que se llevan desarrollando desde 2006 constituye un buen ejemplo de restauración para conseguir las mejores tasas de supervivencia en distintos ambientes, orientaciones, condiciones de estío, condiciones de interacción entre especies, y técnica utilizada (Sardinero *et al.*, 2014; Mola, Sopena, de Torre, 2018), conocimientos que se aplican en el presente proyecto.

Como antecedente en PCI, se debe mencionar que los trabajos de restauración comenzaron en 2016, tras un primer estudio de la flora y los tipos de vegetación del área de estudio (García Sánchez, 2015). Se llevó a cabo una actuación en la zona de la primera balsa creada, que consistió en una matorralización con unas 800 plantas de procedencia manchega sin protectores. Estas plantaciones fueron llevadas a cabo por grupos de estudiantes de la UCLM mediante convenios de prácticas en empresas con Urban Castilla-La Mancha, tienen una función principalmente formativa y colaboran a la hora de realizar actuaciones puntuales.

La valoración de las acciones llevadas a cabo con anterioridad ha permitido el desarrollo de un plan de gestión adaptativa, al que acompaña una mejora del uso de recursos y de la aplicación de acciones. De todo ello ha sido posible extraer conclusiones.

Debido a los movimientos de tierras, las áreas generadas se encuentran desprovistas de vegetación y de horizonte superficial edáfico, siendo vulnerables a los procesos erosivos. Para evitar estos procesos se consideró la generación de pastos mediante el uso de hidrosiembras (para pendientes más fuertes) y el banco de semillas presente en zonas de cultivos o pastos preexistentes en las nuevas zonas. En el año 2017 se realizó

un experimento con parcelas permanentes de traslado de muestras de bancos de semillas de diferentes procedencias al área de estudio para comprobar su desarrollo. En cuanto al uso de los horizontes edáficos superficiales con banco de semillas a gran escala, la primera experiencia en PCI fue ese mismo año: se extendió el horizonte superficial del suelo procedente del antiguo vertedero restaurado de Illescas en una de las medianas, generando un pasto natural de bajo mantenimiento.

## **2.2 Justificación.**

El área de estudio, antes de su urbanización, se componía principalmente de campos agrícolas, algunos de ellos ya abandonados. La pérdida del hábitat y la fragmentación asociada con los usos del suelo son claves en la pérdida de biodiversidad (Collinge, 2009; Leimu *et al.*, 2010). La necesidad de proteger el capital natural y valorar los servicios de los ecosistemas se reconoce cada vez más como fundamental para avanzar hacia los objetivos de desarrollo sostenible (Raymond *et al.*, 2017). El desarrollo económico no debe ser incompatible con la biodiversidad. PCI es el ejemplo de que este tipo urbanizaciones periurbanas se deben de ver no como una amenaza sino como una oportunidad para la recuperación de los hábitats y de la importante y necesaria integración de la actividad industrial y empresarial en la naturaleza. De esta forma, aún con el impacto generado, se puede reportar un incremento de biodiversidad y de servicios ecosistémicos mayor que en la situación en la que se encontraba el área de estudio en años anteriores.

La integración de PCI en el entorno se ha llevado a cabo mediante el uso de Soluciones basadas en la Naturaleza. Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) han sido definidas por la UICN como “acciones para proteger, administrar de manera sostenible y restaurar los ecosistemas naturales o modificados, que abordan los desafíos de la sociedad de manera efectiva y adaptable, al mismo tiempo que proporcionan beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad” (Connop *et al.*, 2016).

Miyawaki ya proponía la restauración del bosque nativo en las áreas verdes de ciudades y zonas industriales de Japón como una solución que imitaba a la naturaleza, protegía el suelo y favorecía la biodiversidad, a la vez que aumentaba la resiliencia de las ciudades ante fenómenos naturales (Miyawaki & Fujiwara, 1988; Miyawaki, 1993; Fujiwara *et al.*, 1993; Miyawaki *et al.*, 1993; Miyawaki, 1999; Miyawaki, 2004).

De esta forma, se pueden alcanzar objetivos específicos beneficiosos para el área de estudio tales como conseguir una estructura de la vegetación con diferentes estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo), con funcionalidad ecológica, que además puedan ser utilizados para sensibilizar y concienciar a la sociedad de la importancia de restablecer la vegetación autóctona, aumentar de la conectividad de los ecosistemas, mejorar de los servicios ecosistémicos, generar infraestructura verde, mejorar la gestión sostenible del territorio, integrar el capital natural en la gestión económica y de las actividades, y reducir los costes de ejecución y mantenimiento.

### **Cambio en las decisiones de restauración de zonas verdes suburbanas y urbanas**

Los modelos desarrollados en una gran parte de las áreas verdes urbanas y periurbanas españolas (parques, jardines, medianas, rotondas, etc.), provienen de imágenes ajenas a su paisaje y cultura, así como a motivaciones fundamentalmente de carácter estético y funcional (Martínez, 2015).

En los últimos años se está intentando cambiar esta mecánica y se comienza a hacer hincapié en el diseño de estas zonas con especies nativas, adaptadas a las condiciones edafoclimáticas locales, así como en su gestión adecuada (Castiella & Martínez, 2004). Para ello, las políticas a nivel municipal en el ámbito de parques y jardines deben profundizar en la incorporación de criterios ecológicos, además de funcionales y estéticos, tanto en el diseño como en la gestión de los espacios abiertos públicos y privados (Robinson, 2004).

La restauración ecológica utiliza una metodología basada en procesos ecológicos, con objeto de alcanzar comunidades ecológicas funcionales basadas en los principios de instalación, desarrollo y evolución. El objetivo es restaurar las comunidades ecológicas siguiendo criterios biogeográficos en los que los procesos ecológicos son posibles y naturales.

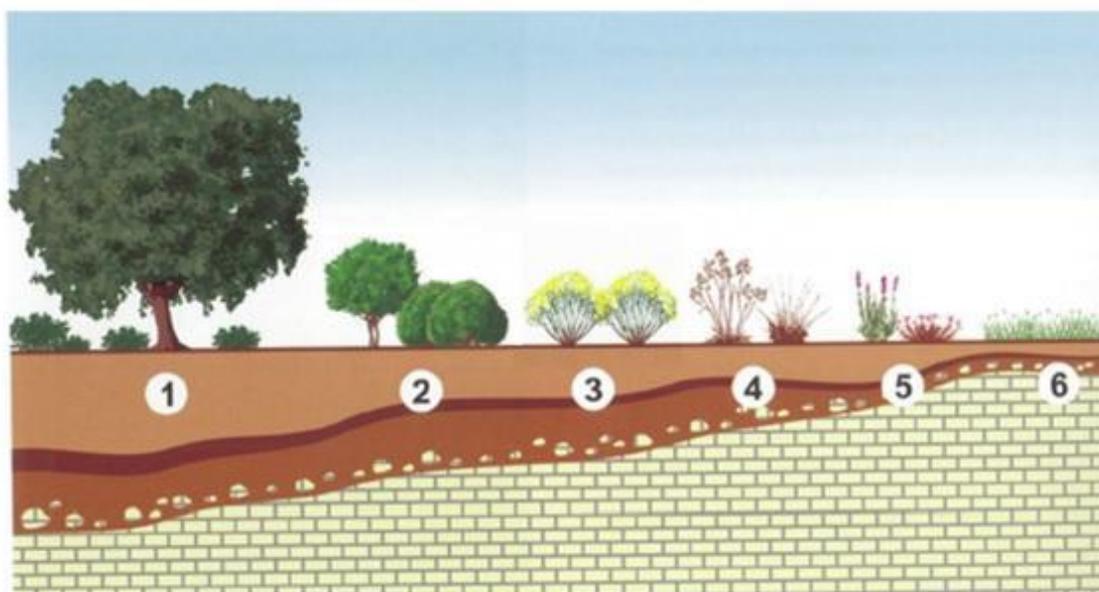
### **Sucesión ecológica**

La restauración ecológica es un subcampo de la ecología aplicada (Cairns, 1988), concretamente de la ecología de la restauración (Jordan III, 2011) y ha desarrollado una variedad de métodos para reconstruir ecosistemas en lugares perturbados. Estos

métodos frecuentemente replican total o parcialmente los procesos de sucesión ecológica (Miyawaki, 1992; Walker, Walker & Hobbs, 2007), y están basados en lo que ha sido denominado “restauración espontánea” (Prach & Pysek, 2001).

El proceso de sucesión secundaria en ambientes secos, semiáridos y áridos es muy lento. Se necesitan décadas para restablecer las relaciones naturales entre la vegetación y el suelo (Tilman, 1988). Por ello hay que tener en cuenta el estado de degradación del territorio a restaurar y no dejar de lado especies propias de etapas intermedias que son capaces de instalarse en medios adversos, capaces de impulsar las comunidades vegetales hacia etapas más maduras o mejorar las condiciones ambientales cuando éstas son muy desfavorables (Guirado y Mendoza, 2000).

La sustitución de una comunidad por otra en el proceso de sucesión (Figura 2) se ve motivada por la modificación del medio promovida por la primera comunidad, la cual crea las condiciones apropiadas para el desarrollo de la siguiente comunidad. Los sistemas ecológicos maduros, propios de las etapas finales del proceso de sucesión, están formados por una mayor diversidad de organismos y estructuras y una mayor complejidad de relaciones entre sus elementos (Walker, Walker & Hobbs, 2007; Rivas-Martínez *et al.* 2007, 2011a,b).



**Figura 2.** Etapas seriales de los encinares calcícolas mesomediterráneos secos castellano-manchegos (*Asparago acutifolii-Quercus rotundifoliae* S.): 1. Encinar (*Asparago acutifolii-Quercetum rotundifoliae*); 2. Coscojar (*Daphnognidii- Quercetum cocciferae*); 3. Retamar (*Genisto scorpii-Retametum sphaerocarphae*); 4. Espartal (*Arrhenathero erianthi-Stipetum tenacissimae*); 5. Tomillar (*Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae*); 6. Pastizal anual calcícola (*Brachypodium distachyi*); (Peinado Lorca, Martínez Parras, Monje Arenas, 2008).

## 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 3.1 Población

Plataforma Central Iberum se localiza en el polígono industrial “La Veredilla III”, en el municipio de Illescas (Toledo), capital de la comarca de La Sagra, posee una ubicación estratégica al encontrarse a 33 km de Toledo y a 40 km de Madrid (Figuras 3 y 4). Con una población de 27.332 habitantes (INE, 2017) y una densidad demográfica de 406,7 hab/km<sup>2</sup>, Illescas es el tercer municipio más poblado de Toledo. El uso del suelo es predominantemente agrícola de secano (cereal y olivar) aunque el gran desarrollo urbanístico de los últimos años está transformando a gran velocidad los usos del suelo, de agrícola a residencial e industrial.



500 m

Figura 3. Localización de área de estudio en rojo. En verde, zonas de actuación. Fuente: Google Earth

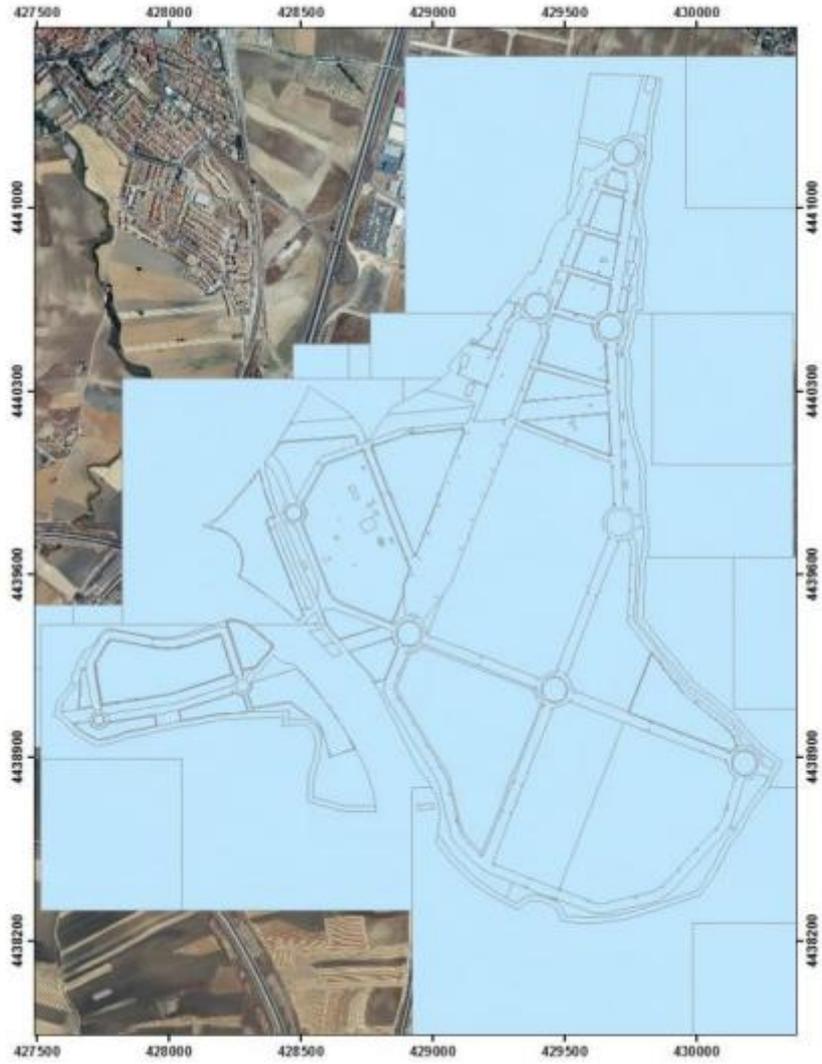


Figura 4. Mapa del área de estudio “Polígono Industrial La Veredilla”. Hoja 605 CNIG

### 3.2 Estratigrafía

De acuerdo con Alonso-Zarza *et al.* (2004), Calvo *et al.* (1989), IGME (2001), Olmedo *et al.* (2004), Ordóñez *et al.* (1991), y Rubio *et al.* (2010), el área de estudio está compuesta principalmente por cuatro estratos (Figura 5):

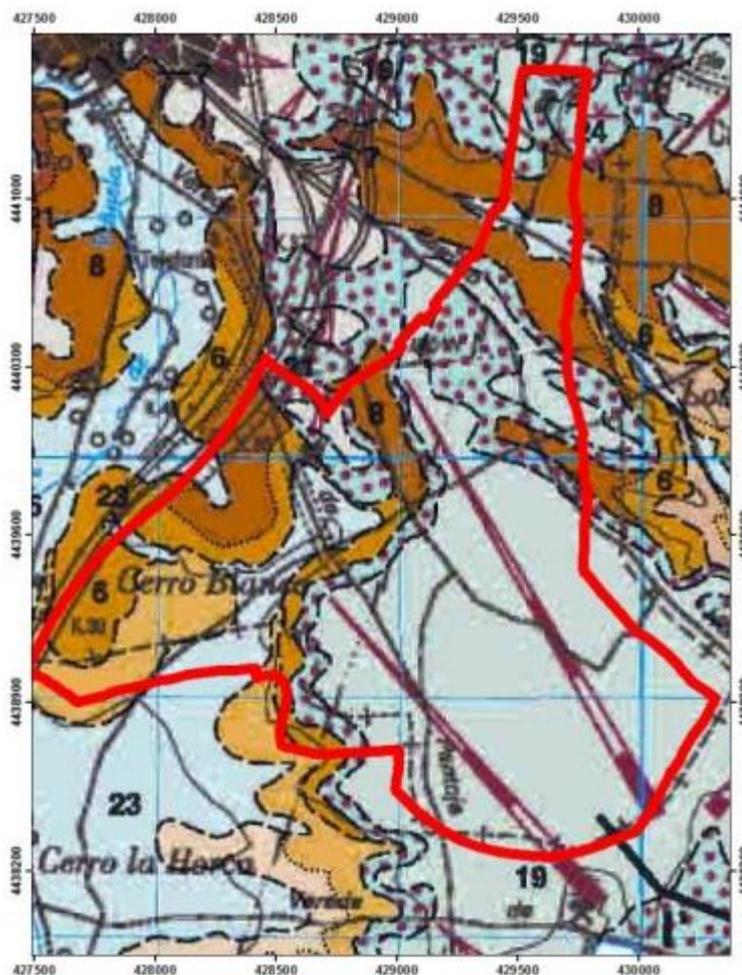
Arenas arcólicas y limos arenosos de las terrazas medias del Manzanares, Pleistoceno inferior a medio). Compuestas fundamentalmente **por arenas arcólicas**, con cantos rodados de cuarzo, calizas y sílex, y niveles de arcillas verdes en facies de llanura de inundación.

**Limos arenosos rojizos** (Glacis, Pleistoceno superior). Se tratan de depósitos formados por escorrentía superficial. Su litología depende del sustrato local, pero dominan los materiales finos, limos y arenas arcólicas.

Para Vaudour (1969), la edad de estos glacis es cuaternario medio o reciente, relacionando sus depósitos con la erosión durante el Riss de los suelos previamente desarrollados.

**Limos negros. Navas.** (Pleistoceno superior a Holoceno). Estos fondos endorreicos están formados por limos ricos en materia orgánica, arenosos o con cantos. Al este de Illescas tienen su origen en valles o antiguos canales fluviales poco funcionales.

Además, se pueden observar **lutitas y calizas con sílex**.



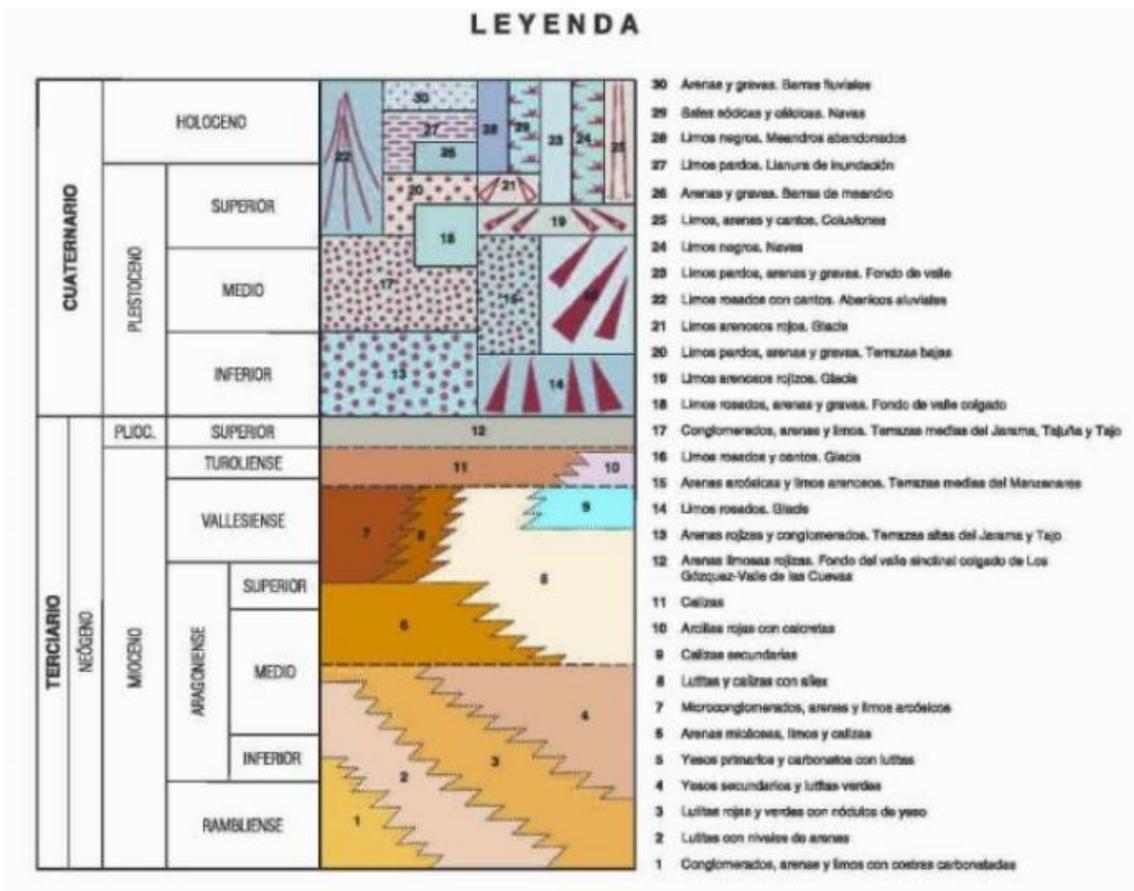


Figura 5: Edafología del área de estudio y leyenda. Fuente: I.G.M.E. Hoja 605

### 3.3 Biogeografía y bioclimatología

Desde el punto biogeográfico, el área de estudio se localiza en la Provincia Mediterránea Ibérica Central, Subprovincia Castellana, Sector Manchego, Subsector Manchego Sagrense (Rivas-Martínez *et al.*, 2007; 2011a,b).

La Figura 6 muestra el diagrama climático de Illescas, municipio cercano al que pertenece el área de estudio, que se halla a 583 m de altitud. La temperatura media de las mínimas mensuales oscila entre 1,5 y 17,9 °C. La temperatura media de las máximas mensuales oscila entre 9,4 y 32,2 °C, y la temperatura media entre ambas lo hace entre 5,4 y 25,0 °C. La precipitación media anual es de 413 mm, con una acusada aridez de verano, período en el que coinciden las máximas temperaturas y las mínimas precipitaciones, rasgo que caracteriza el clima mediterráneo. El periodo de aridez estival en el área de estudio se prolonga durante 4 meses, de junio a septiembre, en los que el valor de la mitad de la

precipitación expresada en mm es menor que la temperatura media mensual expresada en grados centígrados ( $P/2 < T$ ). De acuerdo con la clasificación bioclimática de Rivas-Martínez (Worldwide Bioclimatic Classification System 1996-2019, GlobalBioclimatics.org; Cress *et al.*, 2009), el área de estudio posee un macrobioclima Mediterráneo pluviestacional semicontinental (Índice de continentalidad,  $I_c = 19,6$  °C), y está situado en el piso bioclimático Mesomediterráneo superior (Temperatura positiva,  $T_p = 172,4$  °C), bajo un ombrotipo seco inferior (Índice ombrotérmico,  $I_o = 2,4$  mm/°C).

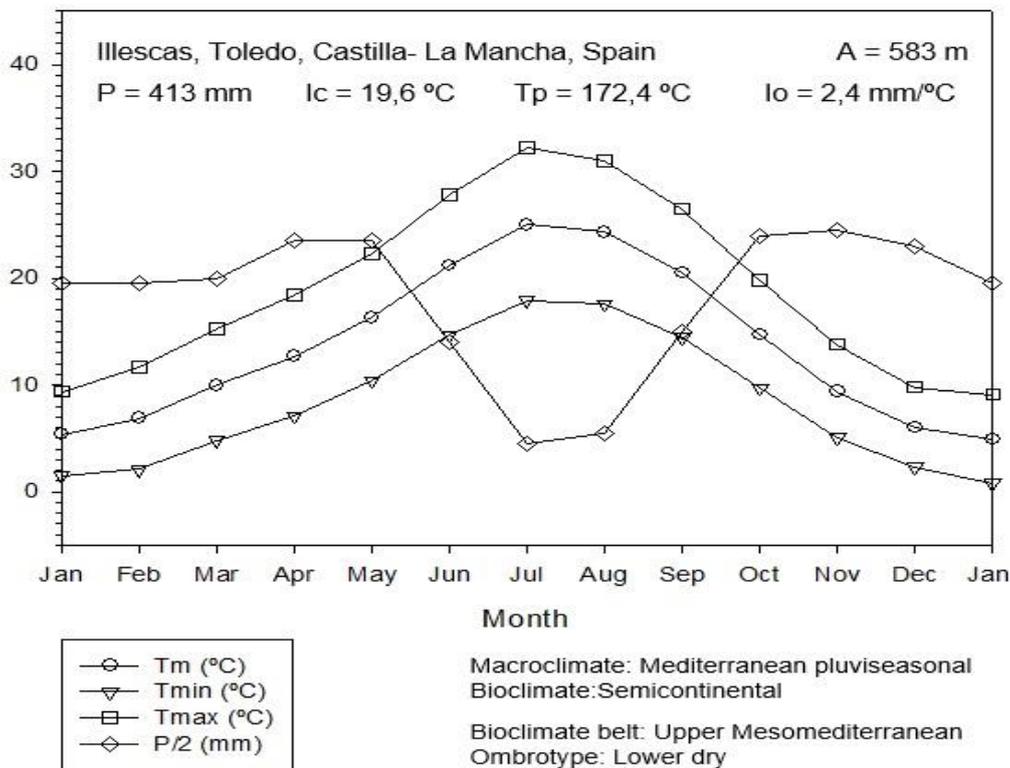


Figura 6. Climograma de la estación meteorológica de Illescas. Fuente: elaboración propia

### 3.4 Caracterización de la vegetación del área de estudio

Como paso previo a la plantación, se debe elaborar un marco teórico. Para una mayor seguridad de éxito de supervivencia y facilitar la elección correcta de las especies, se debe hacer un estudio previo de la flora y vegetación del área de estudio. Según Rivas-Martínez *et al.* (2007, 2011a,b), se entiende como vegetación potencial “la comunidad estable que existiría en un área concreta como consecuencia de la sucesión geobotánica progresiva, si las perturbaciones dejasen de influir y alterar los ecosistemas vegetales”. Se debe reseñar que este trabajo no sólo se centra en la vegetación potencial

del territorio, sino que se trata de restaurar toda la serie de vegetación climatofila -dependiente del clima- con sus etapas sucesionales, con objeto de aumentar la biodiversidad (Isabel, 2016).

#### **3.4.1 Tipos de vegetación y hábitats seleccionados. Composición florística**

Se ha elaborado un catálogo florístico y de tipos de vegetación mediante revisión bibliográfica y estudios de campo. Así, se han realizado muestreos de flora (García Sánchez, 2015), tipos de vegetación y tipos de hábitat (Isabel, 2016) en el área de estudio y áreas próximas. A estos muestreos se han incorporado los datos de los principales bancos de datos y bases cartográficas de flora y vegetación disponibles en internet (ANTHOS, GBIF, SIVIM, espacios protegidos y vías pecuarias de Castilla-La Mancha), así como de los inventarios nacionales de patrimonio natural y biodiversidad, especies amenazadas, cartografía forestal y Red Natura 2000 (MAGRAMA). Por último, se han consultado diversas monografías territoriales y regionales sobre esta temática (Laorga, 1986; Pizarro, 1995; Molina, 1996; Cirujano & Medina, 2002; Martín Herrero *et al.*, 2003; Rivas-Martínez *et al.* (2007, 2011a,b); Charco *et al.*, 2008; Peinado *et al.*, 2008; Ruiz & Serrano, 2009; VV.AA., 2009; Fernández-González *et al.*, 2012; FloraIberica.es). Con estos datos podemos reconstruir la composición florística, estructura, y dinámica sucesional de la flora y tipos de vegetación del área de estudio. El conocimiento exhaustivo de los ecosistemas de referencia aporta una base sólida a los proyectos de restauración ecológica (Mola *et al.*, 2018).

La vegetación climatofila -dependiente del clima- del área de estudio consiste en los encinares calcícolas mesomediterráneos secos manchego-sagreses (*Asparago acutifolii-Quercus rotundifoliae* S.) y sus etapas seriales de sustitución, y consiste en: 1. Encinar (*Asparago acutifolii-Quercetum rotundifoliae*); 2. Coscojar (*Daphno gnidii-Quercetum cocciferae*); 3. Retamar (*Genista scorpii-Retametum sphaerocarpaceae*); 4. Espartal (*Arrhenathero erianthi-Stipetum tenacissimae*); 5. Tomillar (*Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae*). 6. Pastos basófilos secos, anuales y perennes.

## **4. PLAN DE TRABAJO Y EJECUCIÓN**

### **4.1 Revegetación mediante el uso de plántulas.**

En situaciones donde el clima es adecuado, el sitio está protegido de perturbaciones y existe una fuente de semillas cercana, la naturaleza pueda recuperarse mediante procesos naturales, restauración espontánea (Prach & Pysek, 2001), sin intervención humana, pero el coste es el tiempo (Miyawaki, 2004).

En muchas situaciones no es posible esperar a la recuperación natural. En estos casos, el proceso de restablecimiento de los sistemas ecológicos debe ser iniciado, acelerado y/o asistido mediante actuaciones humanas (SER, 2004).

Este proyecto ha sido realizado mediante la metodología utilizada por Miyawaki & Fujiwara (1988) basada en tres tipos de información:

- 1- El conocimiento de la vegetación potencial natural y sus etapas de sustitución en el área de estudio.
- 2- Comprensión de la germinación y establecimiento de las especies más abundantes de cada tipo de vegetación natural.
- 3- Métodos de plantación con un gran número de plántulas y preparación del suelo. En este trabajo se han realizado plantaciones con una densidad promedio de 1 planta m<sup>2</sup>.

Una vez identificados los tipos de vegetación a restaurar, se seleccionan las especies que los constituyen. Estas especies poseen distintas características estructurales y funcionales, de entre las que destaca la facilitadora. En algunos casos se prioriza también la introducción de especies de interés para la conservación (flora amenazada y/o con un rango de distribución restringido).

En el Anexo 1 (Tablas 6-13) aparecen las especies y el número de individuos totales que se utilizaron para realizar la restauración de los tipos de vegetación. Para cada tipo de vegetación se calculó el número de individuos por parcela tomando los datos de coberturas de especies de los inventarios extraídos de la bibliografía (Isabel, 2016).

Principalmente, los tipos de vegetación seleccionados están formados por vegetación climatófila, aunque también se ha trabajado con especies de la serie edafohigrófila que no se incluyen en este trabajo: tarayales: *Tamarix gallica*, *Tamarix africana*, *Tamarix*

*canariensis*, *Tamarix boveana*; saucedas: *Salix purpurea* ssp. *lambertiana*, *Salix alba*, *Salix salviifolia*, *Salix x secaliana*, *Salix atrocinerea*; olmeda, alameda, fresneda: *Ulmus minor*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Fraxinus angustifolia*; y orlas de espinosas: *Rubus ulmifolius*, *Rosa agrestis*, *Rosa micrantha*, *Crataegus monogyna*. Se tomaron como referencia cinco tipos de vegetación principales: encinar, retamar, espartal, albardinar, y tomillar. Cada uno de ellos está compuesto por una especie más abundante, que da nombre al tipo de vegetación, más otras especies que suelen ser también frecuentes, pero menos abundantes. Posteriormente, cada una de las manchas de los tipos de vegetación se replicará hasta conseguir la densidad deseada.

Los tipos de vegetación seleccionados y el número de individuos de cada especie son los siguientes:

#### **Encinar/ Coscojar (Tabla 1)**

##### ***Asparago acutifolii-Quercetum rotundifoliae***

Tipo de vegetación climatofila más desarrollada desde el punto de vista sucesional y estructural, manchega, mediterránea pluviestacional semicontinental, mesomediterránea seco-subhúmeda, caracterizada por la encina carrasca (*Quercus rotundifolia*), y la esparraguera de hojas agudas (*Asparagus acutifolius*), con coscoja (*Quercus coccifera*) y esparto (*Stipa tenacissima*). Se desarrolla sobre suelos ricos en bases, calcáreos, arcillosos y en margas yesíferas (Rivas-Martínez *et al.*, 2007, 2011a, b).

El carrascal o encinar se desarrolla bajo ombrotipos secos y suelos ricos en carbonato cálcico. Representa la etapa madura de la serie, lleva un cierto número de arbustos en el sotobosque, como *Quercus coccifera*, *Pistacia terebinthus*, *Ephedra fragilis* subsp. *fragilis*, *Rhamnus alaternus* subsp. *munyozgarmendiae*, *Rhamnus lycioides* subsp. *lycioides*, *Jasminum fruticans*, *Colutea hispanica*, entre otros.

##### ***Daphno gnidii-Quercetum cocciferae***

Coscojares, corresponden en su etapa madura a bosquetes densos de coscoja (*Quercus coccifera*), calcícolas o gypsícolas, distribuidos en el cinturón mesomediterráneo del Sector Manchego, donde constituye el primer estadio serial del microbosque de encina (*Asparago acutifolii-Quercetum rotundifoliae*) (Rivas-Martínez *et al.*, 2007, 2011a, b).

En este hábitat prosperan diversos espinos, sabinas, pinos y otros arbustos mediterráneos (*Rhamnus lycioides* ssp. *lycioides*, *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Daphne gnidium* y *Ephedra nebrodensis*, entre otros), y que en áreas particularmente cálidas o en el horizonte inferior mesomediterráneo pueden llevar otros arbustos más termófilos (*Pistacia lentiscus*, *Ephedra fragilis* ssp. *fragilis* y *Asparagus stipularis*, entre otros). El rasgo esencial cuando este tipo de vegetación constituye la etapa sucesional más evolucionada es la escasez de precipitaciones a lo largo del año, en general de tipo semiárido ( $I_o < 2,0$ ;  $P \sim 350\text{mm}$ ), lo que resulta ser ya un factor limitante insuperable para que en los suelos no compensados hídricamente puedan prosperar las carrascas (*Quercus rotundifolia*), y, en consecuencia, el óptimo de la serie de vegetación no pueda alcanzar la estructura de bosque planifolio-esclerófilo, sino más bien la de coscojar, garriga densa o silva-estepa.

**Tabla 1.** Composición de especies de una unidad de encinar/coscojar.

<b>ENCINAR/COSCOJAR</b>	
<i>Quercus coccifera</i>	13
<i>Quercus lex</i> subsp. <i>ballota</i>	13
<i>Rhamnus alaternus</i> ssp. <i>munyozgarmendiae</i>	12
<i>Rhamnus lycioides</i> subsp. <i>lycioides</i>	12
<i>Colutea hispanica</i>	10
<i>Jasminum fruticans</i>	10
<i>Ephedra fragilis</i>	9
<i>Pistacia terebinthus</i>	8
<i>Cistus albidus</i>	7
<i>Daphne gnidium</i>	5
<i>Thymus vulgaris</i>	3
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	3
<i>Coronilla minima</i>	1
<i>Lavandula latifolia</i>	1
<b>TOTAL</b>	<b>107</b>

### **Retamar** (Tabla 2)

#### ***Genisto scorpii-Retametum sphaerocarphae***

Retamares con aliagas (*Genista scorpius*) mesomediterráneos, desarrollados sobre suelos básicos bajo ombroclima seco a subhúmedo inferior. Representan una de las primeras etapas de sustitución de los encinares manchegos. Poseen distribución manchego-sagrense (Laorga, 1986).

Es habitual que las comunidades de *Retama sphaerocarpa* formen facies de retamas, que fertilizan el suelo mediante deposición de ramas y aumento de la materia orgánica, fijación de nitrógeno atmosférico en el suelo por las bacterias rizobiáceas radiculares, y efecto de refugio de sombra. Por todo ello aumenta notablemente la biomasa forrajera natural bajo su vuelo (Rodríguez-Echeverría & Pérez-Fernández, 2003) y es muy apreciada por los ganaderos.

**Tabla 2.** Composición de especies de una unidad de retamar.

<b>RETAMAR</b>	
<i>Retama sphaerocarpa</i>	42
<i>Rhamnus lycioides</i> subsp. <i>lycioides</i>	8
<i>Cistus albidus</i>	7
<i>Ephedra fragilis</i>	6
<i>Jasminum fruticans</i>	6
<i>Rhamnus alaternus</i> subsp. <i>munyozgarmendiae</i>	6
<i>Colutea hispanica</i>	5
<i>Pistacia terebinthus</i>	5
<i>Santolina chamaecyparissus</i> subsp.	4
<i>Coronilla minima</i>	3
<i>Salvia lavandulifolia</i>	3
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	3
<i>Daphne gnidium</i>	2
<i>Thymus vulgaris</i>	2
<i>Lavandula latifolia</i>	1
<b>TOTAL</b>	<b>103</b>

### **Espartal** (Tabla 3)

#### ***Arrhenathero erianthi-Stipetum tenacissimae***

Pastizales de caméfitos amacollados, basófilos, presididos por el esparto (*Stipa tenacissima*, *Macrocloa tenacissima*). Constituyen comunidades activas formadoras y conservadoras de suelos, depositando bajo ellas sus hojas muertas y aumentando la materia orgánica y los nutrientes. De cierto carácter termófilo, la asociación muestra una tendencia a ubicarse en enclaves soleados (Laorga, 1986). Son frecuentes en el centro y en el sureste peninsular (Anthos, 2019).

En el espartal, las matas de esparto se distribuyen de suerte tal que optimizan la captación de aguas de escorrentía. Una consecuencia de esta distribución espacial es el

enriquecimiento del suelo alrededor de las matas y su empobrecimiento en los claros que quedan entre las mismas (Maestre, 2008).

La mejora de las condiciones edáficas y microclimáticas en el entorno de las matas posibilita la existencia de interacciones facilitadoras entre el esparto y numerosas especies de arbustos y árboles de las etapas finales sucesionales.

**Tabla 3.** Composición de especies de una unidad de espartal.

<b>ESPARTAL</b>	
<i>Stipa tenacissima</i>	35
<i>Santolina chamaecyparissus</i> subsp.	14
<i>Lavandula latifolia</i>	12
<i>Salvia argentea</i>	10
<i>Salvia lavandulifolia</i>	8
<i>Coronilla minima</i>	6
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	6
<i>Iberis saxatilis</i> subsp. <i>cinerea</i>	5
<i>Thymus vulgaris</i>	5
<i>Cistus albidus</i>	1
<b>TOTAL</b>	<b>102</b>

**Albardinar** (Tabla 4)

***Dactylido hispanicae-Lygeetum sparti***

Albardinares (*Lygeum spartum*) no halófilos sobre suelos arcillosos, profundos, poco estructurados, de cierto carácter vértico y en los que pueden producirse ligeros fenómenos de pseudogleyización. Alcanza su desarrollo óptimo en las áreas mesomediterráneas secas del sector Manchego (Laorga, 1986).

**Tabla 4.** Composición de especies de una unidad de albardinar

<b>ALBARDINAR</b>	
<i>Lygeum spartum</i>	48
<i>Santolina chamaecyparissus</i> subsp. <i>chamaecyparissus</i>	17
<i>Salvia lavandulifolia</i>	9
<i>Iberis saxatilis</i> subsp. <i>cinerea</i>	7
<i>Lavandula latifolia</i>	6
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	6
<i>Salvia argentea</i>	5
<i>Thymus vulgaris</i>	4
<i>Coronilla minima</i>	2

**Tomillar, salviar, espleguera** (Tabla 5)*Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae*

Esplegueras, tomillares y salviares constituidas por numerosas y diversas especies entre las que desatacan las labiadas olorosas (*Lavandula latifolia*, *Salvia lavandulifolia*, *Thymus zygis* ssp. *sylvestris*, *Thymus vulgaris*), matorrales de alto interés melífero, y el lino blanco (*Linum suffruticosum* ssp. *loeflingii*). Se instalan sobre sustratos que contienen carbonato cálcico. Alcanza su óptimo en la provincia Castellana, del piso bioclimático mesomediterráneo medio al supramediterráneo medio (Laorga, 1986).

**Tabla 5.** Composición de especies de una unidad de tomillar.

<b>TOMILLAR</b>	
<i>Thymus vulgaris</i>	<b>26</b>
<i>Thymus zygis</i> ssp. <i>sylvestris</i>	<b>18</b>
<i>Salvia lavandulifolia</i>	<b>15</b>
<i>Santolina chamaecyparissus</i> ssp. <i>chamaecyparissus</i>	<b>14</b>
<i>Lavandula latifolia</i>	<b>12</b>
<i>Iberis saxatilis</i> ssp. <i>cinerea</i>	<b>10</b>
<i>Coronilla minima</i>	<b>6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>101</b>

Aunque en esta fase de restauración trabajamos principalmente con especies climatófilas, también se introducen algunas especies relacionadas con la presencia de agua.

*Holoschoenetum vulgaris*: Juncales dominados por *Scirpoides holoschoenus* que se desarrollan sobre suelos básicos hidromorfos que se inundan raramente, pero donde el nivel freático alcanza el nivel de las raíces del juncal. Se distribuye por los pisos termo- y mesomediterráneo, y en el territorio presenta amplia distribución Manchego-Sagrense, constituyendo una de las formaciones más frecuentes por las orillas y valles de arroyos y pequeños ríos del subsector (Laorga, 1986).

*Rubus ulmifolius*, que constituye la orla de espinosas basófila de la olmeda.

Se plantan también en los taludes de la laguna una orla de *Atriplex halimus*.

#### **4.1.1 Germinación y establecimiento biológico de la vegetación potencial natural.**

Se requiere que las semillas de las plantas recogidas en zonas de condiciones similares a las del área de estudio germinen previamente en un vivero forestal. Estas plantas deben crecer en alveolos forestales durante 0.5-2 años. La plantación de contenedor con irrigación tiene normalmente mayor éxito. El objetivo primordial de este crecimiento es conseguir plantas con sistema radicular bien desarrollado, lo que constituye la clave para maximizar la supervivencia de la planta y la estabilización del suelo (Fujiwara *et al.*, 1993).

Frente a esta opción de germinación e introducción de las plantas, se han utilizado otras alternativas en la PCI. Entre ellas está la posibilidad de dispersión directa de semillas, habiendo sido este método en los últimos tiempos abandonado o relegado a zonas más concretas. La recolección de semillas de las especies propuestas y su posterior plantación en bandejas para su germinación y crecimiento. La reproducción vegetativa mediante estaquillas, por ejemplo de individuos de los géneros *Tamarix*, *Salix*, *Populus*, *Fraxinus*, *Ulmus*. Por último, se puede proceder con viverismo silvestre, que consiste en la obtención de individuos mediante plántulas o fascículos provenientes de la naturaleza (Bainbridge, 2007). Aunque se haya utilizado de manera más o menos recurrente cada uno de estos métodos, nos centramos en el uso de plántulas germinadas en vivero o brinzales.

En nuestro caso, se seleccionan especies disponibles en viveros próximos al área de estudio, lo cual abarata notablemente los costes y puede asegurar una procedencia local y una mejor aclimatación y adaptación del material a emplear en las actuaciones de revegetación (Rey Benayas *et al.*, 2016). Las plantas provienen del Vivero Forestal Alborada, especializado en producción de planta autóctona con región de procedencia del Valle Medio del río Tajo. Este vivero se sitúa en la margen derecha del río Tajo, en el término municipal de Fuentidueña de Tajo (Madrid). Este emplazamiento, con sus condiciones de suelo y clima, permiten una crianza y endurecimiento de la planta. Una buena genética, puede acelerar el proceso de introducción y asentamiento de los individuos (Bainbridge, 2007). La calidad de la planta es un factor que determina el éxito de la restauración, por lo tanto, a la hora de seleccionar especies en vivero se debe

certificar que la calidad de las plantas es alta. Existen dos razones principales para hacerlo. La primera por razones ecológicas. Cuanto mejor características tenga la planta mayor será la probabilidad de una buena adaptación y establecimiento en el nuevo entorno donde se plante. En cuanto a las razones económicas mientras mayor sea el éxito menos gastos acarrea en la posterior reposición de marras. Otros rasgos que corroboran la calidad son la ausencia de tallos torcidos, un sistema radicular desarrollado y sin raíces estranguladas, el cepellón debe ser consolidado para resistir el manejo en la plantación y estar libre de malas hierbas. Además, enfermedades y plagas que puedan propagarse, deben estar ausentes en las plantas (Villar Salvador, 2003).

El uso de especies características de la vegetación nativa significa que no se requiere una gran gestión después de que las plantas sean plantadas. Las especies están adaptadas a las condiciones medioambientales del lugar y a las relaciones de competencia de la vegetación, además de la relación con los elementos inertes del terreno. Mientras este proceso requiere una inversión inicial cuantiosa, no hay un coste o el coste de gestión es muy pequeño.

#### **4.1.2 Método de trabajo para la ejecución de la restauración**

La técnica de restauración seleccionada consiste en la plantación de especies que conforman los tipos de vegetación seleccionados.

Los pasos para la restauración incluyen una preparación del terreno y una posterior plantación. La restauración crea rápidamente escenarios de grandes densidades de vegetación. Con estas acciones se favorecen las condiciones necesarias para las distintas especies (facilitación entre especies, aporte de materia orgánica al suelo, etc.), a partir de las cuales evolucionan y desarrollan siguiendo su dinámica natural.

Según Fujiwara *et al.* (1993), Miyawaki *et al.* (1993), Miyawaki (1999), la densidad aproximada fue de una planta por m<sup>2</sup>. El total a restaurar es de 32.600 m<sup>2</sup>, por lo que se dispusieron aproximadamente de 25.000 plantas para conseguir este objetivo.

La densidad de las plantaciones depende de la funcionalidad de las plantas y de las características del terreno. En taludes con pendientes en los que hay indicio de erosión y

origen de cárcavas se disponen de mayores densidades de plantas para una mayor y más rápida estabilización del terreno. En aquellos montículos en los que en un primer momento se ha utilizado una hidrosiembra para cubrir el terreno yermo, se disponen las plantas con más distanciamiento unas de otras. Posteriormente, se puede realizar el desbroce de mantenimiento según el objetivo a desarrollar con esa hidrosiembra.

Para la plantación de las especies se contrataron seis graduados en Ciencias Ambientales de la Universidad de Castilla la Mancha, que previamente habían realizado un proceso de formación mediante el convenio de prácticas en empresa con Urban Castilla-La Mancha, empresa que se encarga de la urbanización del complejo logístico.

#### ***4.1.2.1 Distribución y dimensiones de las parcelas de plantación***

En primer lugar, se calcularon las plantas necesarias para restaurar la extensión de terreno deseada. Ya en campo, se marcaron con estacas los módulos de plantación 100 m<sup>2</sup> para distribuir cada una de las manchas de vegetación. Para una mayor organización, las plantas se distribuyeron en manchas de aproximadamente 100 individuos. Estas manchas se fueron replicando a lo largo del área a restaurar hasta conseguir la densidad deseada. Al ser una cantidad muy grande de plantas, no se estableció un módulo fijo del orden donde debían ser plantadas las distintas especies. Los individuos se plantaron aleatoriamente, evitando siempre colocar las plantas de mayor porte y los individuos de misma especie muy próximos (Miyawaki, 2004).

#### ***4.1.2.2 Plantación***

Previo a la revegetación, el terreno se dejó preparado para el establecimiento de las plántulas. Con maquinaria pesada se distribuyó la tierra, originando distintas topografías con objeto de desarrollar una variedad de pendientes y orientaciones. En las laderas que rodean a las balsas, con más pendiente o más peligro de erosión y creación de cárcavas, se extendió una malla orgánica de coco que permite ayudar en la sujeción y protección del suelo. Esta malla aumenta la materia orgánica del suelo, disminuye la capacidad erosiva debida a la energía cinética de las gotas de agua de lluvia y su escorrentía

superficial, de modo que se facilita la implantación de la vegetación y aumenta la capacidad de campo o de retención de agua en el suelo. Otro beneficio es la regulación de la temperatura del suelo al amortiguar su exposición al calor y al frío.

Para la realización de los agujeros profundos de unos 70 cm de profundidad se utilizaron principalmente dos tipos de maquinaria. En las zonas más compactadas por el paso de maquinaria se utilizó un Toro con acople de ahoyadora de barrena. El diámetro de la barrena fue de 40 cm. De esta forma es posible realizar un agujero más profundo, descompactar y facilitar el desarrollo de las raíces. En las zonas con más pendiente o menos compactas se utilizaron ahoyadoras mecánica de barrena de 20 cm hasta 40 cm para una persona, dependiendo de la situación. En algunos casos, en zonas con suelo menos compactado o demasiada pendiente incluso para la ahoyadora manual, se utilizaron herramientas manuales, como azadas y palas (Bainbridge, 2007).

Se introduce la planta en el agujero, evitando dejar parte del cepellón al aire y se tapa con tierra, compactando moderadamente para no dejar bolsas de aire alrededor del cepellón. La planta debe quedar ligeramente por debajo del nivel del suelo para poder formar un alcorque. Este alcorque es importante para facilitar la deposición del rocío en invierno y la recogida de las precipitaciones en época de lluvias. El siguiente paso es la colocación de un protector. Se usa el protector forestal de tubo verde microperforado de 40 centímetros por varias razones. La primera de ellas es la protección contra la herbivoría, principalmente debida a la alta presencia de conejos, uno de los condicionantes para la supervivencia de las plantas. Por otro lado, crean un efecto microclimático que, debido a la presencia de volumen de aire limitado dentro del tubo, inducen un incremento de la temperatura, de la humedad relativa y de la concentración de anhídrido carbónico, unido a una reducción de la radiación directa (generando situaciones de sombra), las heladas y de la acción física (incluso temporal desaparición) del viento (Kjelgren & Rupp, 1997; Berger & Dupraz, 2000; Navarro *et al.*, 2001). La desventaja es que en algunas especies de matorral bajo (especies con forma hemisférica) el protector produce espigamiento, impidiendo su normal crecimiento (Isabel, 2016).

Tras colocar el protector, se da un primer y único riego de aproximadamente 3 l por planta para el asentamiento del suelo, que facilita el contacto entre el sistema radicular de la planta y el suelo circundante. Los microrriegos de arraigo, mantenimiento y

supervivencia resultan muy útiles para evitar marras por estrés hídrico, causa principal de los fracasos en la repoblación forestal de en zonas con periodos de aridez (Del Río San José *et al.*, 2012). Este paso además es importante al evitar que se formen huecos o bolsas de aire en el suelo junto a las raíces. Además, como la plantación se realiza entre otoño e invierno, este primer riego y los rocíos mantienen húmedo el suelo durante varios meses, facilitando el desarrollo de los pelos radiculares, su contacto con los minerales del suelo, y su supervivencia durante el periodo de aridez estival.

#### ***4.1.2.3 Fechas de plantación***

La fecha de plantación ha sido considerada uno de los factores de mayor importancia en la supervivencia durante el primer año (Royo, Gil & Pardos, 2000; Navarro & Palacios Pereira, 2004).

El primer problema que se encuentra es la gran compactación del suelo debido al tránsito de maquinaria pesada que había circulado previamente por el terreno. Fue necesario esperar a las lluvias de mediados de octubre para que facilitasen la manipulación del terreno. En el área de estudio no son frecuentes las heladas y las plantas están endurecidas para soportar el frío, por lo que no existe riesgo de que se hielan.

La elección de la fecha de plantación viene dada por dos motivos principales:

En primer lugar, los rocíos que se forman en esta época del año, que suponen un aporte hídrico esencial en los primeros meses de vida de la plántula. Al mantenerse húmedo el suelo alrededor del cepellón, los pelos radiculares se integran en el suelo.

En segundo lugar, las bajas temperaturas otoñal-invernales imposibilitan el desarrollo de la parte aérea de la planta, desarrollándose en este caso la parte radicular, ramificando y volviéndose un sistema más efectivo para la captación de agua. Este proceso es esencial para que la planta sobreviva a uno de los momentos más críticos, el periodo de aridez de su primer verano. En ambientes con periodos áridos, este es el principal factor limitante para el establecimiento de las plantas.

#### **4.1.2.4 Zonas de plantación**

La vegetación debe ser adecuada al emplazamiento concreto en el que va a ser instalada (adecuación a las características del micrositio o microambiente). Las condiciones ambientales en las que se encuentra una planta durante su desarrollo pueden variar notablemente con respecto a las generales del territorio o región en función de características tales como la orientación (solana/umbría), profundidad del suelo, pendiente, exposición al viento y riesgo de encharcamiento, entre otras (Rey Benayas, 2016).

Se seleccionan 3 áreas principales en las cuales se realiza la plantación. En estas zonas se diferencian distintas posibilidades en cuanto a formaciones topográficas, como taludes, montículos, zonas estanciales, vaguadas, etc. y en las que existen diversas posibilidades en cuanto a orientación, pendiente, duración de la sombra, tipo de suelo, entre otros factores, condicionantes del tipo de vegetación que se establecerá. Las 3 áreas son las siguientes:

#### **Rotonda principal de entrada a PCI (Figura 7)**

Esta rotonda, de 0,51 ha, tiene gran importancia al ser la rotonda de entrada desde la autovía A42. Por lo tanto, es la primera imagen sobre el concepto de PCI que recibe el visitante. La rotonda ofrece una orografía variada, con varios montículos a lo largo de la rotonda y con una extensión plana en vaguada en las zonas intermedias. En total se han introducido 4660 individuos distribuidos en 42 manchas. La vegetación se ha distribuido teniendo en cuenta las exigencias hídricas y de insolación de las especies que la componen (Figura 7), siendo estos factores determinantes a la hora de conseguir una alta supervivencia. Esta zona es la única donde los agujeros se han realizado con el toro con acople de ahoyadora ya que es de más fácil acceso.

Los **espartales**, son formaciones vegetales con baja exigencia hídrica y alta tolerancia a la insolación directa. Por esta razón, se han plantado en la parte media y alta de las

laderas con una orientación sur- suroeste, en la que están expuestas a una radiación directa la mayor parte del día. En las partes bajas de las laderas con orientación suroeste se han plantado **albardinares**, formaciones que también tienen gran tolerancia a la aridez. La diferencia de establecimiento de estas formaciones se debe a los estudios de campo que se han realizado. En la comarca de la Sagra los albardinares se establecen en partes más bajas, con preferencia por las zonas con cárcavas, algo más húmedas, y con una ligera mayor concentración de sales debido a su deposición en la base de las laderas (Laorga, 1985).

En las orientaciones norte- noreste, con menos horas de radiación solar y, por lo tanto, más frescas, se distribuyen el **retamar** y el **encinar**. En la parte superior de las laderas se establece el retamar mientras que el encinar irá en la parte inferior, más protegida. En las partes centrales de la rotonda, donde se dejó una llanura sin montículos, se forman pequeñas vaguadas donde se acumula más la humedad. Estas zonas son aprovechadas también para plantar encinar, al requerir de un mayor aporte hídrico que el resto de las formaciones.

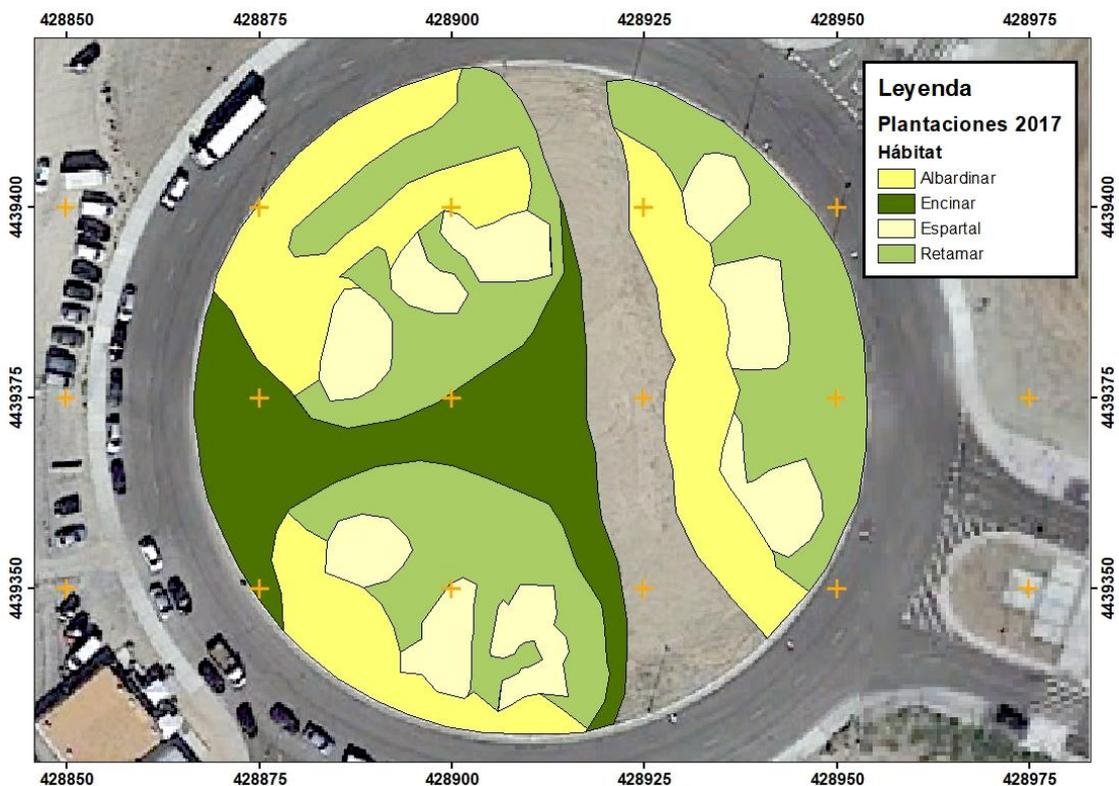


Figura 7. Mapa de los hábitats restaurados en la Rotonda Principal.

### **Balsa naturalizada** (Figura 8)

Tiene una superficie de 1,39 ha. Se han introducido 11.538 plantas, organizadas en 99 manchas. Esta zona consta de una laguna naturalizada rodeada de taludes con una pendiente considerable. Forma parte de esta zona una serie de montículos y laderas que separaran la carretera de la laguna.

A la hora de realizar la plantación en la balsa se mantiene la metodología que se plantea en la rotonda (Figura 8). En las laderas con orientación sur- suroeste, en las partes altas, se planta la composición correspondiente al **espartal** mientras que en las zonas bajas se planta el **albardinar**. En orientaciones norte- noreste, la parte superior es ocupada por el **retamar** mientras que las partes bajas las ocupa el **encinar**. En esta zona predominan las altas pendientes de los taludes por lo que es muy importante el establecimiento de plantas en esta área, tendiendo a una mayor concentración de los individuos en las zonas erosionables. Las consecuencias de la presencia de vegetación son la retención del suelo por parte de las raíces, la disminución de la velocidad del viento y la escorrentía superficial, lo que favorece la infiltración del agua de lluvia y la retención de los nutrientes (Rey Benayas, 2016). La balsa ofrece mayores posibilidades por la presencia permanente de agua. Por ello se trabaja con vegetación edafohidrófila. En las zonas de la balsa que se inunda temporalmente se introdujo *Scirpus holoschoenus*. En la orientación norte, rodeando la balsa, se plantó una orla de *Rubus ulmifolius*. Se plantó también, rodeando la balsa, una orla lineal de *Atriplex halimus* en las partes cercanas al agua, que no se inundan. La razón es que, debido a las crecidas del agua en la balsa y su posterior bajada hace que en las partes más bajas de la balsa se produzca carbonatación y deposición de sales por lo que se decide la presencia de esta especie al tolerar cierta salinidad.

Además, en jornadas de restauración con personal en prácticas han sido plantados 250 olmos resistentes a la grafiosis, cedidos por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, así como tarayes, sauces, álamos y fresnos (plantas procedentes de estaquillado) junto con su orla de espinosas, que conforman el bosque de ribera. El

empleo de estaquillas puede resultar más apropiado para algunas especies en ambientes edafohigrófilos (Rey Benayas, 2016).

Por último, se han propagado comunidades acuáticas de *Potamogeton pectinatus* y *Chara sp.* a partir de plantas obtenidas en lagunas manchegas de aguas limpias, que se han reproducido activamente cubriendo los fondos someros de las lagunas de PCI.



Figura 8. Mapa de los hábitats restaurados en la Balsa Artificial.

### Zona estancial (Figura 9)

En esta zona, con 1,35 ha, se dispusieron 8.724 plantas distribuidas en 86 manchas.

En la zona estancial se distingue una parte llana y más expuesta en la zona central, una serie de taludes colindantes y un montículo al sur (Figura 9).

En las orientaciones norte de las laderas se disponen **retamares** en las zonas altas, que a su vez actúan como barrera visual hacia las naves de PCI y la carretera de en frente. En la parte baja de las laderas norte se restauraron los **encinares**. En el montículo al sur, se restauraron **albardinares** en la parte baja de la ladera con orientación sur y **espartales** en la parte alta. En este mismo montículo, con orientación norte, se introdujo el **retamar**.

Una restauración debe ser flexible y pragmática, de manera que teniendo en cuenta los marcos ecológico, socioeconómico y cultural se maximice la biodiversidad, los procesos ecológicos y la provisión de servicios ecosistémicos.

La zona estancial está principalmente pensada para el establecimiento de merenderos y desarrollo de actividades sociales. Es por esto por lo que se decide, en las zonas centrales más llanas, una matorralización baja de las especies que conforman el **tomillar**. Las manchas que conforman este tipo de vegetación se colocan más distanciadas entre ellas con el objetivo de tener el suficiente espacio entre las especies para desplazarse por la zona sin dañar la vegetación y que éstas a su vez no interfieran con el mobiliario y los árboles.

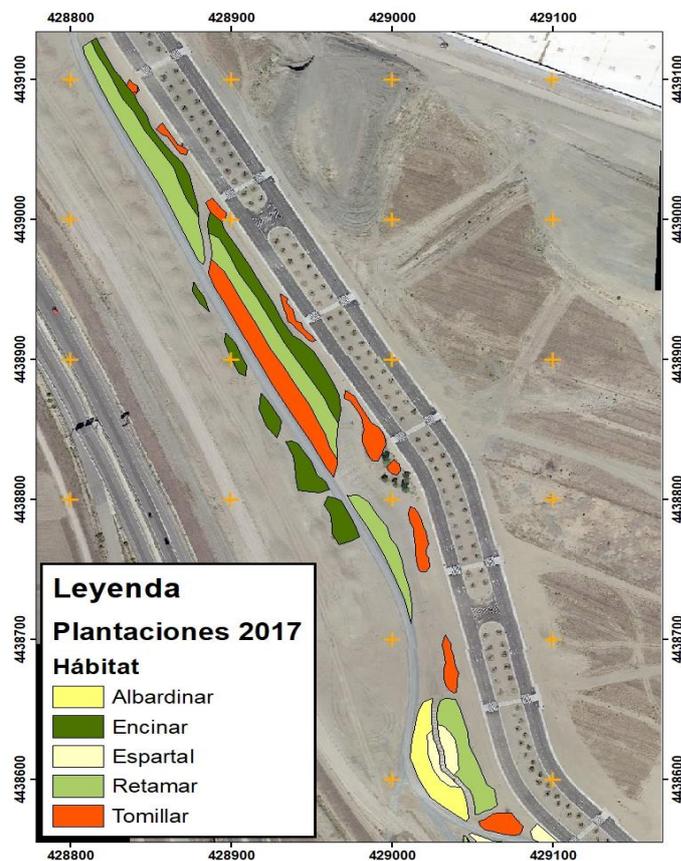


Figura 9. Mapa de los hábitats restaurados en la Zona Estancial.

#### 4.1.2.6 Seguimiento y mantenimiento

Tras la plantación, se planifica un seguimiento para conocer la supervivencia y la posibilidad de reposición de marras.

Con este seguimiento no solo se busca determinar la supervivencia en general sino se procura ver qué especies han tenido mayores capacidades de sobrevivir y si existe diferencia entre las distintas zonas de plantación, lo que nos puede dar información sobre qué especies son más apropiadas o si hay algún caso de que esa especie no es apta para ese terreno en concreto.

Se ha considerado que la mejor fecha para comprobar supervivencia es en diciembre ya que se puede registrar la supervivencia de individuos tras el verano.

Tras superar el primer verano las posibilidades de que la plantación se establezca es alta, pero es recomendable que al año siguiente se realice otro seguimiento e incluso se vayan eliminando los protectores. La retirada de tubos protectores se realizará de manera paulatina en función del tiempo que tarde cada planta en salir del tubo y crear un tallo lo suficientemente grueso y lignificado como para soportar el peso de la copa (Oliet *et al.*, 2003) y no ser atacada por el conejo.

Consideramos que un porcentaje de marras entre el 20 y el 30% sería un éxito de plantación. En el caso de superar este número, se dispondría a realizar una reposición de estas marras.

En enero de 2019, aprovechando el recuento de supervivencia, se retiraron los protectores de aquellas especies con crecimiento hemisférico ya que es negativo para el desarrollo de estas plantas, tal como que se comentó en un apartado anterior. Estos individuos se señalizan con dos tutores en cruz para evitar que sean desbrozados en los desbroces de mantenimiento.

## **4.2 Recuperación de la riqueza de especies en parcelas mediante tierra vegetal con banco de semillas**

### **4.2.1 Uso del banco de semillas edáfico**

La mayoría de las semillas viables de los ecosistemas mediterráneos se encuentran en los horizontes superficiales edáficos (Traba *et al.*, 2006). Con objeto de determinar si constituye un método apropiado de restauración ecológica, se han trasladado bloques del horizonte superficial edáfico desde diversas localidades, con su banco de semillas de pastos, hasta parcelas experimentales de PCI sin banco de semillas (Doncel, Marañón & García Novo, 1978; Marañón & Bartolomé, 1993).

### **Hidrosiembra VS uso del banco de semillas edáfico**

En algunas zonas de PCI se utilizó la opción de semillado directo mediante hidrosiembra. En los lugares más inaccesibles o de difícil establecimiento de la vegetación como en cárcavas, laderas muy compactadas, con mucha inclinación, o suelos con poca materia orgánica, se suelen utilizar hidrosiembras. Éstas, facilitan la incorporación progresiva de especies nativas, aumentan la materia orgánica del suelo y dificultan la erosión.

Aunque la hidrosiembra es una metodología interesante para tener en cuenta, existe la alternativa de utilizar horizontes superficiales edáficos procedentes de cultivos y pastos que contienen el banco de semillas local. Para ello, la opción más natural es la retirada y acopio de los horizontes superficiales del suelo (5-10 centímetros) antes de realizar movimientos de tierra. Los horizontes superficiales de cultivos y pastos que se encontraban previamente en PCI se han extendido en diversas zonas estériles, acelerando la sucesión vegetal, y constituyen, por tanto, un recurso de gran interés en restauración. La utilización de semillas de plantas nativas locales es recomendable no solo por motivos de establecimiento y supervivencia, sino por respeto a la integridad genética de las poblaciones (Belnap, 1994; Lippitt *et al.*, 1994; Bainbridge, 2007).

#### **4.2.2 Metodología**

En enero de 2017, cuando el tempero hizo fácil la operación, se extrajeron con una pala los horizontes superficiales del suelo (horizontes O y Ao) de cinco localidades diferentes (Macizo Cristalino Toledano, Facies Toledo, Borox, olivar-tomillar de

Illescas, y antiguo vertedero de Illescas). Se extrajeron tres parches de suelo y se seleccionó una parcela de referencia sin alterar por cada una de las localidades seleccionadas, y se anotaron sus coordenadas para realizar seguimiento de su evolución en el futuro. Cada parche o parcela tenía un volumen de  $200 \times 200 \times 5$  cm. Estas muestras se transportaron en sacos, y fueron extendidas en las parcelas experimentales del área de estudio, en las cuales se había retirado previamente un volumen de suelo equivalente. Tres parcelas control en PCI recibieron el mismo tratamiento, pero en ellas no se extendieron muestras de suelo. En total se obtuvieron 18 parcelas experimentales (tres réplicas de cada procedencia y tres controles) divididas en tres bloques, cuyas muestras se distribuyeron de forma aleatoria.

Seguimiento: En junio de 2017 se realiza el primer seguimiento de las parcelas experimentales y de recuperación. Se tomaron los datos de composición florística y de las coberturas mediante escala de Cobertura-Abundancia de Braun-Blanquet (Westhoff & van der Maarel, 1978). En mayo de 2018 se realizó un segundo seguimiento de las parcelas.

A continuación, se describen las características geológicas de las tres unidades de las cuales se han extraído los bloques de suelo. Los datos geológicos y climáticos correspondientes a las muestras recogidas en el olivar-tomillar de Illescas y en el antiguo vertedero de Illescas son los mismos que los correspondientes al área de estudio.

### **Meseta Cristalina de Toledo**

La *Meseta Cristalina* o *Macizo Cristalino de Toledo* es una unidad migmatítica compleja, de un alto grado de metamorfismo, que se originó durante la orogenia Varisca o Hercínica. Ha sido también denominada *Unidad Migmatítica* (Aparicio Yagüe, 1970, 1971), *Complejo Plutono-Migmatítico de Toledo*, y por último, *Complejo Anatéctico de Toledo* (CAT; Barbero, 1992). Estas denominaciones reflejan la asociación de rocas ígneas plutónicas con rocas migmatíticas. El Complejo Anatéctico de Toledo ha sido descrito como una composición de rocas metamórficas de alto grado, con augen-ortoneises, paraneises pelíticos y semipelíticos, leuconeises, anfibolitas, cuarcitas, conglomerados y mármoles con intrusiones de granitoides ligeramente anteriores o

simultáneos con la culminación del proceso metamórfico y, en menor grado, gabros sincrónicos (Barbero *et al.*, 1990; Barbero, 1992, 1995; Mediavilla, Pérez González & Rubio Pascual, 1999, 2001; de San José *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista biogeográfico, la flora, tipos de vegetación y tipos de hábitat de la Meseta Cristalina en el entorno de Toledo reciben influencias de la serie de vegetación mesomediterránea seca basófila manchega, así como de la serie de vegetación mesomediterránea seca silicícola luso-extremadurensis. La complejidad geológica de la Meseta Cristalina, del *Complejo Anatético de Toledo* (CAT; Barbero, 1992), con feldespatos alcalinos y alcalino-térreos, asociada a ombrotipos secos inferiores, facilitan procesos de carbonatación secundaria que elevan el pH de los suelos de modo que justifican la aparición de flora silici-basófila (Laorga, 1986) que imprime idiosincrasia a la vegetación de la Meseta Cristalina.

### **Facies Toledo**

La Facies Toledo se localiza en las rampas del río Tajo al norte de Toledo. Los materiales de la Unidad Intermedia e Inferior (Olmedo *et al.*, 2004; Calvo *et al.*, 1989; Alonso-Zarza *et al.*, 2004) se distribuyen según el esquema sedimentario de una cuenca continental endorreica, diferenciando de esta forma unas facies de borde formadas por terrígenos de la erosión de márgenes (en la zona Norte debido a materiales del Sistema Central), que a través de unas facies de tránsito (compuestas de sedimentos detríticos finos y de precipitación química), enlazan con depósitos lacustres evaporíticos o carbonáticos hacia el centro de la cuenca, dando lugar a suelos de pH básico.

En la Facies Toledo encontramos cómo los estratos predominantes, arcillas y limos con intercalaciones de arenas que dan lugar a un terreno formado por arenas, areniscas y microconglomerados arcósicos aragoneses con cantos dispersos o en hiladas de colores ocres o rojizos (IGME, 2001).

### **Borox**

Borox se encuentra dentro de la comarca de La Sagra baja, ubicada geológicamente en el sector centro-meridional de la cuenca de Madrid. El área de muestreo se encuentra ligada a la evolución de 4 colectores: Jarama, Tajuña, antiguo Manzanares y Tajo; que han dado lugar a dos tipos de formas: fluviales y kársticas. En las llanuras de inundación y en los fondos de valle aparecen gran cantidad de conos de deyección que se corresponden a abanicos aluviales. Además, las morfologías en forma de artesa o de

fondo plano son características de excavaciones en los valles de formaciones yesíferas compuestos por yesos secundarios y lutitas verdes, estos sedimentos (yesos secundarios grises o blancos) proceden del reemplazamiento de la glauberita y anhidrita y posiblemente, thenardita y halita (Ordoñez *et al.*, 1991; Sanz- Montero, 1996; Rubio *et al.*, 2010). En los fondos de valle, debido a la acumulación de sales encontramos vegetación halófila, conformando comunidades vegetales escasas, vulnerables y de interés para la biodiversidad europea, por lo que han sido incluidas en la “Directiva Hábitat”. Las muestras de suelo fueron tomadas en laderas sobre zonas de yesos y margas yesíferas.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1 Resultados y discusión de la supervivencia de las plántulas en la revegetación.**

El buen diseño de experimentos y seguimientos asegura que, aunque todo falle y la tasa de mortalidad sea alta, la experiencia servirá para aumentar el conocimiento en la materia (Bainbridge, 2007). En nuestro caso, se partía con la ventaja de que ya se había trabajado anteriormente en el área de estudio, así como en otras restauraciones similares por lo que se habían identificado los principales motivos de mortalidad.

En enero de 2019 se realiza un seguimiento de la plantación realizada a finales de 2017-principios de 2018 con el objetivo de observar la supervivencia de las especies en los distintos puntos de plantación. En las tablas 8-13 aparecen el total de marras de cada una de las especies por hábitat y zona. En las gráficas de las Figuras 10-15 se representa el porcentaje de supervivencia de cada especie por hábitat y zona.

El porcentaje de marras no superó el 30% en ninguno de los hábitats reproducidos por lo que la restauración se considera un éxito.

Tanto en las formaciones de albardín, espartal, retamar y tomillar los porcentajes de supervivencia fueron más del 80%, siendo el albardinar y el espartal las que mejor

establecimiento tienen. La formación del encinar ha sido la que menor porcentaje ha tenido, aun así, superó el 70%.

Esto puede ser debido a que el área de estudio se encuentra al límite pluviométrico de la serie del encinar, siendo el mayor factor limitante. El establecimiento de las especies de encinar en condiciones naturales se desarrolla a la sombra de vegetación existente anteriormente o de elementos inertes presentes en el entorno.

Por esto es de vital importancia la facilitación entre especies en las laderas o zonas donde se establece la encina y acompañantes.

Dentro de la composición del encinar, las especies que mayor porcentaje de mortalidad presentaron han sido *Quercus rotundifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Daphne gnidium* y *Rhamnus lycioides*, mientras que las que han tenido una mayor supervivencia son *Ephedra fragilis*, *Colutea hispanica*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, y *Thymus vulgaris*. Debido a la gran densidad de plantación en esas laderas se decidió no reponer marras.

En la formación del retamar, tal como ocurre en la anterior composición, *Rhamnus alaternus*, *Daphne gnidium* y *Rhamnus lycioides* son las que mayor mortalidad presentaron, mientras que el resto de las especies tuvieron una elevada supervivencia, destacando *Cistus albidus*, *Ephedra fragilis* y *Santolina chamaecyparissus*.

*Santolina chamaecyparissus* es la especie que mejor se estableció en el tomillar, mientras que *Iberis saxatilis* subsp. *cinerea* es la que más marras tuvo. Este taxón es también el que peor se establece tanto en el albardinar como en el espartal. Las especies principales, albardín y espartal, tienen una altísima supervivencia en sus respectivos tipos de hábitats.

Se puede observar por tanto que las formaciones que aparecen en una etapa más temprana de la sucesión tienen mayor supervivencia que los tipos de vegetación de las etapas más maduras.

Los albardines y espartales tuvieron una gran supervivencia. Este paso es muy positivo porque se origina una primera etapa a partir de la cual la sucesión natural se podrá ir desarrollando en un futuro.

En cuanto a las distintas zonas, se puede observar que el porcentaje de supervivencia es mayor en la rotonda que en la balsa y la zona estancial. Este dato puede darse por dos razones. La primera, que en la rotonda los agujeros se elaboraron con el toro con acople de ahoyadora, por lo que se pudo descompactar mejor la tierra y elaborar un agujero más profundo y ancho, lo que facilita el desarrollo de las raíces. Otra de las posibilidades es que en la zona donde se dispuso el encinar y parte del retamar en la rotonda existía una vaguada donde el agua permanece durante más tiempo. De este modo, la vegetación tiene a su disposición durante más tiempo el agua mientras que en las laderas se producía mayor escorrentía por la pendiente.

La zona con peor porcentaje es la zona estancial. Este hecho puede ser debido a que el lugar presentaba la mayor compactación y no se pudo acceder con el toro. Aunque se pensaba que, en las balsas, debido a su pendiente, se daría peor resultado por la escorrentía, la presencia de la malla de coco ha podido ser diferencial a la hora de la supervivencia.

Los zarzales de *Rubus ulmifolius* tienen un 63% de supervivencia. Se puso una gran densidad de esta especie. No se quiere conseguir una orla continua de zarzales alrededor de la laguna por lo que no es necesaria su reposición.

La orla de *Atriplex halimus* también tiene una supervivencia muy alta, en torno a 70% por ciento. El juncal churrero presenta casi un 97% de supervivencia.

Estos buenos resultados pueden deberse, entre otras causas, a la apropiada elección de especies, a la apropiada instalación topográfica de las especies, a la buena calidad de la planta, a la plantación en otoño, lo que permite que el rocío mantenga los suelos húmedos independientemente de la presencia/ausencia de lluvias, y a que la primavera fue lluviosa y el verano suave.

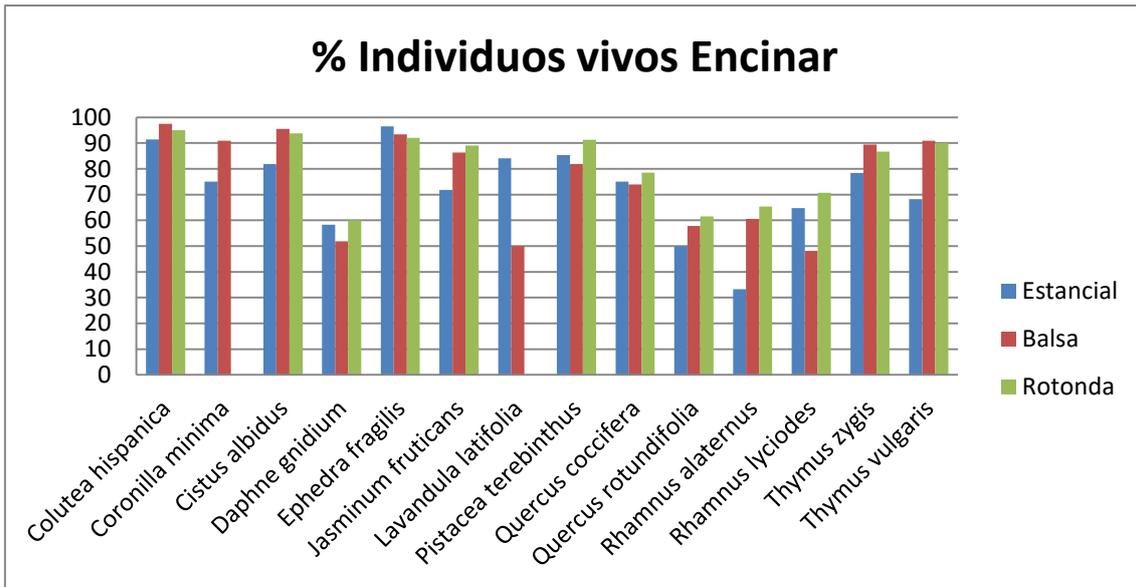


Figura 10. Porcentaje de supervivencia en Encinar por zonas

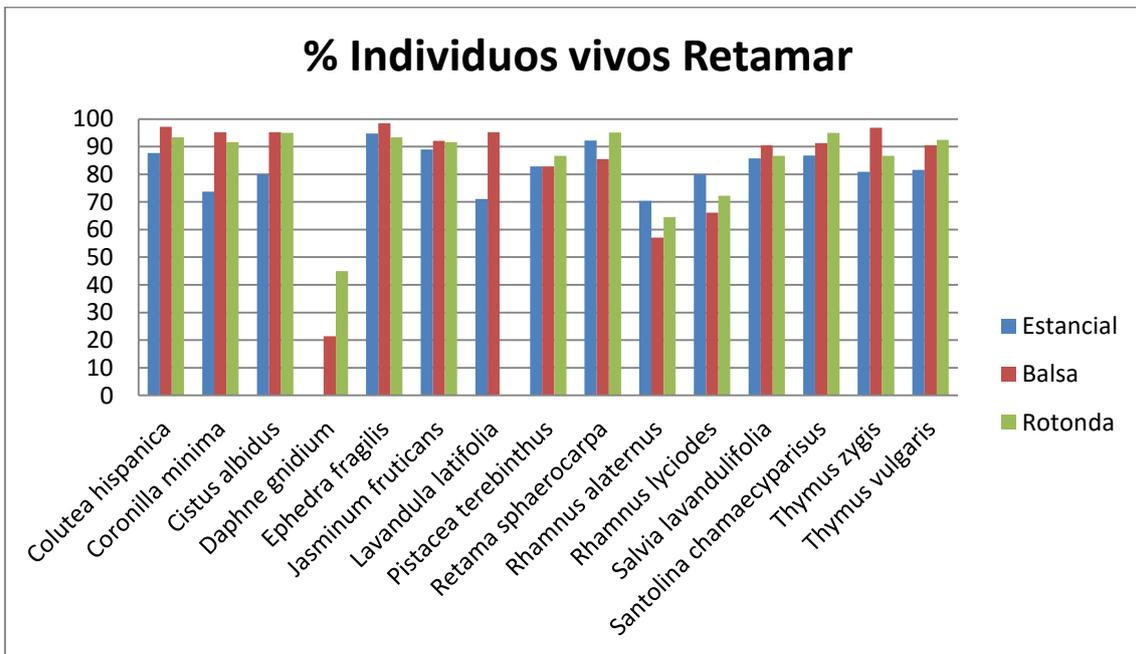


Figura 11. Porcentaje de supervivencia en Retamar por zonas.

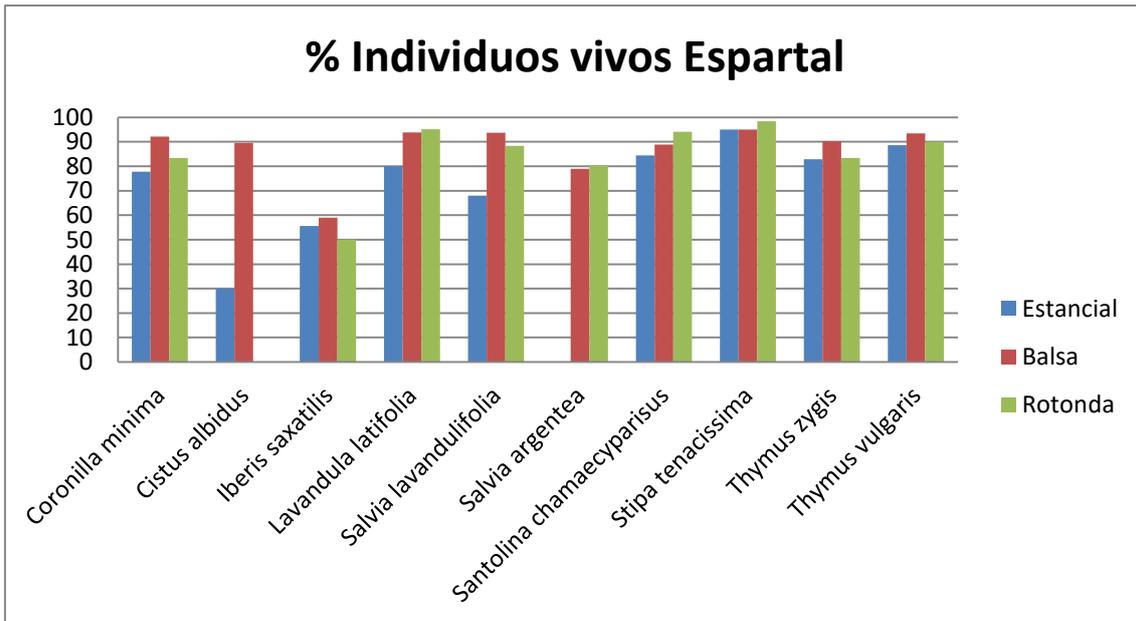


Figura 12. Porcentaje de supervivencia en Espartal por zonas.

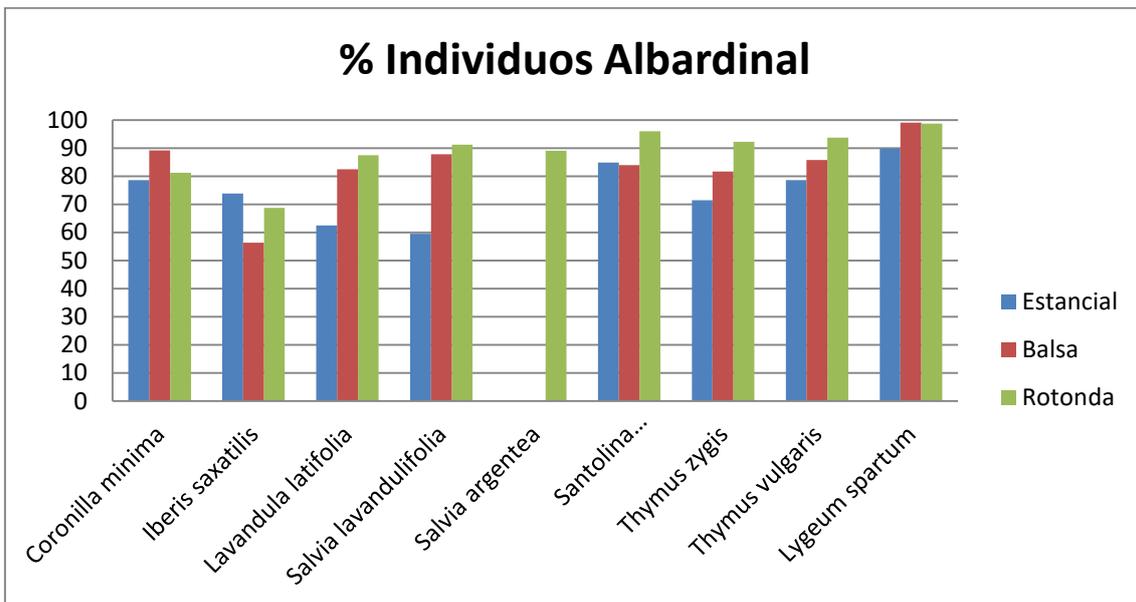
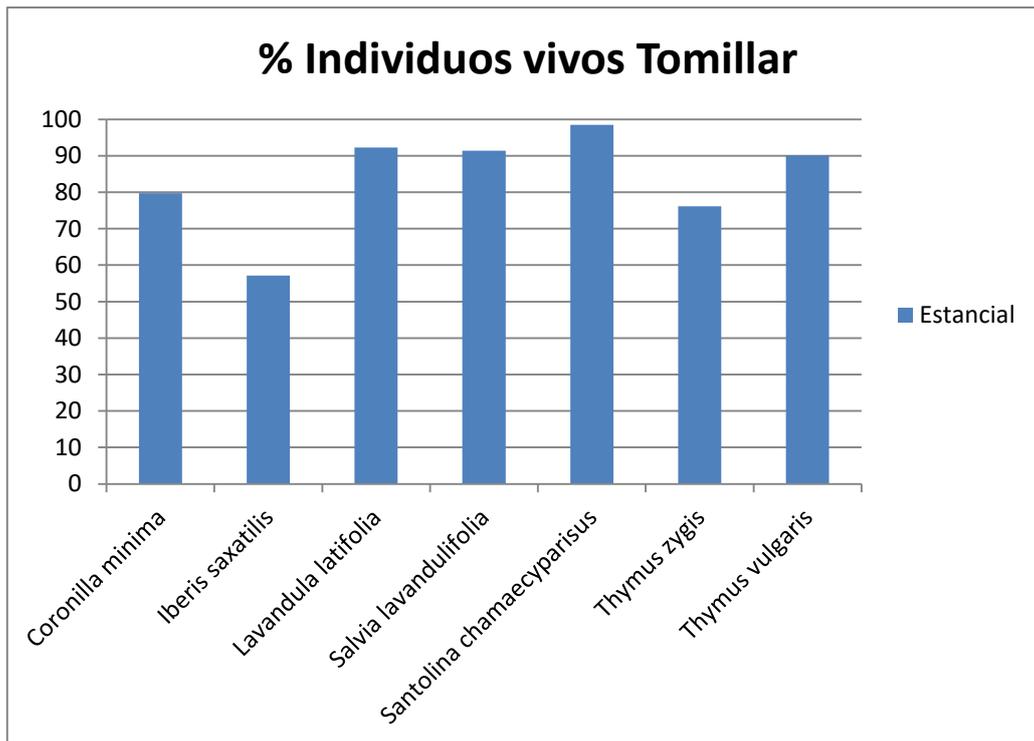
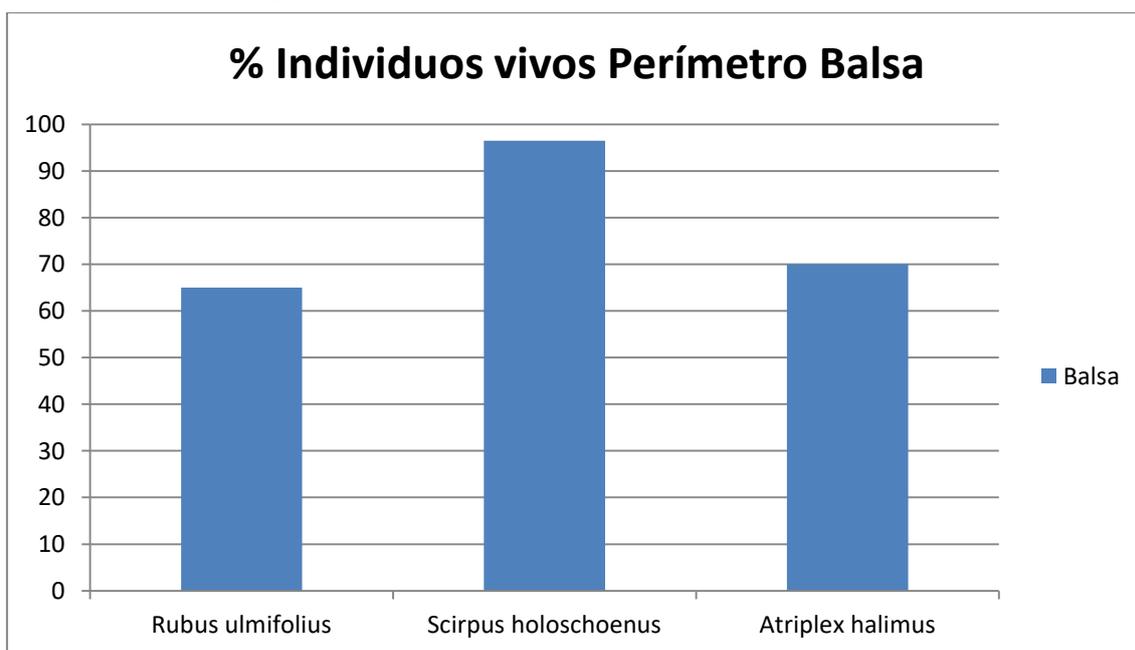


Figura 13. Porcentaje de supervivencia en Albardinar por zonas.



**Figura 14.** Porcentaje de supervivencia en Tomillar, zona Estancial.



**Figura 15.** Porcentaje de supervivencia en Perímetro Balsa.

## **5. 2 Resultados y discusión de la germinación de especies del banco de semillas.**

Para obtener parámetros completos de la diversidad de especies en un hábitat, es recomendable cuantificar el número de especies y su representatividad. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad (Moreno, 2001).

Tras realizar los muestreos de las parcelas, se obtuvieron 29 inventarios (En Anexos, Tablas 14,15,16,17,18 y 19). Durante el último año, una de las parcelas experimentales del Olivar-Tomillar fue encontrada destruida, mientras que en las tres parcelas de recuperación del vertedero se urbanizó el lugar donde se encontraban, por lo que estos inventarios no se pudieron recuperar. En los inventarios se incluye la cobertura vegetal de cada parcela y la riqueza de especies. En las figuras 16 y 17 se pueden además ver las comparaciones de cobertura y riqueza de especies obtenidos en el inventario del 2017. En 2017 los resultados de cobertura y riqueza fueron bajos. Los resultados obtenidos en 2018 nos dan una mejor información de la capacidad de respuesta del banco de semillas de las diferentes procedencias.

Las parcelas experimentales en general tienen muy buenas coberturas, superando 80% en tres de las distintas procedencias, mientras que las de recuperación, aun siendo mucho más alta que las del año anterior, son un poco menores (dos de las procedencias no superan el 50% de media). En el primer año, la cobertura y riqueza de especies fue mayor en las parcelas de recuperación que en las experimentales. Esta tendencia se invierte en el segundo año.

Aun existiendo una fuente semillera adyacente a las parcelas de recuperación, se retiró la primera capa de suelo, por lo que el reclutamiento de especies es menor al haber desaparecido el banco de semillas en el horizonte superficial del suelo. El banco de semillas que ha sido trasladado ha tardado más de año en expresarse, las lluvias de primavera de la primera temporada tras la siembra (2017) no fueron suficientes y hubo que esperar a la siguiente temporada para observar una mejor respuesta. La recolonización o rebrote en las parcelas de recuperación es más lenta que la

germinación o rebrote en el banco de semillas que ha sido trasladado en un periodo de dos años.

La mayor riqueza de especies y cobertura, tanto en las parcelas experimentales como en las parcelas de recuperación, se encuentra en Ecoparque, mientras que la menor se produce en Facies Toledo y Borox. La menor recuperación en las parcelas de Facies Toledo y Borox es debido probablemente a factores climáticos reflejados en un ombroclima cercano al semiárido.

Las parcelas experimentales del vertedero son las que mayor cobertura y riqueza de especies presentan. Como era previsto, los controles son las que menos tienen, seguido por las parcelas de Borox. También puede ser debido a factores climáticos, el banco de semillas en Borox puede ser menos productivo y con una marcada vecería debido a la escasez e irregularidad de las precipitaciones.

En cuanto al valor absoluto de especies por procedencia, el Ecoparque es el que mayor número de especies presenta, seguido por el Olivar-Tomillar aún con una parcela experimental menos. En el resto de las parcelas, el número de especies es similar, sin contar los controles, en los que sólo aparecen una media de 9 especies.

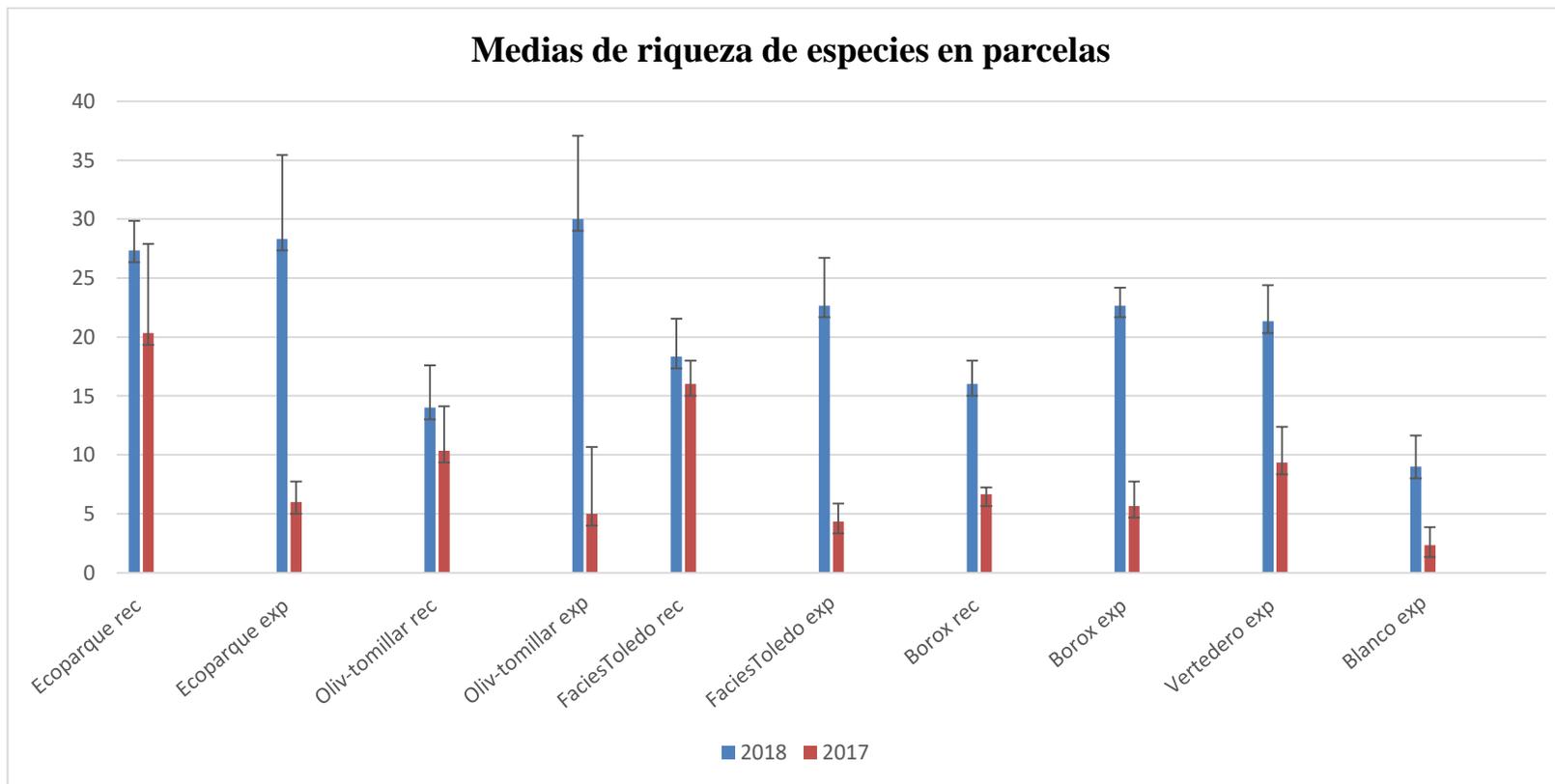
Con respecto a la composición florística, se observa que las especies que aparecen en mayor número de parcelas experimentales son *Bromus rubens*, *Carduus pycnocephalus*, *Crepis capillaris*, *Leontodon longirostris*, *Melilotus officinalis*, *Neatostema apulum*, *Plantago lagopus* y *Salsola kali*. Algunas de estas especies se expresan más (*Melilotus officinalis*, *Salsola kali*) al ser primocolonizadores que se encuentran en fuentes semilleras dentro de PCI.

Por otra parte, en las parcelas de recuperación aparecen especies como *Filago pyramidata*, *Bromus rubens*, *Helianthemum ledifolium*, *Leontodon longirostris*, plantas de pastos menos ruderales. Estas parcelas no están rodeadas de vegetación ruderal y arvense.

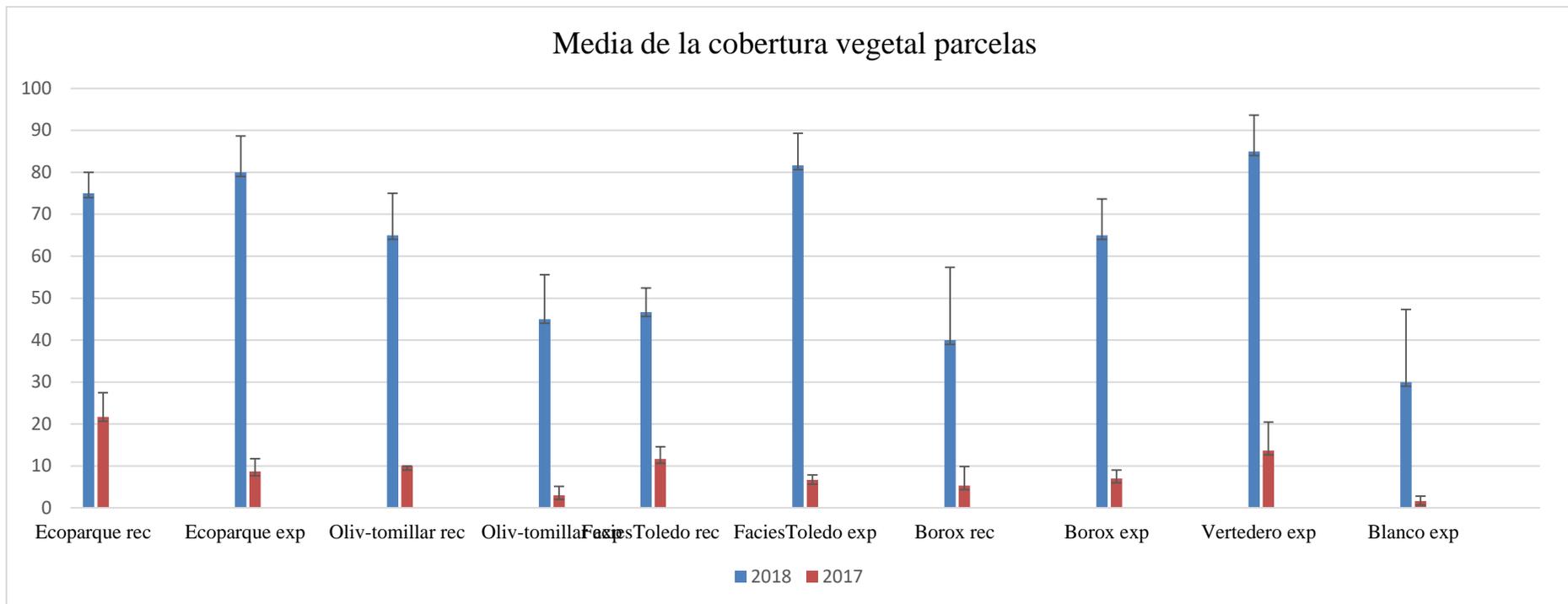
En las parcelas experimentales se establecen especies propias de pastos más avanzados debido al traslado del banco de semillas, sin embargo, la perturbación generada por el experimento y la cercanía de especies primocolonizadoras (abundantes en PCI), parece generar la aparición de algunas de estas especies citadas (*Melilotus officinalis*, *Salsola kali*) en las parcelas experimentales.

En ecoparque, sólo 7 especies que aparecen en la parcela de referencia no tienen presencia en las parcelas experimentales, esto ocurre con 9 especies en el tomillar olivar, con 12 especies en Facies Toledo, con 7 especies en Borox y con 1 especie en el

vertedero. Sin embargo, muchas de estas especies sí han aparecido en las parcelas de recuperación. Se trata en muchos casos de caméfitos y hemicriptófitos que probablemente permanecieron en el suelo durante la extracción y no se han desarrollado en las parcelas experimentales, bien por falta de semillas o por el tiempo reducido del experimento (ej. *Phlomis lychnitis*, *Thapsia villosa*, *Teucrium pseudochamaeipytis*). Otras, son especies de pequeños terófitos con muy escasa cobertura y poco abundantes (*Cerastium brachypetalum*, *Centranthus calcitrapae*, *Galium parisiense*). Es interesante destacar que sólo una especie de la parcela de referencia del vertedero no estaba presente en las experimentales, siendo esta procedencia la que presentaba pastos con menos caméfitos y hemicriptófitos. Las especies que tienen grandes presencias sí que aparecen luego en las experimentales.



**Figura 16.** Media de riqueza de especies por parcela en 2017 y 2018 y error estándar. Rec hace referencia a las parcelas de recuperación y exp a las parcelas experimentales.



**Figura 17.** Cobertura vegetal por parcela en 2017 y 2018.

## 6. CONCLUSIÓN

Numerosos estudios demuestran que este tipo de proyectos consiguen recrear funciones ecosistémicas importantes: incremento de la biodiversidad, provisión de polinizadores, regulación de flujos de materia y energía, ciclado de nutrientes, termorregulación, etc. (Oberndorfer *et al.*, 2007).

En general, se puede concluir que la plantación ha resultado bastante exitosa. La supervivencia vegetal por parte de las plántulas de especies autóctonas ha sido, en general, muy alta. En total, sobrevivieron 20.529 plantas, lo que conlleva 83,74% del total de los individuos que fueron plantados. Con la restauración de la vegetación, se ha conseguido el establecimiento de 24 especies leñosas, conformando 5 hábitats principales que se encontraban ausentes o con poca presencia en el área de estudio y alrededores. Además, se ha conseguido una orla de *Rubus ulmifolius* y *Atriplex halimus* en la zona perimetral de la balsa y una zona de juncal en aquellas zonas de la balsa con inundaciones esporádicas. Aunque en la mayoría de las especies los porcentajes de supervivencia son buenos, destacan *Scirpoides holoschoenus*, *Ephedra fragilis*, *Colutea hispanica*, *Lygeum spartum* y *Stipa tenacissima*, mientras que *Quercus rotundifolia*, *Rhamnus alaternus* ssp. *munyozgarmendiae*, *Daphne gnidium*, *Rhamnus lycioides* ssp. *lycioides* e *Iberis saxatilis* ssp. *cinerea* son los táxones que más marras presentan. En estas zonas de plantación las tareas de gestión y mantenimiento son bastante reducidas, debiendo transformarse en seguimientos del crecimiento, reproducción y evolución de las poblaciones.

Sin negar el gran impacto que genera la actividad industrial, tras la restauración de las zonas verdes se ha ayudado a incrementar la biodiversidad y servicios ecosistémicos, teniendo además en cuenta que esos terrenos antes de su urbanización eran campos de cultivo, algunos de ellos ya abandonados.

Entre los factores que pueden haber sido más decisivos para el éxito de la plantación podemos destacar: la apropiada elección de especies, a la apropiada instalación topográfica de las especies, a la buena calidad de la planta, a la plantación en otoño, lo que permite que el rocío mantenga los suelos húmedos independientemente de la presencia/ausencia de lluvias, y a que la primavera fue lluviosa y el verano relativamente suave.

Otro beneficio promovido por el proyecto es la generación de conectividad entre los parches de vegetación dentro de la zona periurbana y con los campos de cultivo adyacentes. Los diversos tipos de hábitats formados servirán como refugio de fauna. Se ha acelerado la sucesión ecológica. La restauración ecológica es una forma óptima de concienciar y sensibilizar a las personas sobre la importancia de la conservación del medio ambiente. Estas acciones mejoran la percepción de la población local e involucran la participación de las empresas y sus trabajadores; la administración regional, nacional y europea; centros de investigación; estudiantes de todos los niveles, desde preescolar hasta universitarios de grado, postgrado y doctorado, así como alumnos en prácticas; grupos ambientalistas; con la posibilidad de realizar jornadas de educación ambiental para personas de todas las edades.

Por lo tanto, este proyecto puede probar que el desarrollo económico y la actividad industrial y empresarial pueden ser compatibles con la conservación y promoción de la biodiversidad y existir una integración medioambiental.

Con la técnica de los usos de bloques de suelo como bancos de semilla se han muestreado en las diferentes parcelas experimentales establecidas en la PCI un total de 97 especies herbáceas y 1 especie leñosa. Se consigue, por tanto, un aumento de la riqueza florística y un establecimiento con una cobertura cercana al 90% de pastos de plantas anuales autóctonas. Este proceso por tanto es una alternativa más económica y eficiente a la hidrosiembra, siempre que se tenga una zona de donde extraer suelo con bancos de semillas. En PCI se realizaron grandes movimientos de tierra, por lo que siempre se hacen acopios del horizonte superficial edáfico, y no se mezcla con los estériles, para aprovechar los bancos de semillas. A gran escala solo se debe de realizar cuando los pastos originales van a ser alterados de todas formas y esa tierra vegetal se puede aprovechar para ser extendida en sitios sin fuente semillera.

A menor escala también se pueden realizar extracciones de tierra vegetal con el objetivo de crear islas de biodiversidad, con un tamaño de parcela de 10x10 m, que posteriormente se extenderán por el resto del terreno. Como se ha podido observar en los resultados, las parcelas de recuperación, siempre que estén adyacentes a zonas con fuentes de semillas, recuperan con celeridad la cobertura y la riqueza florística.

En cuanto a las especies, se puede concluir que, al trasladar los bancos de semillas, la composición florística de los pastos que se crean es similar a la de origen. Sin embargo,

parece que los hemicriptófitos y pequeños terófitos de los claros de las fases intermedias y tardosucesionales responden peor al traslado, no apareciendo en la mayoría de las parcelas experimentales, mientras que la perturbación parece favorecer la aparición de táxones ruderales y arvenses (*Salsola kali*, *Melilotus officinalis*) que son abundantes en PCI. Todo indica que las parcelas de recuperación en zonas con ombroclimas más secos y cercanos al semiárido se recuperan más lentamente debido a la escasez e irregularidad de las precipitaciones. De la misma manera, estas procedencias tienen en general menos cobertura y riqueza de especies debido a un menor reclutamiento del banco de semillas probablemente debido a las condiciones climáticas menos favorables.

## **Aspectos a tener en cuenta en otras restauraciones**

Concienciación y sensibilización. El área de estudio empieza a tener un carácter social importante, con presencia de personas haciendo deporte, caminando, disfrutando de la naturaleza. Este aspecto es muy positivo, aunque en algunos casos puede suponer un problema debido a actos de vandalismo, como por ejemplo, robar o dañar plantas, retirar protectores, arrojar papeles, colillas, plásticos y basura de diversa naturaleza. Es necesario concienciar y sensibilizar a las personas acerca de la importancia de la vegetación natural y de las consecuencias positivas que tiene su recuperación.

Matorralización y desbroces. La matorralización consiste en un proceso de sucesión natural por el cual las especies de matorral sustituyen a los pastos. Este proceso puede acelerarse mediante la plantación de especies de matorral, o puede evitarse mediante la introducción de herbívoros naturales o domésticos. También puede emularse el efecto de los herbívoros mediante desbroce. El punto de equilibrio entre las manchas de matorral y pastos constituye una decisión que ha de tomar el gestor, por lo que el desbroce es una de las tareas más comunes de mantenimiento. En los ecotonos entre matorral y pastos es necesario señalar las matas leñosas y las macollas de herbáceas perennes tipo esparto y albardín, para evitar su desbroce. Además, es recomendable capacitar al operario desbrozador para discriminarlas.

Observación in situ.

Es muy recomendable que el personal que ejecuta las plantaciones tenga una formación apropiada para distinguir las diferentes especies, formaciones vegetales y sus respectivas ubicaciones topográficas. El personal con una buena formación es capaz de tomar decisiones de ejecución adecuadas cuando se presentan dificultades no previstas, como por ejemplo suelos demasiado compactados, reubicación de manchas de vegetación por encharcamiento imprevisto

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

- Alonso-Zarza AM, Calvo JP, Silva P, Torres T. 2004. Cuenca del Tajo. En: Vera JA (ed.). *Geología de España*. SGE-IGME, pp. 556-561.
- Aparicio Yagüe A. 1970. Nota previa sobre la geología del macizo cristalino de Toledo. *Estudios Geológicos* 26(3): 281-283.
- Aparicio Yagüe A. 1971. Estudio geológico del macizo cristalino de Toledo. *Estudios Geológicos* 27: 369-414.
- Bainbridge DA, Franson R, Williams AC, Lippitt L. 1995. *A Beginner's Guide to Desert Restoration*. Denver Service Center, National Park Service, United States Department of the interior.
- Bainbridge DA. 2007. *A Guide for Desert and Dryland Restoration. New Hope for Arid Lands*. Society for Ecological Restoration International. Island Press.
- Barbero L, Villaseca C, Andonaegui P. 1990. On the origin of the gabbro-tonalite-monzogranite association from Toledo area (Hercynian Iberian belt). *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.* 70: 209-221.
- Barbero L. 1992. Plutonismo sin-orogénico en un área granulítica hercínica: El Complejo Anactético de Toledo. Tesis Doctoral U.C.M.
- Belnap J. 1995. Genetic integrity: Why do we care? In: Roundy BA, McArthur ED, Haley JS, Mann DK, comps. Pp. 265-266. *Proceedings: wildland shrub and arid land restoration symposium*; 1993 October 19-21; Las Vegas, NV. Gen. Tech. Rep. INT-GTR-315. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station.

- Berger JE, Durpaz C. 2000. Effect of ventilation on growth of *Prunus avium* seedlings in tree shelters. *Agricultural and Forest Meteorology* 104(3): 199-214.
- Cairns J Jr. 1988. *Rehabilitating Damaged Ecosystems*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Calvo JP, Ordóñez S, García del Cura MA, Hoyos M, Alonso Zarza AM, Sanz Montero ME, Rodríguez Aranda JP. 1989. Sedimentología de los complejos lacustres miocenos de la Cuenca de Madrid. *Acta Geol. Hisp.* 24: 281-298.
- Castiella T, Martínez L. 2004. *Guía de jardinería sostenible*. Ayuntamiento de Barcelona.
- Celesti-Grapow L, Pysek P, Jarosík V, Blasi C. 2006. Determinants of native and alien species richness in the urban flora of Rome. *Diversity and Distributions* 12: 490–501.
- Charco J., Fernández-González F., García Río R., Mateo G. & Valdés Franzi A. 2008. Árboles y arbustos autóctonos de Castilla-La Mancha. Centro de Investigaciones Ambientales del Mediterráneo (CIAMED), Ciudad Real.
- Cirujano S. & Medina L. 2002. Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha - Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Collinge SK. 2009. *Ecology of Fragmented Landscapes*. JHU Press, Baltimore, MD, USA.
- Connop S, Vandergert P, Eisenberg B, Collier MJ, Nash C, Clough J, Newport D. 2016. Renaturing cities using a regionally-focused biodiversity-led multifunctional benefits approach to urban green infrastructure. *Environ. Sci. Policy* 62: 1-13.
- Cress JJ, Sayre R, Comer P & Warner H. 2009. *Terrestrial Ecosystems—Isobioclimates of the conterminous United States: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Map 3084, scale 1:5,000,000, 1 sheet*.
- de San José M.A., Merten R., Perejón A., Moreno-Eiris E. & Menéndez S. 2011. *Geología y paisaje de los Montes de Toledo centro-orientales. Guía de la excursión*. XIX Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural – Universidad de Castilla-La Mancha, 51 pp.
- Del Río San José J, Reque Kilchenmann J, Martínez de Azagra Paredes A. 2016. Viabilidad económica de los microrriegos en repoblaciones. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 42: 75-90.
- Doncel JL, Marañón T, García Novo F. 1978. *El muestreo de bloques: un nuevo método para el estudio de pastizales*. Diputación de Badajoz.

- European Commission. 2012. The Multifunctionality of Green Infrastructure. Science for Environmental Policy in-Depth Report. European Commission/DG Environment, Brussels.
- European Commission. 2015. Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on Nature-Based Solutions and ReNaturing Cities.
- Fernández-González F., Pérez Badia R., Bouso V., Crespo G., Rodríguez Rojo M.P., Rodríguez Torres A., Rojo J. & Sardinero S. 2012. Síntesis de la vegetación de la provincia de Toledo. In: Fernández-González F. & Pérez Badia R. (Eds.) Avances en el conocimiento de la vegetación. XXIII Jornadas Internacionales de Fitosociología: 97-160. Ed. Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca.
- Fujiwara K, Hayashi H, Miyawaki A. 1993. Restoration of natural environment by creation of environmental protection forest in urban areas. Growth and development of environmental protection forests on the Yokohama National University Campus. Second Report. *Bull. Inst. Environ. Sci. Technol., Yokohama Natn. Univ.* 19: 51-60.
- García Moreno J, González González I, Nuevo Corisco MA, Piñango Muñoz Ch, Rubí Blanc M, Tejero Encinas L. 2007. Criterios para una jardinería sostenible en la ciudad de Madrid. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Servicios, Madrid.
- García Sánchez R. 2015. *Catálogo florístico del polígono industrial La Veredilla, Illescas (Toledo)*. Trabajo Fin de Carrera. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Guirado J, Mendoza R. 2000. La regeneración del medio forestal almeriense. En: *Desertificación en Almería*, pp.101-110, Grupo Ecologista Mediterráneo, Almería, España.
- IGME. 2001. *Mapa Geológico de España. Hoja 629*. Documento provisional. Toledo.
- Isabel JM. 2016. *Plan de Restauración Ecológica y Promoción de la Biodiversidad en Plataforma Central Iberum*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Jordan III WR. 2011. *Making Nature Whole: A History of Ecological Restoration*. Washington, DC. Island Press.
- Kjelgren R, Rupp L. 1997. Establishment in tree shelters I: shelters reduce growth, water use, and hardiness, but not drought avoidance. *HortScience* 32(7): 1281-1283.
- Kowarik I. 1995. On the role of alien species in urban flora and vegetation. In: Pyšek P, Prach K, Rejmánek M, Wade M. (eds.): *Plant invasions: general aspects and special problems*, pp. 85-103. SPB Academic Publishing, Amsterdam.

- Kühn I, Klotz S. 2006. Urbanization and homogenization - Comparing the floras of urban and rural areas in Germany. *Biological Conservation* 127: 292-300.
- Laorga S. 1986. *Estudio de la flora y la vegetación de las comarcas toledanas de la cuenca central del Tajo*. Tesis doct., Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid.
- Leimu R, Vergeer P, Angeloni F, Ouborg NJ. 2010. Habitat fragmentation, climate change, and inbreeding in plants. *Ann NY Acad Sci* 1195: 84–98.
- Lippitt L, Fidelibus M, Bainbridge DA. 1994. Native seed collection, processing and storage. *Restoration Ecology* 2(2): 120-131.
- Marañón T, Bartolomé JW. 1993. Reciprocal transplants of herbaceous communities between *Quercus agrifolia* woodland and adjacent grassland. *Journal of Ecology*: 81: 673-682.
- Martín Herrero J., Cirujano S., Moreno M., Peris J.B. & Stübing G. 2003. La vegetación protegida en Castilla-La Mancha. JCCM, Toledo.
- Martínez PA. 2015. Diseño de áreas verdes con criterios ecológicos. *Ci(ur), Cuadernos de investigación urbanística* 101: 1-76.
- Mckinney M, Lockwood J. 1999. Biotic Homogenization: A Few Winners Replacing Many Losers in the Next Mass Extinction. *Trends in Ecology & Evolution*. 14: 450-453.
- Mediavilla R., Pérez González A. & Rubio Pascual F. J. 1999. *Mapa geológico de la Hoja nº 629 (Toledo)*. MAGNA 50. Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000. Instituto Geológico y Minero de España.
- Mediavilla R., Pérez González A. & Rubio Pascual F. J. 2001. *Memoria provisional de la hoja 629 (Toledo)*. Mapa Geológico de España E. 1:50.000 (MAGNA).
- Miyawaki A. 1992. Restoration of Evergreen Broad-leaved Forests in the Pacific Region. In: Wali MK (ed.). *Ecosystem Rehabilitation*. 2. Ecosystem Analysis and synthesis. SPB Academic Publishing, The Hague.
- Miyawaki A. 1998. Restoration of urban green environments based on the theories of vegetation ecology. *Ecological Engineering* 11: 157–165.
- Miyawaki A. 1999. Restoration of urban green environments based on the theories of vegetation ecology. *Plant Biotechnology* 16(1): 15-25(1999).
- Miyawaki A. 2004. Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice. *Ecological Research* 19: 83–90.

- Miyawaki A, Fujiwara K. 1988. Restoration of natural environment by creation of environmental protection forest in urban areas. Growth and development of environmental protection forests on the Yokohama National University Campus. *Bull. Inst. Environ. Sci. Technol., Yokohama Natn. Univ.* 15: 95-102.
- Miyawaki A, Golley FB. 1993. Forest reconstruction as ecological engineering. *Ecological Engineering* 2: 333-345.
- Mola I, Sopeña A, de Torre R (eds.). 2018. *Guía Práctica de Restauración Ecológica*. Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 77 pp.
- Molina JA. 1996. Sobre la vegetación de los humedales de la Península Ibérica (I. Phragmiti-Magnocaricetea). *Lazaroa* 16: 27-88.
- Moreno CE. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1: 84 pp. Zaragoza.
- Navarro RM, Oliet J, Contreras O. 2001. El uso de tubos protectores con cuatro especies forestales en Andalucía occidental: estudio microclimático. 3er. Congreso Forestal Nacional, Granada. Tomo 3: 839-845.
- Navarro RM, Palacios Pereira G. 2004. Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 17: 199-204.
- Oberndorfer E, Lundholm J, Bass B, Coffman RR, Doshi H, Dunnett N, Gaffin S, Köhler M, Liu KKY, Rowe B. 2007. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience* 57(10): 823-833.
- Oliet J, Navarro R, Contreras O. 2003. *Evaluación de la aplicación de mejoradores y tubos en repoblaciones forestales*. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. 234 pp.
- Olmedo FL, Díaz de Neira A, Martín Serrano A, Calvo JP, Morales J, Peláez-Campomanes P. 2004. Unidades estratigráficas en el registro sedimentario neógeno del sector occidental de la Cuenca de Madrid. *Rev Soc Geol España* 17: 87-101.
- Ordóñez S, Calvo JP, García del Cura MA, Alonso-Zarza AM, Hoyos M. 1991. Sedimentology of sodium sulphate deposits and species clays from the Tertiary Madrid Basin (Spain). *Spec Publ Int Ass Sediment* 13: 39-55.
- Peinado Lorca M, Martínez Parras JM, Monje Arenas L. 2008. *El paisaje vegetal de Castilla La-Mancha*. 612 pp. Ed. 4º Centenario.
- Pizarro JM. 1995. Contribución al estudio taxonómico de *Ranunculus* L. subgen. *Batrachium* (DC.) A. Gray (*Ranunculaceae*). *Lazaroa* 15: 21-113.

- Prach K, Pysek P. 2001. Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe. *Ecological engineering* 17: 52-62.
- Raymond CM, Frantzeskaki N, Kabisch N, Berryd P, Breil M, Nita MR, Geneletti D, Calfapietra C. 2017. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science and Policy* 77: 15–24.
- Rey Benayas JM, Gómez Crespo J, Mesa Fraile AV. 2016. *Guía para la plantación de setos e islotes forestales en campos agrícolas mediterráneos*. Fundación Internacional para la restauración de ecosistemas. Madrid. España.
- Rivas-Martínez & coautores. 2007. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. Memoria del mapa de vegetación potencial de España. Parte I. *Itinera Geobotanica* 17: 5-436.
- Rivas-Martínez & coautores. 2011a. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. Memoria del mapa de vegetación potencial de España. Parte II. *Itinera Geobotanica* 18(1): 5-424.
- Rivas-Martínez & coautores. 2011b. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. Memoria del mapa de vegetación potencial de España. Parte II. *Itinera Geobotanica* 18(2): 425-800.
- Robinson N. 2004. *The planting design handbook*. Hants: Ashgate Publishing Limited.
- Rodríguez-Echeverría S & Pérez-Fernández M.A. 2003. Soil fertility and herb facilitation mediated by *Retama sphaerocarpa*. *Journal of Vegetation Science* 14: 807-814.
- Royo A, Gil L, Pardos JA. 2000. Efecto de la fecha de plantación sobre la supervivencia y el crecimiento del pino carrasco. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 10: 57-62.
- Rubio FJ, Mediavilla R, Portero J, Sanz ME, Rodríguez A, Galán LA, Vivar V, Baltuille JM. 2010. *Mapa Geológico de España Escala 1:50.000. Hoja 605. Aranjuez*. Instituto Geológico Minero.
- Ruiz R. & Serrano C. 2009. La Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha. JCCM, Toledo.
- Sardinero S, Garro MC, de la Fuente J, Fernández-González F, Gegúndez P, Guzmán T, Púa F. 2014. *Hoja de ruta para la restauración ecológica de una cantera*: 1-14. CONAMA 2014.
- Sanz-Montero ME. 1996. *Sedimentología de las formaciones neógenas del Sur de la Cuenca de Madrid*. Ed. CEDEX. Serie Monografías 52: 1-245 pp.

- Schwartz MW, Thorne JH., Viers JH. 2006. Biotic Homogenization of the California Flora in Urban and Urbanizing Regions. *Biological Conservation* 127: 282-291.
- SER, Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Tilman D. 1988. *Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities*. Monographs in Population Biology 26: 376 pp. Princeton University Press.
- Traba J, Azcárate FM, Peco B. 2006. The fate of seeds in Mediterranean soil seed banks in relation to their traits. *J Veg Sci* 17: 5-10.
- Vaudour J. 1969. Données nouvelles et hypothèses sur le Quaternaire de la région de Madrid. *Mediterranéé. Études et Travaux* 8: 79-92.
- Villar-Salvador P. 2003. Importancia de la calidad de la planta en los proyectos de revegetación. En: Rey-Benayas JM, Espigares Pinilla T & Nicolau Ibarra JM (eds.). *Restauración de Ecosistemas en Ambientes Mediterráneos*: 65-86. Universidad de Alcalá, Asociación Española de Ecología Terrestre.
- VV. AA. 2009. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Walker LR, Walker J, Hobbs RJ (eds.). 2007. *Linking restoration and ecological succession*. 190 pp. Springer.
- Westhoff V, van der Maarel E. 1978. The Braun-Blanquet Approach. In: Whittaker RH (ed.). *Classification of Plant Communities*, 2<sup>nd</sup> ed. Pp: 287-297. Junk, The Hague.

### **Sitios web consultados**

ANTHOS, Sistema de Información sobre plantas de España:

[www.anthos.es](http://www.anthos.es)

Climate-Data.org:

<https://es.climate-data.org/>

European Commission, Environment, Nature and Biodiversity, EU Business & Biodiversity Platform:

[http://ec.europa.eu/environment/biodiversity/business/index\\_en.htm?fbclid=IwAR0YsmPELDyUTy1RhVqVejb8iV\\_luVtaw1Y0hKdgNHHSW0Z6GVhuvUzM6fI](http://ec.europa.eu/environment/biodiversity/business/index_en.htm?fbclid=IwAR0YsmPELDyUTy1RhVqVejb8iV_luVtaw1Y0hKdgNHHSW0Z6GVhuvUzM6fI)

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura:

<http://www.fao.org>

*Flora Iberica:*

<http://www.floraiberica.es/>

GBIF.es, Nodo Nacional de Información en Biodiversidad:

[www.gbif.es](http://www.gbif.es)

GlobalBioclimatics:

<http://www.globalbioclimatics.org>

Instituto Geológico y Minero:

<http://www.igme.es>

Instituto Nacional de Estadística:

<http://www.ine.es>

Inventarios nacionales de patrimonio natural y biodiversidad, especies amenazadas, cartografía forestal y Red Natura 2000:

<http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/default.aspx>

IUCN Red List of Threatened Species, International Union for Conservation of Nature Red List:

<https://www.iucnredlist.org/>

Plataforma Central Iberum:

<http://www.plataformacentraliberum.com>

Red de Áreas Protegidas de Castilla-La Mancha:

[http://pagina.jccm.es/medioambiente/espacios\\_naturales/indexrapcm.htm](http://pagina.jccm.es/medioambiente/espacios_naturales/indexrapcm.htm)

Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha:

[http://pagina.jccm.es/medioambiente/espacios\\_naturales/natura2000.htm](http://pagina.jccm.es/medioambiente/espacios_naturales/natura2000.htm)

Red de vías pecuarias de Castilla-La Mancha:

<http://www.castillalamancha.es/gobierno/agrimedambydesrur/estructura/dgapfyen/ac tuaciones/v%C3%ADas-pecuarias>

SIVIM, Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica:

[www.sivim.info/sivi](http://www.sivim.info/sivi)

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza:

<https://www.iucn.org>

Viveros alborada:

<https://www.viverosalborada.com>

## 8. ANEXOS

Tabla 6. Unidades de cada tipo de vegetación introducidas en cada zona.

Zona/Hábitats	Encinar	Retamar	Espartal	Albardinar	Tomillar	Total/Zona
Balsa	22	21	19	37	0	99
Zona estancial	22	38	5	7	14	86
Rotonda	10	10	6	16	0	42
Total Grupos	54	69	30	60	14	227

Tabla 7. Número de individuos introducidos por especie.

Especie		
Nombre común	Nombre científico	Número
Orzaga	<i>Atriplex halimus</i>	900
Espantalobos	<i>Colutea hispanica</i>	874
Coronilla del Rey	<i>Coronilla minima</i>	600
Jara blanca	<i>Cistus albidus</i>	953
Torvisco	<i>Daphne gnidium</i>	332
Hierba de las Coyunturas	<i>Ephedra fragilis</i>	981
Carraspique	<i>Iberis saxatilis</i>	739
Jazmín	<i>Jasminum fruticans</i>	958
Lavanda	<i>Lavandula latifolia</i>	964
Cornicabra	<i>Pistacia terebinthus</i>	797
Coscoja	<i>Quercus coccifera</i>	595
Encina	<i>Quercus rotundifolia</i>	630
Retama	<i>Retama sphaerocarpa</i>	3120
Aladierno	<i>Rhamnus alaternus</i>	1112
Espino negro	<i>Rhamnus lycioides</i>	1290
Salvia	<i>Salvia lavandulifolia</i>	1063
Salvia blanca	<i>Salvia argentea</i>	226
Abrótano	<i>Santolina chamaecyparissus</i>	1598
Esparto	<i>Stipa tenacissima</i>	1120
Tomillo aceitunero	<i>Thymus zygis</i>	1188
Tomillo salsero	<i>Thymus vulgaris</i>	1012
Albardín	<i>Lygeum spartum</i>	2953
Zarza	<i>Rubus ulmifolius</i>	275
Junco churrero	<i>Scirpus holoschoenus</i>	235
	<b>Total</b>	<b>24513</b>

**Tabla 8.** Supervivencia de las especies de Encinar en las distintas zonas.

Hábitat/Zona	Encinar/Estancial			Encinar/Balsa			Encinar/Rotonda		
	Especies	Total plantadas	Marras	%marras	Total plantadas	Marras	% marras	Total plantadas	Marras
<i>Colutea hispanica</i>	198	17	8,6	242	6	2,5	100	5	5
<i>Coronilla minima</i>	44	11	25	22	2	9,1	0	0	0
<i>Cistus albidus</i>	154	28	18,2	132	6	4,5	80	5	6,2
<i>Daphne gnidium</i>	132	55	41,7	110	53	48,2	30	12	40
<i>Ephedra fragilis</i>	286	10	3,5	198	13	6,6	50	4	8
<i>Jasminum fruticans</i>	220	62	28,2	198	27	13,7	100	11	11
<i>Lavandula latifolia</i>	44	7	15,9	22	11	50	0	0	0
<i>Pistacia terebinthus</i>	198	29	14,6	176	32	18,2	80	7	8,8
<i>Quercus coccifera</i>	176	44	25	242	63	26	130	28	21,6
<i>Quercus rotundifolia</i>	198	99	50	242	102	42,1	130	50	38,5
<i>Rhamnus alaternus</i>	264	176	66,7	286	113	39,5	150	52	34,7
<i>Rhamnus lycioides</i>	264	93	35,2	330	171	51,8	150	44	29,3
<i>Thymus zygis</i>	88	19	21,6	66	7	10,7	30	4	13,3
<i>Thymus vulgaris</i>	44	14	31,8	44	4	9,1	40	4	10
<b>TOTAL</b>	<b>2310</b>	<b>664</b>	<b>28,7</b>	<b>2310</b>	<b>610</b>	<b>26,4</b>	<b>1070</b>	<b>226</b>	<b>21,1</b>

**Tabla 9.** Supervivencia de las especies de Retamar en las distintas zonas.

Hábitat/Zona Plantación	Retamar/Estancial			Retamar/Balsa			Retamar/Rotonda		
	Especies	Total plantadas	Marras	%marras	Total plantadas	Marras	%marras	Total plantadas	Marras
<i>Colutea hispanica</i>	114	14	12,3	105	3	2,9	60	4	6,67
<i>Coronilla minima</i>	38	10	26,3	42	2	4,8	60	5	8,3
<i>Cistus albidus</i>	304	61	20,1	126	6	4,8	80	4	5
<i>Daphne gnidium</i>	0	0	0	42	33	78,6	20	11	55
<i>Ephedra fragilis</i>	266	14	5,3	126	2	1,6	60	4	6,7
<i>Jasminum fruticans</i>	228	25	10,9	126	10	7,9	60	5	8,3
<i>Lavandula latifolia</i>	38	11	28,9	21	1	4,8	0	0	0
<i>Pistacia terebinthus</i>	152	26	17,1	105	18	17,1	60	8	13,3
<i>Retama sphaerocarpa</i>	1900	148	7,8	882	128	14,5	330	16	4,8
<i>Rhamnus alaternus</i>	152	45	29,6	126	54	42,9	90	32	35,6
<i>Rhamnus lycioides</i>	190	38	20	189	64	33,9	90	25	27,8
<i>Salvia lavandulifolia</i>	190	27	14,2	42	4	9,5	30	4	13,3
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	38	5	13,2	126	11	8,8	60	3	5
<i>Thymus zygis</i>	152	29	19,1	63	2	3,2	30	4	13,3
<i>Thymus vulgaris</i>	38	7	18,4	21	2	9,5	40	3	7,5
<b>TOTAL</b>	<b>3800</b>	<b>460</b>	<b>12,1</b>	<b>2142</b>	<b>340</b>	<b>15,9</b>	<b>1070</b>	<b>128</b>	<b>11,9</b>

**Tabla 10.** Supervivencia de las especies de Espartal en las distintas zonas.

Hábitat/Zona Plantación	Espartal/Estancial			Espartal/Balsa			Espartal/Rotonda		
Especies	Total plantadas	Marras	%marras	Total plantadas	Marras	%marras	Total plantadas	Marras	% marras
<i>Coronilla minima</i>	45	10	22,2	76	6	7,9	30	5	16,6
<i>Cistus albidus</i>	10	7	70	19	2	10,5	0	0	0
<i>Iberis saxatilis</i>	45	20	44,4	95	39	41,0	12	6	50
<i>Lavandula latifolia</i>	35	7	20	228	14	6,1	102	5	4,9
<i>Salvia lavandulifolia</i>	50	16	32	95	6	6,3	60	7	11,7
<i>Salvia argentea</i>	0	0	0	247	52	21	102	20	19,6
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	45	7	15,6	342	38	11,1	102	6	5,9
<i>Stipa tenacissima</i>	200	10	5	665	33	4,5	180	3	1,7
<i>Thymus zygis</i>	35	6	17,1	133	13	9,8	30	5	16,7
<i>Thymus vulgaris</i>	35	4	11,4	76	5	6,6	30	3	10
<b>TOTAL</b>	<b>500</b>	<b>87</b>	<b>17,4</b>	<b>1976</b>	<b>208</b>	<b>10,5</b>	<b>648</b>	<b>60</b>	<b>9,3</b>

**Tabla 11.** Supervivencia de las especies de Albardinar en las distintas zonas.

Hábitat/Zona Plantación	Albardinal/Estancial			Albardinal/Balsa			Albardinal/Rotonda		
Especies	Total plantadas	Marras	%marras	Total plantadas	Marras	%marras	Total plantadas	Marras	%marras
<i>Coronilla minima</i>	14	3	21,4	74	8	10,8	16	3	18,8
<i>Iberis saxatilis</i>	42	11	26,2	222	97	43,7	160	50	31,2
<i>Lavandula latifolia</i>	56	21	37,5	222	39	17,6	96	12	12,5
<i>Salvia lavandulifolia</i>	42	17	40,5	222	27	12,2	240	21	8,8
<i>Salvia argentea</i>	0	0	0	0	0	0	320	35	10,9
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	119	18	15,1	629	101	16,1	272	11	4,0
<i>Thymus zygis</i>	35	10	28,6	185	34	18,4	128	10	7,8
<i>Thymus vulgaris</i>	28	6	21,4	148	21	14,2	80	5	6,2
<i>Lygeum spartum</i>	364	37	10,2	1998	19	0,9	560	7	1,2
<b>TOTAL</b>	<b>700</b>	<b>123</b>	<b>17,6</b>	<b>3700</b>	<b>346</b>	<b>9,3</b>	<b>1872</b>	<b>154</b>	<b>8,2</b>

**Tabla 12.** Supervivencia de las especies de Tomillar en la Zona Estancial.

Hábitat/Zona Plantación	Tomillar/Estancial		
Especies	Total plantadas	Marras	%marras
<i>Coronilla minima</i>	84	17	20,2
<i>Iberis saxatilis</i>	140	60	42,9
<i>Lavandula latifolia</i>	168	13	7,7
<i>Salvia lavandulifolia</i>	210	18	8,6
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	196	3	1,5
<i>Thymus zygis</i>	252	60	23,8
<i>Thymus vulgaris</i>	364	36	9,9
<b>TOTAL</b>	<b>1414</b>	<b>207</b>	<b>14,6</b>

**Tabla 13.** Supervivencia de las especies en la zona perímetro balsa.

Zona Plantación	Balsa		
Especies	Total plantadas	Marras	%marras
<i>Rubus ulmifolius</i>	275	96	35
<i>Scirpoides holoschoenus</i>	235	8	3,5
<i>Atriplex halimus</i>	900	270	30

**Tabla 14.** Tabla sintaxonómica de la procedencia Ecoparque, parcelas de referencia, recuperación y experimentales.

ECOPARQUE							
Especies	Ref eco	Rec 1	Rec 2	Rec 3	Exp 1	Exp 2	Exp 3
<b>Cobertura total</b>	100%	75%	70%	80 %	75%	90%	75%
<i>Bromus rubens</i>	3	+	+	2	-	1	1
<i>Bromus tectorum</i>	3	+	+	+	-	-	+
<i>Leontodon longirostris</i>	3	+	3	+	1	+	2
<i>Musgo</i>	3	1	3	3	-	-	-
<i>Teucrium pseudo-chamaepitys</i>	3	-	-	-	-	-	-
<i>Rostraria cristata</i>	2	-	+	-	2	2	-
<i>Vulpia ciliata</i>	2	+	+	+	-	+	-
<i>Carlina corymbosa ssp.hispanica</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Centranthus calcitrapae</i>	+	-	-	+	-	-	-
<i>Cerastium brachypetalum ssp. brachypetalum</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Echinaria capitata</i>	+	-	-	-	-	-	+
<i>Erodium cicutarium</i>	+	-	-	-	+	+	1
<i>Euphorbia exigua</i>	+	+	-	+	-	-	+
<i>Geranium molle</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Helianthemum salicifolium</i>	+	1	+	+	+	-	+
<i>Plantago afra</i>	+	1	+	+	+	-	1
<i>Retama sphaerocarpa</i>	+	1	1	1	+	-	1
<i>Sanguisorba verrucosa</i>	+	1	-	+	+	-	+
<i>teucrium gnaphalodes</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Valerianella coronata</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Ajuga chamaepitys</i>	-	+	1	+	1	2	-
<i>Anagalis arvensis</i>	-	+	+	+	+	+	1
<i>Andryala ragusina</i>	-	-	-	+	-	-	-
<i>Anthemis arvensis</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Arenaria leptoclados</i>	-	-	-	-	-	+	+
<i>Asteriscus aquaticus</i>	-	+	-	+	-	1	-
<i>Atractylis cancellata</i>	-	-	+	-	-	-	-

<i>Bromus squarrosus</i>	-	-	-	+	-	-	+
<i>Campanula erinus</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Carduus pycnocephalus</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Carlina hispanica</i>	-	-	-	1	-	-	-
<i>Centaurea melitensis</i>	-	1	1	+	1	-	1
<i>Coronilla scorpioides</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Crepis capillaris</i>	-	-	-	-	-	1	-
<i>Crucianella patula</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Desmazeria rigida</i>	-	-	-	-	+	+	+
<i>Diplotaxis virgata</i>	-	+	-	+	+	-	-
<i>Echium plantagineum</i>	-	-	-	-	+	+	-
<i>Euphorbia falcata</i>	-	+	-	-	-	-	1
<i>Euphorbia falcata ssp. falcata</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Euphorbia sp</i>	-	+	-	-	-	-	-
<i>Filago pyramidata</i>	-	+	-	+	-	+	+
<i>Galium parisiense</i>	-	-	-	-	-	+	+
<i>Helianthemum ledifolium</i>	-	+	1	+	+	+	+
<i>Hippocrepis ciliata</i>	-	+	-	-	-	+	+
<i>Hypochaeris glabra</i>	-	-	+	1	-	-	-
<i>Lactuca sp</i>	-	-	-	-	-	+	1
<i>Limonium echiooides</i>	-	+	+	-	-	-	+
<i>Linaria spartea</i>	-	-	-	+	-	-	-
<i>Linum strictum</i>	-	-	+	-	1	+	-
<i>Medicago minima</i>	-	-	-	-	-	+	2
<i>Melilotus officinalis</i>	-	-	-	-	+	1	+
<i>Neotostema apulum</i>	-	-	+	+	+	+	+
<i>Ononis biflora</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Ononis natrix</i>	-	-	1	+	-	-	-
<i>Plantago lagopus</i>	-	-	-	-	-	+	+
<i>Polygonum arenarium</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Reseda phyteuma</i>	-	-	+	-	+	-	+
<i>Salsola kali</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Scabiosa galianoi</i>	-	-	+	-	-	-	+
<i>Silybum marianum</i>	-	-	-	-	-	-	1
<i>Sonchus oleraceus</i>	-	-	-	-	+	-	+
<i>Spergularia purpurea</i>	-	+	-	+	-	-	-
<i>Stipa parviflora</i>	-	-	-	+	-	-	-
<i>Stipa tenacissima</i>	-	-	-	+	-	-	-
<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Teucrium chamaepitys</i>	-	-	+	1	+	-	+
<i>Torilis sp</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Trifolium tomentosum</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Vulpia myuros</i>	-	+	+	+	-	-	-

**Tabla 15.** Tabla sintaxonómica de la procedencia Olivar-Tomillar: parcelas de referencia, recuperación y experimentales.

<b>OLIVAR-TOMILLAR</b>						
<b>Especies</b>	<b>Ref olivar</b>	<b>Rec 1</b>	<b>Rec 2</b>	<b>Rec 3</b>	<b>Exp 1</b>	<b>Exp 2</b>
<b>Cobertura total</b>	100%	55%	70%	65%	60%	75%
<i>Bromus rubens</i>	3	2	1	+	-	2
<i>Musgo</i>	3	-	-	-	-	-
<i>Plantago lagopus</i>	3	-	-	3	+	-
<i>Astragalus hamosus</i>	1	-	-	-	1	2
<i>Atractylis cancellata</i>	1	+	+	-	+	1
<i>Bromus hordeaceus</i>	1	-	-	-	-	-
<i>Diplotaxis virgata</i>	1	+	-	-	-	-
<i>Helianthemum ledifolium</i>	1	1	+	-	-	-
<i>Helianthemum salicifolium</i>	1	1	+	1	-	-
<i>Hippocrepis ciliata</i>	1	-	-	-	+	-
<i>Leontodon longirostris</i>	1	+	+	-	1	2

<i>Linum strictum</i>	1	+	1	1	+	+
<i>Medicago minima</i>	1	-	-	-	-	-
<i>Neotostema apulum</i>	1	2	1	-	+	1
<i>Rostraria cristata</i>	1	-	-	-	1	-
<i>Alyssum granatense</i>	+	+	-	-	-	1
<i>Carlina corymbosa</i> ssp. <i>hispanica</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Thapsia dissecta</i>	+	-	1	-	-	-
<i>Thymus zygis</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Anagalis arvensis</i>	-	1	-	+	+	2
<i>Anthemis arvensis</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Aegilops geniculata</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Arenaria leptoclados</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Asteriscus aquaticus</i>	-	+	+	-	-	1
<i>Astragalus stella</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Avena sterilis</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Avena barbata</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Bromus tectorum</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Bromus</i> sp.	-	-	-	-	-	1
<i>Bombycilaena discolor</i>	-	+	-	-	-	+
<i>Campanula erinus</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Calendula arvensis</i>	-	-	-	-	-	1
<i>Centaurea melitensis</i>	-	1	1	1	-	1
<i>Crepis capillaris</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Desmazeria rigida</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Dittrichia viscosa</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Erodium cicutarium</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Eryngium campestre</i>	-	-	-	1	-	-
<i>Filago pyramidata</i>	-	+	+	-	-	+
<i>Galium parisiense</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Heliotropium europaeum</i>	-	-	-	-	1	-
<i>Herniaria cinerea</i>	-	-	-	-	1	1
<i>Hordeum leporinum</i>	-	-	-	-	-	1
<i>Medicago polymorpha</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Melilotus officinalis</i>	-	-	-	-	1	+
<i>Papaver rhoeas</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Parapholis incurva</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Parentucellia latifolia</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Plantago afra</i>	-	1	1	-	+	1
<i>Plantago albicans</i>	-	3	4	-	-	+
<i>Portulaca oleracea</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Reseda phyteuma</i>	-	+	-	-	-	1
<i>Salsola kali</i>	-	-	-	-	+	1
<i>Silene colorata</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Silene</i> sp.	-	-	-	-	-	+
<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Velezia rigida</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Vulpia ciliata</i>	-	-	-	-	-	+

**Tabla 16.** Tabla sintaxonómica de la procedencia Facies Toledo: parcelas de referencia, recuperación y experimentales.

FACIES TOLEDO							
Especies	Ref_facies	Rec_1	Rec_2	Rec_3	Exp_1	Exp_2	Exp_3
<b>Cobertura total</b>	100%	50%	40%	50%	90%	80%	75%
<i>Phlomis lychnitis</i>	3	-	-	2	-	-	-
<i>Thapsia villosa</i>	3	-	+	3	-	-	-
<i>Bromus rubens</i>	2	-	+	-	2	2	-
<i>Bromus tectorum</i>	2	-	-	-	-	+	-
<i>Musgo</i>	2	-	-	-	-	-	-
<i>Vulpia myuros</i>	2	-	-	-	+	1	+
<i>Andryala ragusina</i>	+	2	2	+	1	1	2

<i>Arenaria leptoclados</i>	+	-	-	-	-	+	-
<i>Centranthus calcitrapae</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Cerastium brachypetalum</i> ssp. <i>brachypetalum</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Diplotaxis virgata</i>	+	1	+	+	-	-	-
<i>Erodium cicutarium</i>	+	-	-	-	+	-	-
<i>Euphorbia exigua</i>	+	+	+	-	-	-	-
<i>Galium parisiense</i>	+	-	+	-	-	-	-
<i>Helianthemum salicifolium</i>	+	+	-	-	-	-	+
<i>Hypochaeris glabra</i>	+	-	-	-	-	-	+
<i>Leontodon longirostris</i>	+	1	+	+	+	-	1
<i>Liquenes</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Plantago afra</i>	+	-	+	-	+	-	-
<i>Platycapnos spicata</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Poa bulbosa</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Sedum andegavense</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Spergularia purpurea</i>	+	1	+	2	2	1	1
<i>Stipa tenacissima</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Vulpia ciliata</i>	+	-	-	+	+	1	-
<i>Anagalis arvensis</i>	-	+	-	-	-	-	-
<i>Anthemis arvensis</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Asteriscus aquaticus</i>	-	-	+	-	+	-	-
<i>Astragalus hamosus</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Asparagus acutifolius</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Asterolinon linum-stellatum</i>	-	-	-	+	-	-	-
<i>Bromus hordeaceus</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Bromus squarrosus</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Campanula erinus</i>	-	+	+	-	-	-	-
<i>Carduus pycnocephalus</i>	-	-	-	-	+	-	1
<i>Carlina hispanica</i>	-	1	-	-	-	-	-
<i>Centaurea melitensis</i>	-	1	+	1	1	1	-
<i>Crepis capillaris</i>	-	-	-	+	+	3	2
<i>Echium plantagineum</i>	-	-	-	-	+	-	-
<i>Filago pyramidata</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Helianthemum ledifolium</i>	-	+	+	+	+	+	+
<i>Helianthemum aegyptiacum</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Herniaria cinerea</i>	-	+	1	-	+	+	+
<i>Hirschfeldia incana</i>	-	-	-	-	+	-	-
<i>Linum strictum</i>	-	-	-	+	-	-	-
<i>Limonium echioides</i>	-	-	+	-	+	-	-
<i>Linaria simplex</i>	-	-	-	+	-	-	-
<i>Medicago polymorpha</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Mantisalca salmantica</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Melilotus officinalis</i>	-	-	-	-	1	+	+
<i>Neatostema apulum</i>	-	+	+	-	+	1	+
<i>Papaver somniferum</i>	-	+	-	-	-	-	-
<i>Parapholis incurva</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Plantago lagopus</i>	-	+	-	-	-	1	-
<i>Pistorinia hispanica</i>	-	-	-	+	-	-	-
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	-	-	-	-	+	+	-
<i>Retama sphaerocarpa</i>	-	+	-	+	-	+	-
<i>Salsola kali</i>	-	-	-	-	+	+	+
<i>Rumex angiocarpus</i>	-	-	+	1	-	-	-
<i>Scandix australis</i>	-	+	+	-	-	-	-
<i>Silybum marianum</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Sonchus oleraceus</i>	-	-	-	-	-	-	1
<i>Trifolium</i> sp	-	-	-	-	2	+	-
<i>Trifolium tomentosum</i>	-	-	-	-	+	-	-
<i>Trifolium arvense</i>	-	-	-	-	-	-	1

**Tabla 17.** Tabla sintaxonómica de la procedencia Borox: parcelas de referencia, recuperación y experimentales.

BOROX							
Especies	Ref_borox	Rec_1	Rec_2	Rec_3	Exp_1	Exp_2	Exp_3
<b>Cobertura total</b>	100%	30 %	60%	30 %	75%	60 %	60%
<i>Musgo</i>	3	-	-	-	-	-	-
<i>Bromus rubens</i>	2	1	+	+	3	1	1
<i>Plantago lagopus</i>	2	+	+	+	1	2	1
<i>Centaurea melitensis</i>	1	-	-	-	-	-	-
<i>Helianthemum ledifolium</i>	1	+	+	+	-	1	-
<i>Helianthemum salicifolium</i>	1	-	+	-	-	+	-
<i>Thapsia villosa</i>	1	1	-	1	-	-	-
<i>Vulpia ciliata</i>	1	-	-	-	+	-	-
<i>Arenaria leptoclados</i>	+	-	-	-	+	1	-
<i>Bromus squarrosus</i>	+	-	-	-	1	-	+
<i>Desmazeria rigida</i>	+	-	-	-	+	+	-
<i>Euphorbia exigua</i>	+	+	+	+	+	-	-
<i>Galium parisiense</i>	+	-	+	-	+	1	-
<i>Hordeum leporinum</i>	+	-	-	+	-	-	-
<i>Leontodon longirostris</i>	+	+	+	+	-	1	-
<i>Linaria amethystea</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Linum strictum</i>	+	+	3	2	-	2	1
<i>Omphalodes linifolia</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Rostraria cristata</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Vulpia myuros</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Vulpia unilateralis</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Anagalis arvensis</i>	-	-	-	-	+	-	1
<i>Alyssum granatense</i>	-	-	-	-	-	-	1
<i>Androsace maxima</i>	-	-	-	+	-	-	+
<i>Astragalus stella</i>	-	-	-	+	-	+	-
<i>Carduus pycnocephalus</i>	-	-	-	-	1	+	1
<i>Carlina hispanica</i>	-	+	+	+	-	1	1
<i>Centranthus calcitrapae</i>	-	-	+	+	-	-	+
<i>Costra líquénica</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Crepis capillaris</i>	-	-	-	-	1	+	+
<i>Diplotaxis virgata</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Echium plantagineum</i>	-	-	-	-	1	-	-
<i>Euphorbia falcata</i>	-	-	+	-	-	-	+
<i>Euphorbia stricta</i>	-	-	-	-	+	-	-
<i>Filago pyramidata</i>	-	+	+	+	+	-	-
<i>Fumaria officinalis</i>	-	-	-	-	+	-	-
<i>Geranium molle</i>	-	+	+	+	-	-	-
<i>Heliotropium europaeum</i>	-	+	-	-	-	-	-
<i>Herniaria cinerea</i>	-	+	-	+	-	+	+
<i>Hirschfeldia incana</i>	-	-	-	-	+	-	-
<i>Lactuca sp.</i>	-	-	-	-	+	-	+
<i>Linaria simplex</i>	-	-	+	-	-	+	1
<i>Mantisalca salmantica</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Melilotus officinalis</i>	-	-	-	-	+	1	+
<i>Neatostema apulum</i>	-	+	+	+	1	+	+
<i>Parapholis incurva</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Reseda phyteuma</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Retama sphaerocarpa</i>	-	-	-	-	+	+	+
<i>Salsola kali</i>	-	-	-	-	+	-	+
<i>Silybum marianum</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Sisymbrium cavanillesianum</i>	-	+	-	-	1	-	+
<i>Sonchus oleraceus</i>	-	-	-	-	-	1	+
<i>Trigonella sp</i>	-	-	-	-	+	-	+
<i>Velezia rigida</i>	-	-	-	-	-	1	-

**Tabla 18.** Tabla sintaxonómica de la procedencia Vertedero: parcelas de referencia, recuperación y experimentales.

<b>VERTEDERO</b>				
<b>Especies</b>	<b>Ref.vertedero</b>	<b>Exp_1</b>	<b>Exp_2</b>	<b>Exp_3</b>
<b>Cobertura total</b>	100%	90 %	75%	90%
<i>Bromus hordeaceus</i>	3	+	-	+
<i>Bromus rubens</i>	3	1	+	-
<i>Leontodon longirostris</i>	2	+	-	1
<i>Plantago lagopus</i>	2	3	1	4
<i>Trifolium tomentosum</i>	2	3	2	2
<i>Astragalus hamosus</i>	1	2	-	-
<i>Rostraria cristata</i>	1	2	2	2
<i>Carthamus lanatus</i>	+	-	-	-
<i>Anagalis arvensis</i>	-	-	+	-
<i>Anagalis sincurva</i>	-	+	-	-
<i>Anthemis arvensis</i>	-	-	+	-
<i>Astragalus stella</i>	-	-	+	+
<i>Avena sterilis</i>	-	-	+	-
<i>Bromus squarrosus</i>	-	+	-	-
<i>Carduus pycnocephalus</i>	-	+	+	+
<i>Centaurea melitensis</i>	-	1	1	-
<i>Crepis capillaris</i>	-	1	-	1
<i>Diploaxis virgata</i>	-	-	-	+
<i>Erodium cicutarium</i>	-	-	+	-
<i>Echium plantagineum</i>	-	1	+	1
<i>Filago pyramidata</i>	-	+	-	-
<i>Galium parisiense</i>	-	-	-	+
<i>Hedypnois sp</i>	-	+	-	-
<i>Herniaria cinerea</i>	-	1	1	1
<i>Hordeum leporinum</i>	-	-	+	+
<i>Hirschfeldia incana</i>	-	-	+	-
<i>Malva parviflora</i>	-	+	1	1
<i>Melilotus officinalis</i>	-	-	-	+
<i>Melilotus sp</i>	-	+	2	-
<i>Micropyrum sp</i>	-	-	+	-
<i>Papaver rhoeas</i>	-	+	-	-
<i>Salsola kali</i>	-	-	+	-
<i>Silene colorata</i>	-	+	-	-
<i>Silybum marianum</i>	-	-	+	+
<i>Sisymbrium irio</i>	-	-	-	+
<i>Sonchus oleraceus</i>	-	-	1	-
<i>Trifolium sp</i>	-	+	+	-
<i>Trigonella sp</i>	-	1	+	+
<i>Vulpia myuros</i>	-	-	+	-

**Tabla 19.** Tabla sintaxonómica de las parcelas experimentales de control.

CONTROL			
Especies	Exp 1	Exp 2	Exp 3
<b>Cobertura total</b>	20%	20%	50%
<i>Salsola kali</i>	1	2	-
<i>Centaurea melitensis</i>	-	1	-
<i>Ditrichia graveolens</i>	-	1	-
<i>Erodium cicutarium</i>	+	1	-
<i>Melilotus officinalis</i>	1	1	+
<i>Diploaxis virgata</i>	-	+	-
<i>Leontodon longirostris</i>	+	+	-
<i>Silybum marianum</i>	+	+	+
<i>Anagalis arvensis</i>	+	-	-
<i>Avena sterilis</i>	+	-	-
<i>Bromus rubens</i>	-	-	+
<i>Carduus pycnocephalus</i>	+	-	+
<i>Convolvulus arvensis</i>	1	-	-
<i>Crepis capillaris</i>	-	-	+
<i>Ditrichia viscosa</i>	+	-	-
<i>Plantago lagopus</i>	-	-	+
<i>Polygonum aviculare</i>	+	-	-
<i>Silene colorata</i>	-	-	-
<i>Sonchus oleraceus</i>	+	-	-
<i>Spergularia purpurea</i>	-	-	+

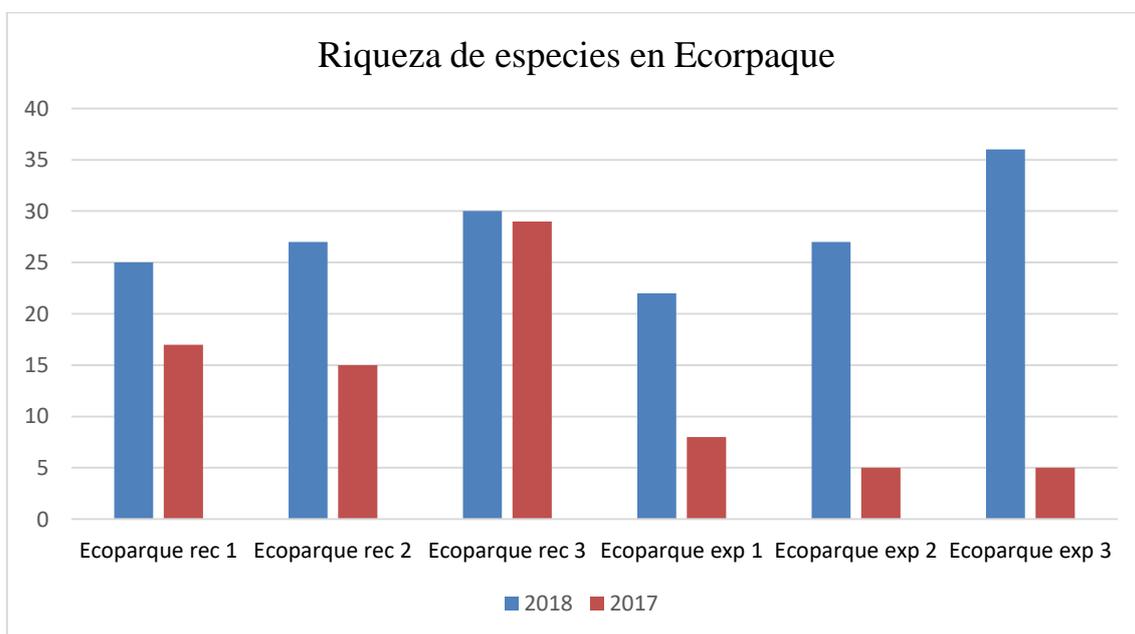
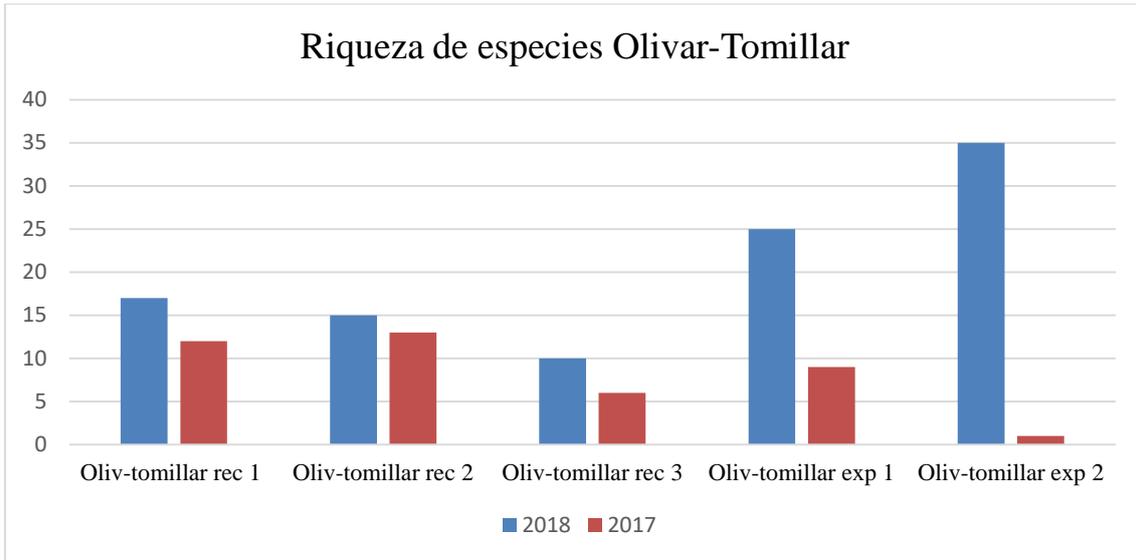
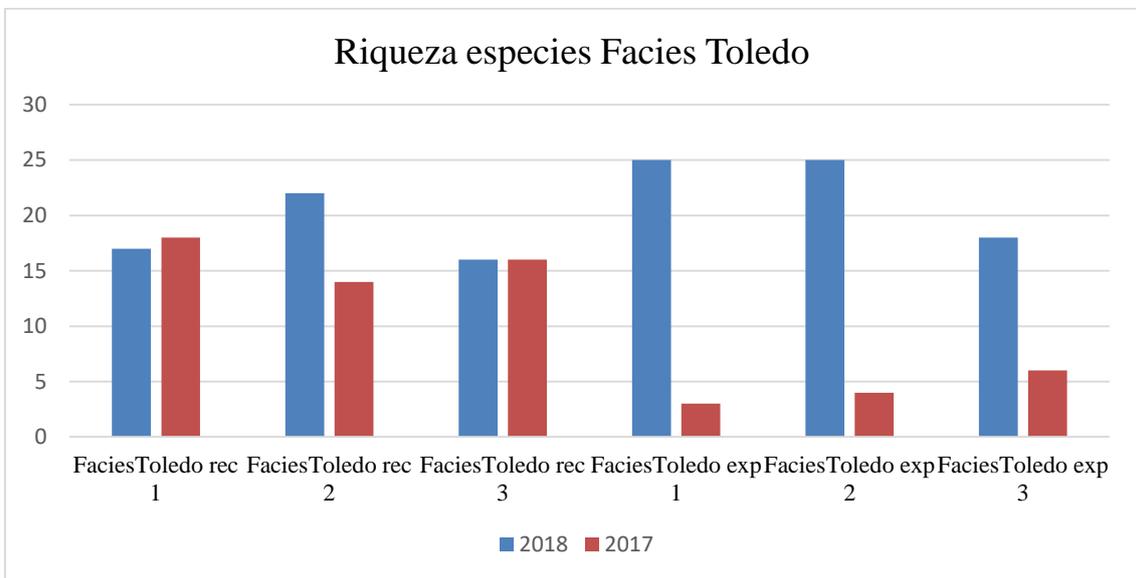


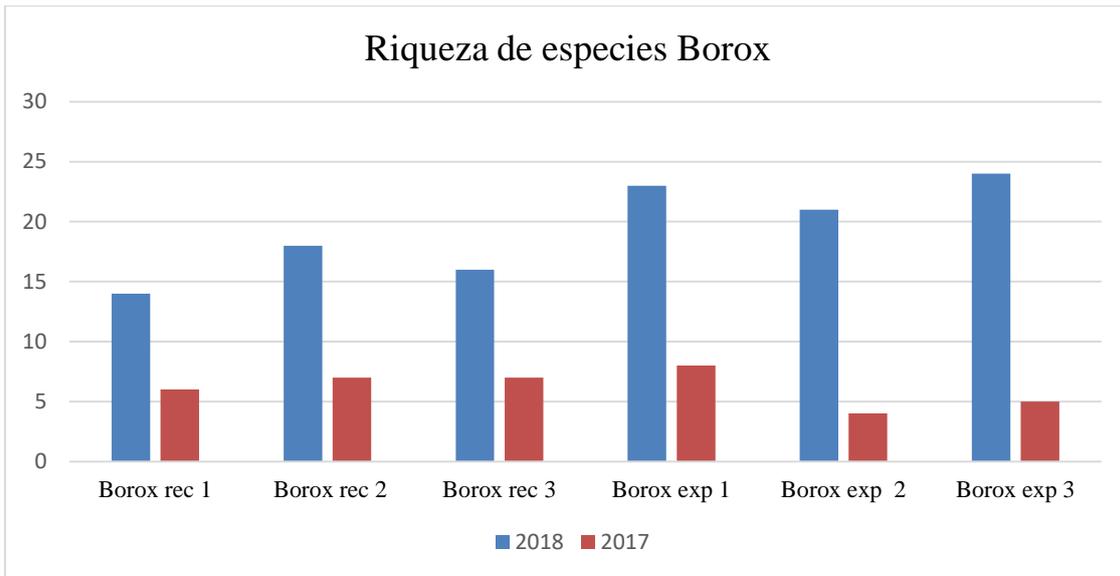
Figura 18. Riqueza de especies en Ecorpaque



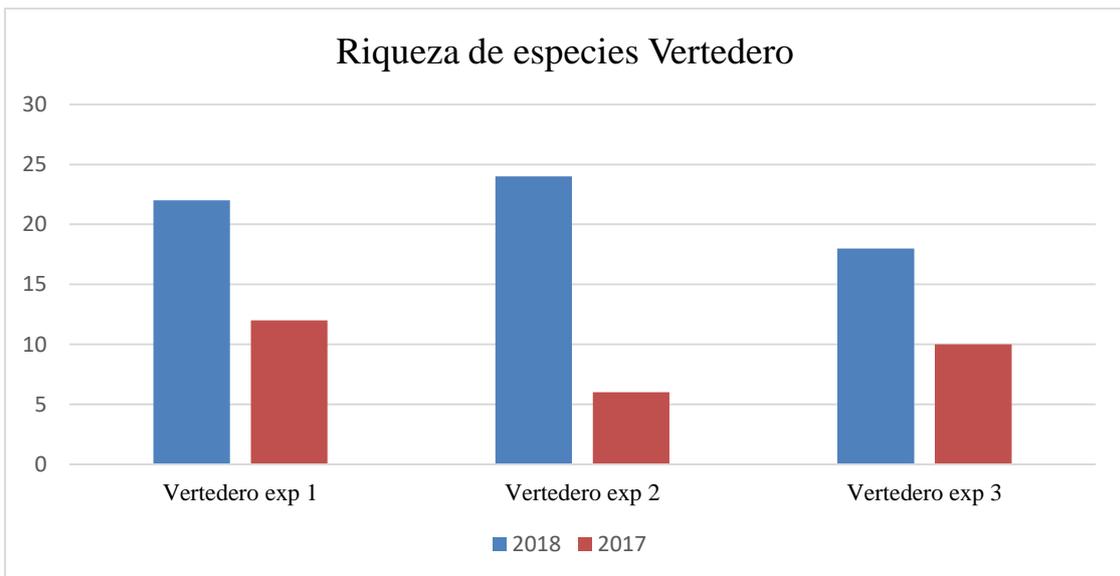
**Figura 19.** Riqueza de especies en Olivar-Tomillar



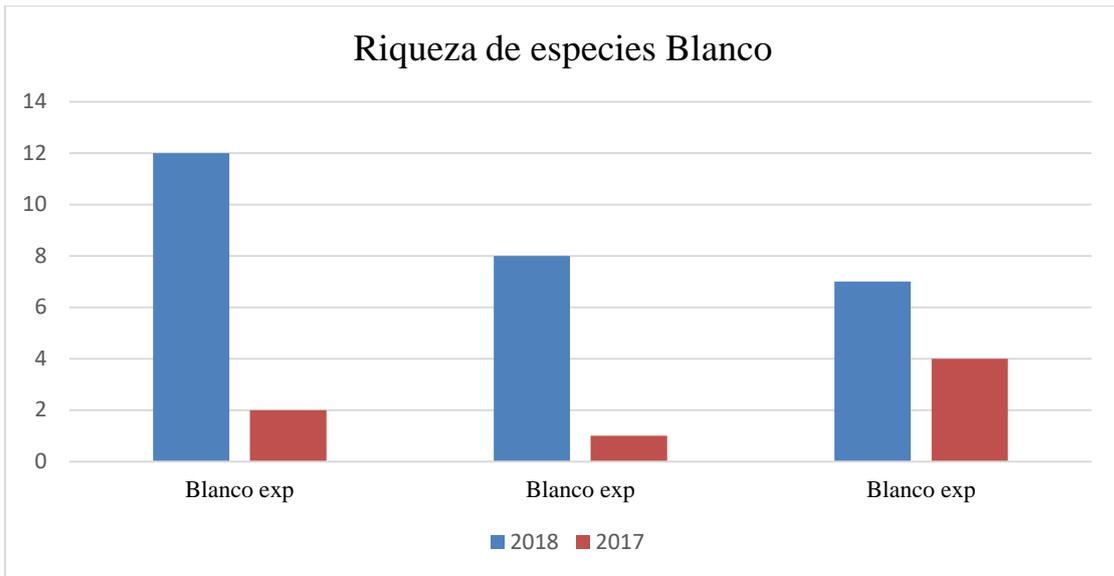
**Figura 20.** Riqueza de especies en Facies Toledo



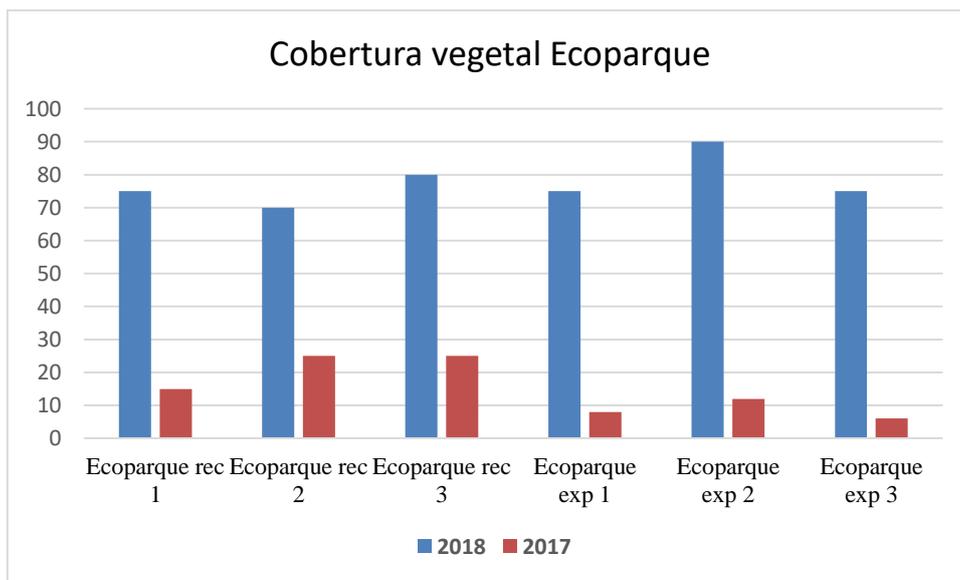
**Figura 21.** Riqueza de especies en Borox



**Figura 22.** Riqueza de especies en Vertedero



**Figura 23.** Riqueza de especies en Blanco



**Figura 24.** Cobertura vegetal Ecoparque

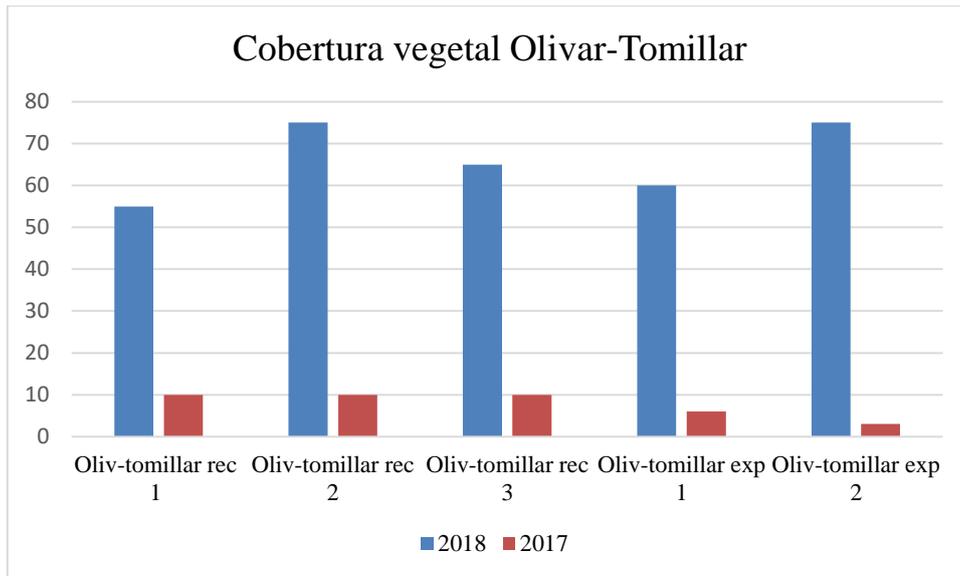


Figura 25. Cobertura vegetal Olivar-Tomillar

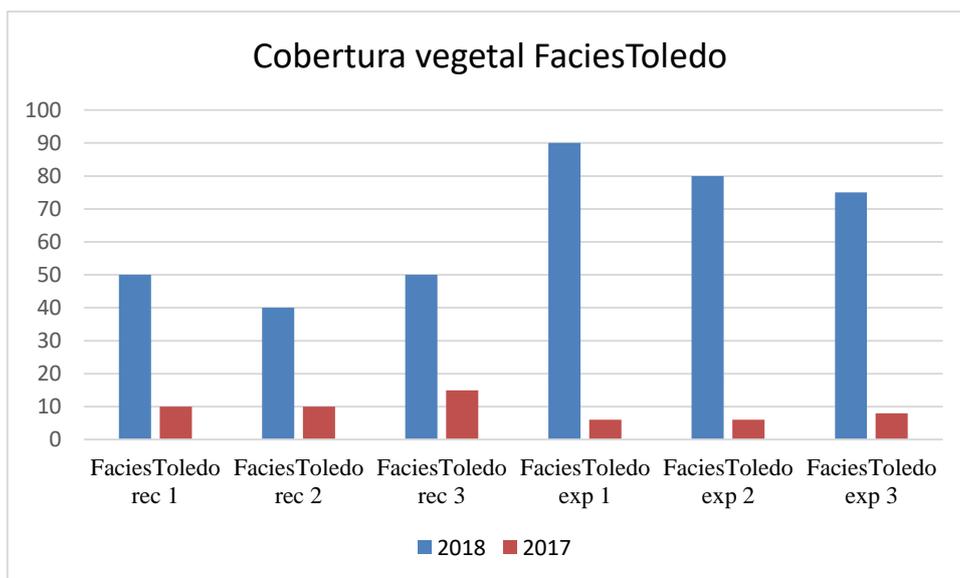
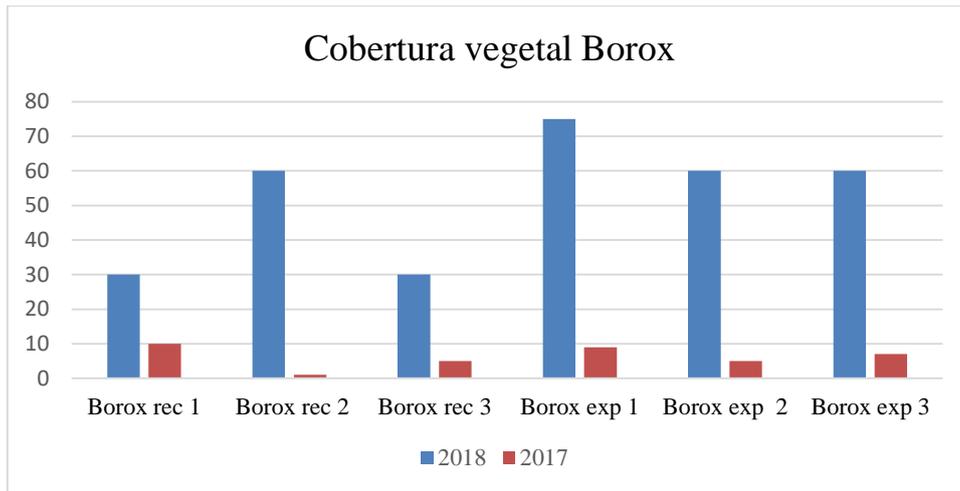
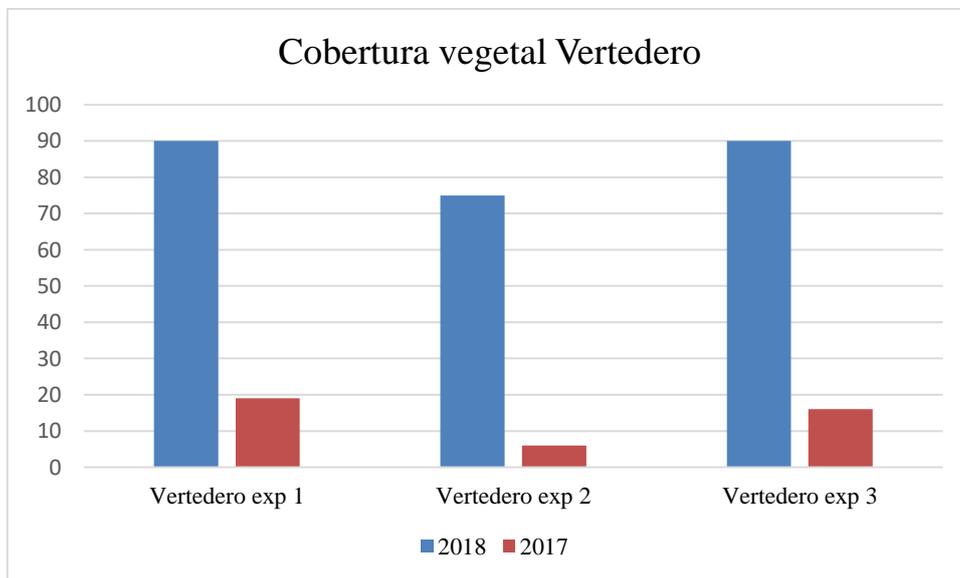


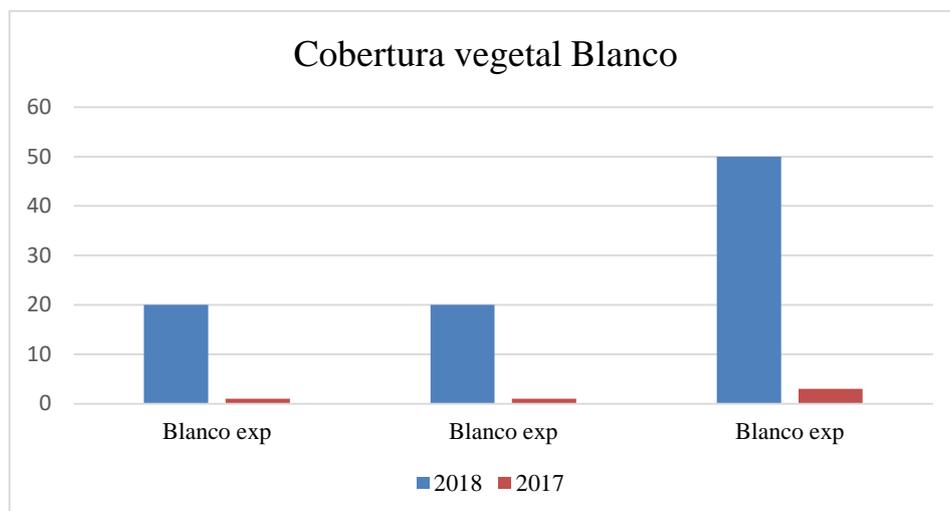
Figura 26. Cobertura vegetal FaciesToledo



**Figura 27.** Cobertura vegetal Borox



**Figura 28.** Cobertura vegetal Vertedero

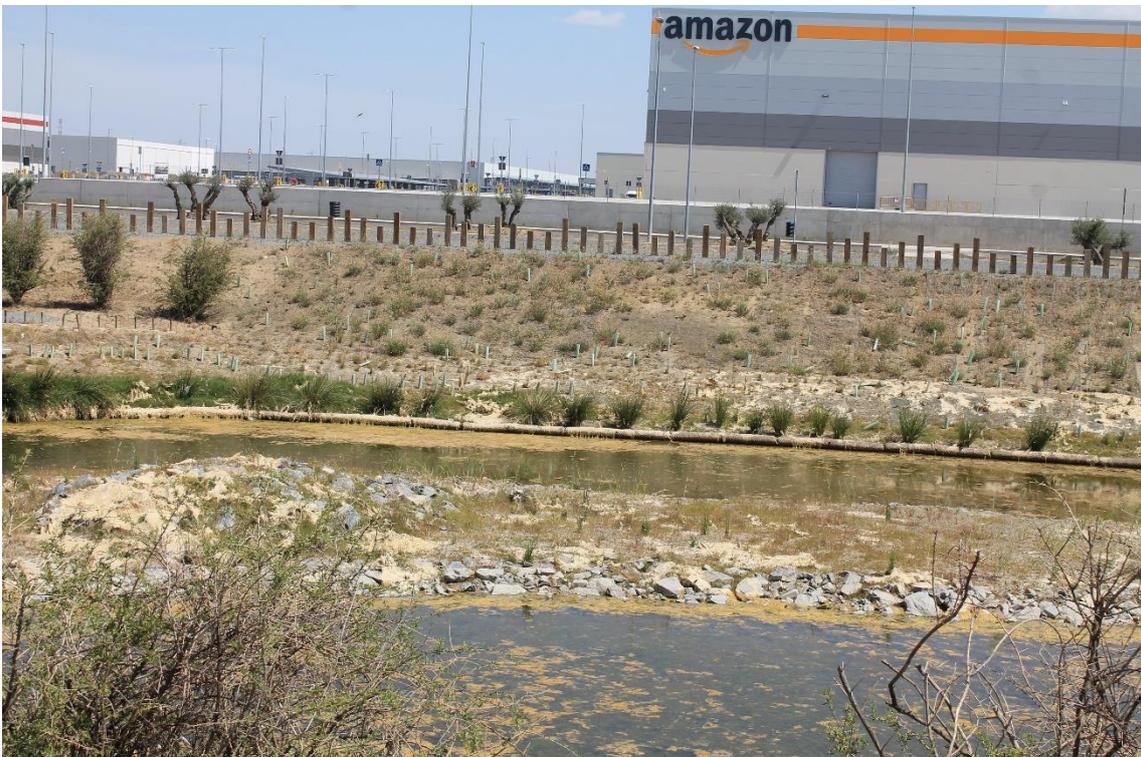


**Figura 29.** Cobertura vegetal Blanco

## ANEXOS 2. Fotografías



**Figura 30.** Pastizal anual entre olivos replantados en mediana. Tierra proveniente del vertedero de Illescas.



**Figura 31.** Vegetación de ribera en balsa.



**Figura 32.** Uso del Toro con acople de ahoyadora de barrena de 40cm para elaborar los agujeros en la rotonda.



**Figura 33.** Trabajadores en rotonda colocando protectores y preparando el alcorque con pala.

