

## **Aplicación de Soluciones Basadas en la Naturaleza mediante Restauración Ecológica y Promoción de la Biodiversidad en las Zonas Verdes de un Parque Industrial en el Centro de España.**

Isabel Rufo, J.M.<sup>1</sup>, Agudo, E.<sup>2</sup>, Alonso, P.<sup>3</sup>, Muñoz, N.<sup>2</sup>, Palaín, A.<sup>3</sup> & Sardinero, S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Castilla- La Mancha

<sup>2</sup>Urban Castilla- La Mancha

<sup>3</sup>Irati Proyectos, sl

### **RESUMEN**

Plataforma Central Iberum es un área logística e industrial situada en Illescas, Toledo a 35 kilómetros de Madrid. Fue concebido como el primer Ecopolígono de España, compatibilizando la actividad comercial y la sostenibilidad. El estudio de paisajismo, que viene desarrollando desde 2010 el modelo conceptual de los espacios libres de Plataforma Central Iberum, ha valorado y potenciado la aplicación de Soluciones Basadas en la Naturaleza en ambientes urbanos y periurbanos, a través de la creación de elementos de infraestructura verde que favorece la creación y conectividad entre hábitats, la biodiversidad y la recuperación de los servicios ecosistémicos. Una parte fundamental del proyecto, en el contexto de las SbN, es la restauración ecológica de las zonas verdes llevada a cabo mediante la rehabilitación de hábitats con una estructura, composición florística y función ecológica determinada. Desde el año 2014 se han 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, consistente en un modelo sucesional de vegetación, enfocado a restaurar diferentes tipos de hábitats correspondientes a la 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 obtenidos se estableció un plan de gestión adaptativa, aplicándose estas técnicas a gran escala en las zonas verdes a restaurar. El uso del banco de semillas procedente de cultivos y pastos que se encontraban anteriormente en el área del parque industrial facilita la recuperación de la cubierta vegetal en el suelo y acelera los procesos sucesionales para la generación de pastos, favoreciendo el desarrollo del horizonte orgánico y minimizando los procesos erosivos. En otoño de 2017, se plantaron más de 25.000 individuos de plantas de más de 30 especies diferentes (algunas de ellas amenazadas), correspondientes a la vegetación climatófila. La construcción de un sistema de lagunas naturalizadas, que forman parte del sistema de drenaje urbano sostenible del parque logístico, también permite la restauración de comunidades edafohigrófilas, hidrófitos y algas. Las plantaciones se llevaron a cabo con criterios ecológicos siguiendo la distribución de los ecosistemas de referencia.

Gracias al uso de SbN, en este caso la restauración ecológica de las zonas verdes del parque industrial, los espacios libres requieren un bajo mantenimiento, favoreciendo la economía circular del agua, menores insumos como la aplicación de abonos o productos fitosanitarios y menor carga de mantenimiento que en otros ejemplos de jardinería tradicional en nuestro país. Plataforma Central Iberum constituye un gran ejemplo de la puesta en marcha y aplicación de proyectos de paisajismo con enfoque ecológico, estudios y proyectos de investigación, desarrollo e innovación, programas de Educación Ambiental a todos los niveles y Prácticas en Empresas para estudiantes de Ciencias Ambientales y el fomento del Empleo Verde.

## 1. INTRODUCCIÓN

El mundo empresarial y la biodiversidad están estrechamente relacionados. A pesar de que la mayor atención podría centrarse en los impactos potenciales de las actividades empresariales sobre la biodiversidad, la mayoría de las empresas dependen de forma indirecta a su vez de la biodiversidad. Por ello es clave que las empresas incluyan en sus políticas y en la toma de decisiones este concepto, haciendo compatible este vínculo entre empresa y biodiversidad (Sardinero *et al.* 2014). El aumento de zonas urbanas es una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad, por eso la integración de la misma en este tipo de ambientes es uno de los mayores desafíos ambientales que se presentan en la actualidad (Kowarik, 2011). La integración de la biodiversidad en los ambientes urbanos es fundamental a la hora de conseguir un modelo de desarrollo sostenible.

Plataforma Central Iberum (PCI) es el máximo exponente del Plan Medioambiental de URBAN CASTILLA LA MANCHA, basado en la compatibilidad entre la actividad empresarial y la sostenibilidad. PCI es un área logística e industrial de más de 3,5 millones de metros cuadrados ubicado en el municipio de Illescas (Comarca de la Sagra, Toledo). Dispone de casi dos millones de metros cuadrados para su uso en parcelas logísticas e industriales, que contará además con servicios adicionales como hoteles, oficinas, centro deportivo, taller y parking rotativo para vehículos pesados, guardería, etc. El resto de la superficie se destina a zonas verdes y espacio abierto como medianas y rotondas que se han diseñado desde una perspectiva ecológica, buscando la máxima integración del ámbito en la infraestructura verde municipal y la mejora de la biodiversidad local.

Por todo ello, PCI busca ser el espacio industrial más sostenible y respetuoso con el medio ambiente de toda España, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono, convirtiéndose así en el primer Ecopolígono de Europa. El desarrollo socio-económico y ambiental del territorio en el que se localiza está directamente influenciado por la cercanía del área metropolitana de Madrid y la ciudad de Toledo, con un importante aumento demográfico durante la última década.

La privilegiada ubicación de PCI desde el punto de vista de la logística, tiene su origen en gran medida en los excelentes accesos viales, vertebradores de sus comunicaciones. El concepto empresarial de Plataforma Central Iberum considera la actividad industrial como un conjunto de empresas que generan valor a lo largo de toda la cadena productiva y comercial, dando lugar a una interacción donde se comparten objetivos y medios. Así, las empresas instaladas en PCI pueden contar con un signo de distinción adicional en la Responsabilidad, la Formación y Sensibilidad medioambiental, permitiéndoles obtener certificados de sostenibilidad como son el sello LEED o BREEAM.

Plataforma Central Iberum responde a los objetivos de sostenibilidad, con actuaciones realizadas en cada uno de los campos ambientales tratados a fin de crear el primer polígono industrial europeo que potencia una SOSTENIBILIDAD GLOBAL, dirigida a los cuatro campos de actuación que se enuncian a continuación:

- **Agua:** Gestión integral del ciclo del agua, que permita aprovechar este recurso natural de forma eficaz, rentable y sobre todo respetuosa con el entorno.
- **Suelo:** El diseño de las áreas verdes y zonas auxiliares busca la integración con el entorno, la protección del suelo evitando su erosión y pérdida, así como el fomento de los procesos ecológicos que aseguren su mejora.

- **Energía:** Utilización de la tecnología más eficiente, la apuesta por los medios de transporte más ecológicos y la investigación de creación de energía local renovable, son los puntales de un área sostenible y sustentable.
- **Sociedad:** Colaboración con todas las instituciones implicadas (Ayuntamiento de Illescas, Mancomunidad de la Sagra, Comunidad de Castilla-La Mancha, Administración Central, Asociaciones de Empresarios, etc.). Este apoyo es básico para poder desarrollar el proyecto y generar empleo y riqueza para la zona, así como ampliar el concepto de Eco-Polígono o zona empresarial e industrial sostenible y amigable, a otras futuras áreas. Sinergia con las empresas instaladas, favoreciendo el desarrollo de un espacio donde las empresas pueden ser competitivas y generar trabajo de calidad y estable, participando activamente en la mejora de la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) de las mismas.

El diseño y las propuestas desarrolladas en los espacios verdes de PCI constituyen en este sentido el lugar privilegiado en el que confluyen gran parte de estas acciones de sostenibilidad. El espacio libre de uso y dominio público del polígono cuenta con una superficie total de 504.067,96 m<sup>2</sup>, de los que en la actualidad se encuentran operativos alrededor de 284.850 m<sup>2</sup>. Este espacio libre se divide entre parques de uso público (310.352,49m<sup>2</sup>), glorietas y bulevares que acompañan a los viales de conexión de las diferentes parcelas logísticas del polígono. Ver figura 1.

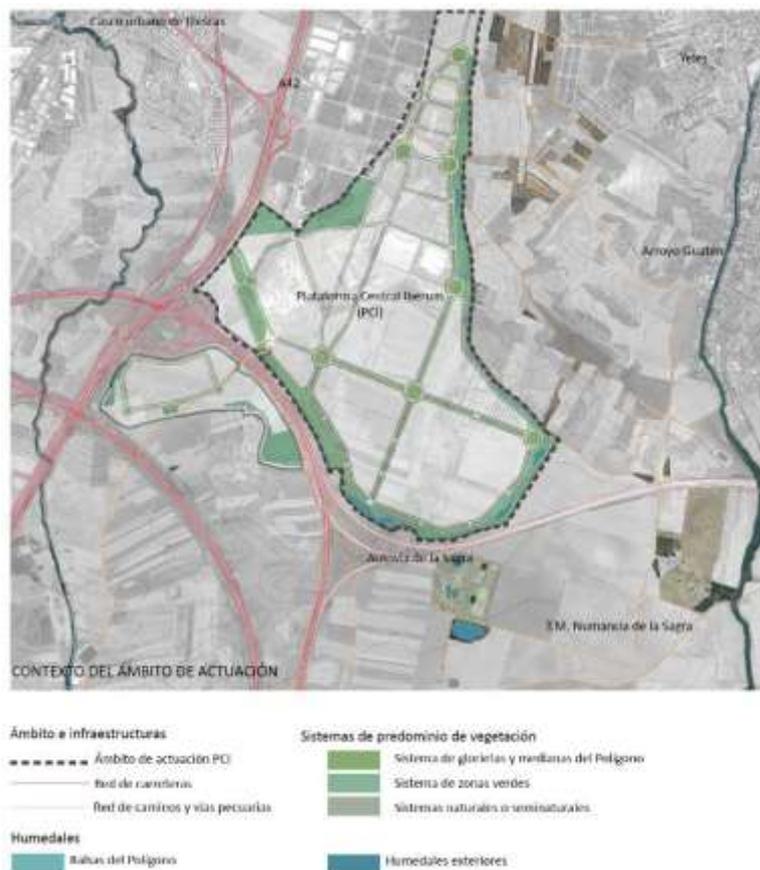


Figura 1.- Plataforma Central Iberum. Zonas verdes y contexto.

El enfoque de estos espacios verdes es multifuncional y busca en este sentido conservar los recursos, integrar las actuaciones en el entorno, mejorar la biodiversidad local, el ahorro energético y de materiales, incluyendo el reciclado de elementos industriales, la investigación y divulgación del conocimiento, el uso recreativo del espacio para la mejora del bienestar y salud de las personas tanto mental como física, la aplicación de nuevas tecnologías y por ello la sostenibilidad integral.

Las acciones concretas que desde una perspectiva de Soluciones basadas en la Naturaleza se consideran son:

- **Control del ciclo del agua**, promoviendo la infiltración y gestión del agua de pluviales en el lugar, aprovechando el parque periurbano como receptor de las aguas pluviales recogidas en viales y cubiertas industriales, integrándolas en el paisaje como humedales naturalizados que cumplan las siguientes funciones: laminación de tormentas, uso recreativo paisajístico y mejora de la biodiversidad local al crear ecosistemas acuáticos y comunidades vegetales de ambientes húmedos que alberguen fauna.
- **Mantenimiento y recuperación de cultivos leñosos tradicionales** (olivares centenarios y viñedos) y de cereal de secano. Incorporando en las labores de gestión a agricultores locales.
- **Empleo de vegetación autóctona** para promover la recuperación de ecosistemas degradados como consecuencia del uso agrícola secular del territorio. De esta manera además, se promueve desde la fase de diseño en diferentes áreas del parque periurbano, una jardinería de riego cero al emplear especies adaptadas a la climatología y edafología local y se reducen considerablemente las labores de mantenimiento de la jardinería convencional.
- Desarrollo de metodologías y seguimiento de **restauración de ecosistemas**. Acuerdo de colaboración e investigación con la Universidad de Castilla la Mancha, promoviendo el conocimiento de los distintos hábitats y sus especies.
- **Fomento del conocimiento y la participación ciudadana** y de los empleados de las empresas del polígono mediante acciones de formación, participación y celebración relacionadas con la restauración de hábitats, el deporte y la biodiversidad.

## 2. APLICACIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

Las principales Soluciones basadas en la Naturaleza que se han desarrollado en las zonas verdes se refieren a la gestión integral del agua de pluviales y a la restauración de ecosistemas degradados.

### Gestión integral del agua de pluviales.

La impermeabilización de grandes superficies con fines industriales y logísticos supone la necesaria modificación de las condiciones locales en cuanto a la gestión del agua de lluvia. Siendo este un bien escaso en Illescas, el diseño que se ha adoptado en Plataforma Central Iberum, trata de minimizar su pérdida y transformar un problema en oportunidad. En este sentido la solución adoptada trata de aprovechar el agua de lluvia como un recurso con múltiples funciones.

El objetivo prioritario del sistema es la gestión del agua de pluviales dentro del propio polígono, reduciendo en lo posible las salidas para mantener el balance del ciclo del agua lo más neutro posible de forma local.

En el caso de PCI, se optó por integrar la gestión del agua de pluviales en las zonas verdes como elemento vertebrador del paisaje, tratando de mantener el ciclo del agua en el propio lugar. De esta manera todas las aguas pluviales de las áreas pavimentadas y edificadas son conducidas a un sistema interconectado de balsas que han sido diseñadas y tratadas emulando ecosistemas de humedal. Estas balsas cumplen así una múltiple función: almacenar el agua de tormentas, mantener una calidad adecuada del agua de lluvia para su potencial uso para riego, albergar comunidades vegetales en sus orillas y aguas que permiten servir de refugio y alimento para grupos de fauna adaptados a ellas, transformándose así en un ecosistema que se autorregula, ser lugar de interés y recreo para los usuarios del parque. Los objetivos logrados de esta manera en relación con la gestión de pluviales se resumen en:

- Gestión del agua de lluvia, evitando los sobrevertidos a plantas de tratamiento externas.
- Evitar inundaciones y reboses en la red, favoreciendo el mantenimiento del ciclo del agua a nivel local.
- Reducir el consumo de agua de red y consumo de energía eléctrica (estaciones depuradoras) aplicando una política racional de las zonas de captación y su uso (limpieza de viales, etc.).
- Disminuir el efecto “Isla de Calor” de los entornos urbanizados, favorecido por un aumento de la humedad por evaporación en el entorno de las balsas.
- Reducir los costes de recursos en construcción, explotación y mantenimiento.
- Aprovechar la gestión del agua como oportunidad para la mejora de la biodiversidad, del paisaje y bienestar social.

La gestión de las aguas pluviales se realiza a través de un sistema de recogida, transporte, almacenamiento y emisión controlados, formado por los siguientes elementos:

- Sistema de cunetas e imbornales para recogida del agua que cae sobre zonas pavimentadas y cubiertas de naves durante los episodios de lluvia y durante el mantenimiento de viales.
- Sistema de conducción enterrada desde dichos puntos de recogida hacia balsas de almacenamiento.
- Sistema de bombeo en aquellos puntos en los que la planimetría no permite el transporte del agua por gravedad.
- Sistema de balsas de almacenamiento e infiltración distribuidas en las zonas verdes construidas e integradas en el parque periurbano, simulando humedales seminaturales para la vida silvestre.
- Conducción superficial del agua por gravedad entre balsas en episodios de lluvias y bajo condiciones controladas, utilizando el recorrido del agua como un elemento conformador del paisaje.
- Rebosaderos de las balsas de almacenamiento fuera del sistema en puntos controlados y hacia el arroyo del Guatén para episodios puntuales de tormentas extremas.

El enfoque dado trata de aprovechar los procesos naturales para proveer servicios a la comunidad, a través de la generación de infraestructura verde (Alonso, 2015).

Los humedales pueden retener y depurar de forma natural el agua, a la vez que funcionan como soporte para la fauna y flora adaptada a dichos ambientes. El gradiente de humedad que se genera en su entorno permite la vida a especies que se mueven entre ambientes acuáticos, húmedos y secos, generando una posibilidad de mayor diversidad de flora y fauna.

En nuestras condiciones climáticas fomentar la presencia de una lámina de agua continua, gracias a la capacidad de almacenamiento de las balsas y su variabilidad estacional, hace de sus márgenes un ecosistema dinámico y cambiante. También se vuelve interesante la creación de charcas temporales, de menor dimensión, que son aprovechadas por determinadas especies como anfibios que aprovechan lo efímero de la estación húmeda para sus puestas. Las características arcillosas del suelo, permiten mantener un nivel de agua permanente en los humedales a lo largo del año y, la construcción sin incluir una capa de impermeabilización artificial del lecho, favorece procesos ecológicos de intercambio de energía y materia en la base de las balsas.

Se crean así ambientes de transición entre diferentes ecosistemas, ecotonos donde la fauna y flora suele ser más rica por su adaptabilidad a diferentes condiciones limitantes de luz, agua, temperatura y nutrientes.

La creación de humedales para la gestión de las aguas de lluvia incorpora también elementos pensados para la nidificación de aves, como son pequeñas islas o zonas de refugio contra potenciales depredadores, como las construidas en los humedales de fase 2 y 3 del polígono industrial.

#### Empleo de especies vegetales nativas

En el diseño y ejecución de las zonas verdes se ha valorado la restauración ecológica de comunidades vegetales que se han perdido en la zona como consecuencia del uso agrícolas del territorio. Esto ha conducido a la decisión del empleo de material vegetal exclusivamente de carácter autóctono, adaptado a la climatología, al suelo y a las características ecológicas locales, como son orientación de pendientes, presencia de humedad en el suelo, exposición, etc.

La tipología de la vegetación empleada cumple en primer lugar una funcionalidad espacial, control de vistas y de mejora del confort climático para los usuarios del parque, al mismo tiempo que se generan estructuras vegetales que mejoran la biodiversidad local. En este sentido, podemos diferenciar tres niveles o estratos vegetales en las zonas verdes de PCI:

- **Estrato herbáceo.** Formado por praderas a partir de la siembra específica de especies nativas, de la recuperación de cubiertas por el cambio en el manejo del suelo permitiendo la sucesión ecológica una vez terminadas las perturbaciones de roturación continuada o mediante el aprovechamiento del banco de semillas del suelo. Su función espacial y de uso es la de permitir el tránsito, abrir visuales o integrar paisajísticamente los espacios de intervención. Su función ecológica es la de prevenir procesos erosivos y mantener un suelo vivo, así como la mejora de la biodiversidad local. Su gestión y mantenimiento posterior se está planteando valorando su capacidad para atraer a grupos de fauna como son insectos polinizadores y por ello se adapta a los ciclos vitales de dicho grupo de fauna, evitando las siegas permanentes y permitiendo la presencia de zonas refugio para la entomofauna local

- **Estrato arbustivo.** Incluye matas, subarbustos y arbustos de mayor porte. La función es la de cerrar u orientar vistas, separar diferentes zonas funcionales, dotar de riqueza de texturas para una mejor experiencia perceptiva del espacio. Desde el punto de vista ecológico su función es fundamental a la hora de establecer zonas de nidificación, refugio y alimento para diferentes grupos de fauna. Al tratarse de especies adaptadas a las condiciones edafoclimáticas locales, su mantenimiento posterior será mínimo.
- **Estrato arbóreo.** Su función es la creación de sombras y mejora del confort climático en el parque, adaptar el espacio a la escala humana generando un dosel que favorezca la sensación de aislamiento del entorno industrial. En las diferentes fases del proyecto se han utilizado diferentes estrategias: respeto de olivares existentes, trasplante de ejemplares de olivo y de ejemplares de otras especies arboladas de repoblación existente en parcelas destinadas a empresas, plantaciones de especies adultas para la formación de nuevas masas arboladas.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se expone la aplicación del “Plan de Restauración Ecológica en Plataforma Central Iberum” Isabel (2016). Como se refiere en el citado documento “La restauración ecológica es una actividad intencionada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su integridad, sostenibilidad y funcionalidad. Frecuentemente los ecosistemas que requieren de una restauración han sido previamente degradados, dañados, transformados o totalmente destruidos por acción directa o indirecta del ser humano (SER, 2004). Los ecosistemas restaurados poseen una composición florística, estructura y funcionalidad ecológica semejantes al ecosistema de referencia elegido (Miyawaki & Fujiwara 1988, Miyawaki *et al.* 1993, Miyawaki 1998, Miyawaki 1999, Miyawaki 2004; Bainbridge *et al.* 1995; Bainbridge 2007; Clewell & Aronson, 2007)”.

Tras el estudio e identificación la geoserie correspondiente al área de estudio y sus asociaciones fitosociológicas se procedió a su restauración. Este proceso se llevó a cabo mediante el estudio de los fragmentos que componen la misma complementado con una revisión bibliográfica y atendiendo a las características concretas del territorio.



**Figura 2.-** Vista balsa Fase 0 de Plataforma Central Iberum restaurada.

### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL TERRITORIO

La caracterización del territorio ha sido extraída de Isabel (2016): La zona de estudio se encuentra dentro de la provincia Mediterránea Ibérica Central, subprovincia Castellana, sector Manchego y subsector Manchego-Sagrense. El área de estudio presenta un bioclima mediterráneo pluviestacional - oceánico, piso bioclimático mesomediterráneo superior, en cuanto a la continentalidad se clasifica como oceánico semicontinental superior.

La Sagra se encuentra entre los ríos Tajo y Manzanares, se ubica geológicamente en el sector centro-meridional de la cuenca de Madrid. La cuenca de Madrid es una depresión intraplaca generada por la deformación alpina y está constituida por sedimentos continentales de edad terciaria cuyo espesor oscila entre 800 y 3.000m. Afloran unidades del Mioceno. En el área de estudio se pueden apreciar cuatro unidades geológicas: las más dominantes son los limos arenosos rojizos formados por escorrentía superficial y por aparatos aluviales de escasa entidad, que tapizan superficies de enlace relacionadas con los últimos pulsos de encajamiento fluvial. Dominan los materiales finos, limos y arenas arcósicas, la edad de estos glaciares es el cuaternario medio (Rubio *et al.* 2010).

En el trabajo de Isabel (2016) se analizó el pH y eC de suelo y agua en la zona de estudio, así como el contenido en oxígeno del agua. El suelo tiene un carácter alcalino, pHs de alrededor de 8 que llegan incluso a 9 en algunos casos, lo que puede indicar alto contenido en sodio. La eC está entre 0.2 y 2.3 mS/cm. El agua presenta una concentración de oxígeno de entre 5 y 7 mg/L, y muestra un alto carácter básico con pH superiores a 8, la eC se encuentra entre los 200 y los 400  $\mu$ S.

### 3.2 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Como se explica en Isabel (2016), la restauración de paisajes es un campo dentro de la ecología aplicada (Cairns, 1988) y ha desarrollado gran variedad de métodos para restaurar ecosistemas perturbados. Frecuentemente esos métodos recrean el proceso natural de recuperación, llamado sucesión, en un paisaje perturbado. En algunas situaciones donde se da un momento adecuado para proteger el sitio de más perturbaciones, se puede permitir un proceso de sucesión natural sin intervención humana, pero el coste es el tiempo (Miyawaki *et al.* 1993).

En el caso del área de estudio las etapas seriales de sustitución de los encinares calcícolas mesomediterráneos manchego-sagreses secos es la siguiente: (*Asparago acutifolii-Quercus rotundifoliae* S.): 1. *Asparago acutifolii-Quercetum rotundifoliae* (encinar); 2. *Daphno gnidii-Quercetum cocciferae* (coscojar); 3. *Genisto scorpii-Retametum sphaerocarphae* (retamar); 4. *Arrhenathero erianthi-Stipetum tenacissimae* (espartal); 5. *Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae* (tomillar); 6. *Brachypodion distachyi* (pastizal anual calcícola).

En muchos casos no es deseable esperar a que ocurra todo este proceso, por lo que la intervención y el manejo humano es necesario (Fujiwara *et al.* 1993). El método usado por el equipo del Doctor Akira Miyawaki (Miyawaki & Fujiwara 1988) y que es el elegido para la aplicación de la restauración, se basa en cuatro tipos de información:

1. Conocimiento de la vegetación potencial natural del sitio.
2. Entender el proceso de germinación y establecimiento de las especies dominantes de la vegetación potencial natural.
3. Métodos de plantación de un alto número de plántulas o propágulos en el sitio.
4. Preparación y protección del suelo

Los conocimientos en vegetación se han obtenido mediante la realización de un catálogo florístico y la revisión bibliográfica de los tipos de vegetación que podrían darse en el área de estudio. La restauración puede ser dirigida a unos objetivos específicos que encajen con el clima, el suelo y las características geológicas (Fujiwara *et al.* 1993). Este conocimiento reduce el abanico de posibilidades para una restauración y evita el uso de especies exóticas. Para restaurar ecosistemas, la investigación en campo es indispensable. La vegetación potencial natural es identificada a través de los parches de vegetación natural que puedan quedar en el área de estudio y alrededores (Tuxen, 1956), así como la caracterización de los perfiles de suelo (Miyawaki 1998). Así se pueden identificar unidades fitosociológicas de comunidades de plantas de la región de estudio (Miyawaki, 2004). Bainbridge (2007) también propone una aproximación muy similar en el apartado de selección de las especies adecuadas para la restauración.

Se debe reseñar que este trabajo no sólo se centra en la vegetación potencial del territorio, sino que se trata de restaurar toda la geoserie con sus etapas sucesionales con el objetivo de aumentar la biodiversidad.

### 3.3 ELABORACIÓN DE UN CATÁLOGO FLORÍSTICO Y PRIORIZACIÓN DE ESPECIES A INTRODUCIR

Se elaboró un catálogo florístico con las especies presentes en el área de estudio, territorios cercanos y las que potencialmente podrían encontrarse en el mismo. Se

recopilaron un total de 423 taxones, con 266 de ellos identificados dentro del área de estudio.

Para la valoración de las especies a introducir se han utilizado criterios biogeográficos y de estado de conservación de las mismas, de esta manera se prioriza la introducción de especies con una distribución biogeográfica restringida y que presentan algún tipo de amenaza para su conservación. Se ha utilizado el sistema propuesto por Sardinero *et al.* (2014). Se prioriza la introducción de especies amenazadas que tienen una distribución restringida, así como las que crean estructuras de vegetación.

### 3.4 RESTAURACIÓN DE TIPOS DE VEGETACIÓN

Para estudiar los tipos de vegetación (Isabel, 2016) se realizó la consulta de estudios fitosociológicos (Laorga, 1986; Pizarro, 1995; Molina 1996; Cirujano 2002, Rivas Martínez *et al.* 2002) y se han identificado tipos de vegetación, que servirán de modelo para la restauración de hábitats.

A la hora de realizar plantaciones masivas la composición quedó también determinada por la disponibilidad en vivero. Como recomienda Miyawaki (1993), se incluyeron tantas especies características y compañeras como se consideró posible en aplicación. La densidad de plantación fue cercana a 1 planta x 1 m<sup>2</sup> (Fujiwara *et al.* 1993, Miyawaki *et al.* 1993; Miyawaki, 1999), con excepción de algunos casos particulares que se especifican en el apartado de resultados. Una alta densidad de plantas provoca una facilitación entre las mismas (sobre todo en las etapas de establecimiento), favoreciendo el éxito de la plantación (Miyawaki, 2004).

### 3.5 TIPOS DE VEGETACIÓN RESTAURADOS

De todos los hábitats identificados en el trabajo de Isabel (2016) los que han sido restaurados hasta la fecha fueron los siguientes:

#### - Vegetación edafohigrófila

Españañal de *Thypha domingensis* (*Typha angustifoliae-Phragmitetum australis*).

Saucedas mesomediterráneas eutrofas (*Salicetum neotrichae*):

Olmedas ribereñas de aguas eutrofas (*Opopanax chironii-Ulmetum minoris*)

Rosaledas y zarzales de suelos calizos, generalmente profundos (*Rosetum micrantho-agrestis*)

Juncal dominados por *Scirpoides holoschoenus* (*Holoschoenetum vulgaris*)

Entramado de praderas cespitosas dominadas por *Cynodon dactylon*, (*Trifolium fragiferi-Cynodontetum dactyli*)

Tarayales silicibasófilos, la comunidad de *Tamarix gallica* (*Tamaricetum gallicae*)

Cambroneras de *Lycium europaeum*: Matorrales densos, espinosos, de gran porte, constituidos casi exclusivamente por el cambrón.

## - Vegetación climatófila

Microbosque de encina (*Quercus rotundifolia*) que representa la vegetación potencial *Asparago acutifolii-Quercetum rotundifoliae*:

Garrigas de coscoja (*Quercus coccifera*), calcáreas o gypsícolas (*Daphno gnidii-Quercetum cocciferae*): Con el objeto de simplificar las plantaciones este hábitat se unió con el encinar, por lo que se trata de un encinar-coscojar manchego.

Retamares con aliagas (*Genista scorpius*) mesomediterráneos, (*Genista scorpii-Retametum sphaerocarpace*)

Espartales, presididos por el esparto (*Stipa tenacissima*). (*Arrhenathero erianthi-Stipetum tenacissimae*):

Albardinares (*Lygeum spartum*) no halófitos de suelos arcillosos, profundos, poco estructurados, de cierto carácter vértico y en los que pueden producirse ligeros fenómenos de pseudogleyización. (*Dactylido hispanicae-Lygeetum sparti*):

Esplegueras y tomillares constituidos por numerosas y diversas especies entre las que desatacan las labiadas olorosas (*Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae*)

## - Vegetación hidrofítica

Se pudo identificar el género de algunos hidrófitos que se encontraban en una balsa cercana al área de estudio: *Chara* sp., *Potamogeton* sp. y *Miryophillum* sp, estos fueron introducidos en las balsas de las zonas verdes (Figura 3)



Figura 3.- Vegetación hidrofítica restaurada en balsa de Fase 0 en Plataforma Central Iberum

### 3.6 COMPOSICIÓN DE LOS TIPOS DE HÁBITATS PROPUESTOS

La densidad de plantación será cercana a 1 planta x 1 m<sup>2</sup> (Miyawaki *et al.*, 1993, Miyawaki, 1999, 2004, y Fujiwara *et al.* 1993. Se realizaron parcelas que integraban unos 100 individuos con diferente composición para cada tipo de vegetación. La densidad de plantación fue ligeramente diferente dependiendo de las zonas, como regla general se trató de dar continuidad en los taludes y delimitar más las manchas en las zonas estanciales. Los tipos de vegetación integrados en su mayoría por caméfitos presentaron una mayor densidad de plantación, mientras que los que presentan estratos arbustivos altos y arbóreos presentaban una densidad de plantación menor. La composición de cada hábitat se detalla en el Anexo, Tabla 3, y está basada en el estudio preliminar de Isabel (2016).

## 4 STAKEHOLDERS IMPLICADOS Y PRÁCTICAS EN EMPRESA

Para la aplicación de este proyecto de restauración ecológica se debe tener en cuenta a los llamados “stakeholders” (grupos de interés), que son las entidades o personas que se ven directamente afectadas por el proyecto (Clewel & Aronson, 2007). En este estudio los grupos de interés están compuestos por las empresas, inversores, la universidad, administraciones públicas, organizaciones ecologistas, comunidades locales, agricultores, gestores y propietarios de las tierras.

Estos deben entender y apoyar el proyecto de restauración ecológica, de otra manera supondrá una dificultad para su consecución y éxito (SER, 2004). De la misma forma deben tener oportunidades para unirse y participar en el proyecto, contribuyendo de diversas maneras y entendiendo los beneficios que el mismo les puede aportar (Clewel & Aronson, 2007).

Una vez concienciados de los beneficios de la restauración de ecosistemas y de la importancia de su participación se puede consensuar entre los diferentes grupos de interés la ejecución del plan de restauración (SER, 2004).

Para la integración del Proyecto de Restauración Ecológica en el concepto global de Plataforma Central Iberum ha sido indispensable la colaboración y trabajo conjunto de algunos de los stakeholders implicados como gestores de Plataforma Central Iberum, estudio de paisajismo Irati Proyectos S.L., Universidad de Castilla- La Mancha y Grupo de Prácticas en Empresas de la UCLM. El establecimiento de sinergias, la colaboración y el trabajo conjunto es fundamental a la hora de la planificación y ejecución de un proyecto de estas características.

En el marco del convenio de colaboración de Urban Castilla- La Mancha con la Universidad de Castilla- La Mancha, dentro del proyecto de I+D que lleva por título: “Investigaciones sobre restauración ecológica y promoción de la biodiversidad en PLATAFORMA CENTRAL IBERUM”, se realizan Prácticas de Restauración Ecológica y Promoción e Integración de la Biodiversidad en Empresas. El programa está dirigido principalmente a estudiantes del Grado de Ciencias Ambientales y del Máster en Sostenibilidad Ambiental en el Desarrollo Local y Territorial de la Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica de UCLM. Pudiendo también ser aceptados alumnos de otros grados y másteres ajenos, alumnos de módulos de grado medio y superior y cursos relacionados y Erasmus + y Erasmus + Prácticas que muestren interés por la temática de las prácticas.

El programa de Prácticas de Restauración Ecológica y Promoción e Integración de la Biodiversidad en Empresas se lleva desarrollando ininterrumpidamente desde el curso 2015/ 2016. El programa es cuatrimestral y los estudiantes pueden realizarlo tanto en el primer o el segundo cuatrimestre.

Este programa de Prácticas en Empresas consiste en un total de 150 horas, realizando diferentes tareas: herborización, muestreos, cartografía, elaboración de modelos sucesionales, valoración de cada especie, valoración de cada área con vegetación homogénea, valoración de la biodiversidad y sus indicadores, fichas de síntesis de las plantas, calendarios de recogida de semillas, recogida de semillas, germinación y producción, restauración ecológica aplicada, evaluación de la eficiencia de las labores de restauración y desarrollo de un “Programa de Uso Público y de Educación Ambiental del Plan de Restauración” y Divulgación de los resultados de investigación, restauración y educación ambiental,

Las prácticas se realizan en modalidad curricular y extracurricular. Si se realizan en modalidad curricular, se obtienen 6 créditos ECTS en el caso de alumnos de Grado y 4,5 créditos ECTS en el caso de los alumnos de Máster, además de un certificado expedido por El Centro de Interpretación de la Naturaleza “La Mesa de Ocaña” (situado en la cantera de LafargeHolcim en Yepes-Ciruelos, Toledo, y que pertenece a la Red Oficial de Equipamientos para la Educación Ambiental de Castilla-La Mancha).

El grupo de prácticas en empresas tiene una función principalmente formativa (Figura 4), colabora a la hora de realizar actuaciones puntuales en el marco de las tareas que se han descrito anteriormente. Su actividad se ha centrado principalmente en dar soporte a las plantaciones, elaboración de parcelas de investigación y vegetación edafohigrófila. Cabe destacar que a la hora de plantear el proyecto de plantación masiva de 2017, donde se plantaron alrededor de 24.000 plantas la empresa Gestora de Plataforma Central Iberum contó con 6 estudiantes que habían realizado Prácticas en Empresas para su ejecución. Esto supuso el primer trabajo y la entrada en el mercado laboral para algunos estudiantes recién graduados. A partir de esta experiencia estos estudiantes han continuado trabajando en esta u otras empresas en labores relacionadas con el ámbito ambiental.



**Figura 4.** Obtención de especies no encontradas en vivero (*Helychrisum stoechas*, *Teucrium pseudochamaeipytis*, *Santolina canescens*, *Artemisia herba-alba*, *Teucrium gnaphalodes*). Prácticas de Empresa.

Se trabajó con un total de 24 especies de plantas para la restauración de diferentes hábitats, pertenecientes principalmente a la serie climatófila (encinar, retamar, espartal, albardinar, tomillar). El hecho de emplear en este proyecto a trabajadores con un alto grado de formación en flora, vegetación, restauración ecológica y que a su vez ya han realizado Prácticas en Empresas supone una ventaja a la hora de la ejecución. Esto es debido a que la mayoría de los conceptos que se necesitan a la hora de la plantación han sido asumidos con anterioridad, lo que facilita en gran medida la aplicación. Por otro lado existían reticencias a la hora de saber si el grupo se acoplaría al ritmo de trabajo, que se estimó en 600 plantas por día. Finalmente no hubo ningún problema a la hora de la ejecución y los trabajos fueron terminados en la fecha estimada (antes del 22 de diciembre).

Por último, en cuanto a los stakeholders implicados, hay que poner de relieve la importancia de contar con un buen vivero de planta autóctona, si no se tiene la posibilidad de producir plantas propias de forma masiva. Una buena genética, puede acelerar el proceso de introducción y asentamiento de los individuos (Bainbridge, 2007). Para este caso en particular se dispone de la empresa “Viveros Alborada” (Figura 5), con la que ya se había trabajado con anterioridad. Viveros Alborada ofrece planta de calidad de procedencia Manchega en un alto número, por lo que ha sido fundamental a la hora de proveer individuos para la aplicación del proyecto de restauración. La composición florística y la biodiversidad siempre puede ser aumentada mediante acciones puntuales que actúen sobre especies que son de interés para la conservación (bien por su rareza o bien por su función ecológica), pero que no son producidas en vivero.



**Figura 5.-** Vista de Viveros Alborada con especies de procedencia Manchega.

## **5 MÉTODO DE TRABAJO PARA LA EJECUCIÓN DE LA RESTAURACIÓN**

Como se detalla en el apartado de resultados, existen experiencias y antecedentes a la restauración llevada a cabo en 2017, estas se basaron en las acciones llevadas a cabo por los grupos de prácticas entre 2016 y 2017 en las zonas de balsas de Fase 0. La evaluación y valoración de las acciones llevadas a cabo con anterioridad permite el desarrollo de un plan de gestión adaptativa, que lleva aparejado una mejora en el manejo y una optimización del uso de recursos y de la aplicación de acciones que se deben llevar a cabo en un futuro.

El objetivo de las plantaciones de otoño de 2017 fue crear ecosistemas funcionales mediante la plantación masiva de especies que generan estructuras de vegetación, con una composición florística y función ecológica determinada. La mayor parte del trabajo fue llevado a cabo por un grupo de 6 estudiantes graduados de la Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica de Toledo. El grupo de prácticas asiste y participa de manera puntual en algunas de las acciones, debido a que su vocación es principalmente formativa.

Tras el cálculo de las superficies totales se procedió al estudio de la geomorfología y las orientaciones del territorio con el objetivo de evaluar dónde era más oportuno restaurar algunos de los hábitats señalados, teniendo también en cuenta la cercanía a masas de agua y su régimen estacional.

Debido a que se trata de un área urbana con taludes y topografías modeladas artificialmente y a la composición del suelo (limos y arcillas), se optó por el uso de la ahoyadora y el torito ahoyador. La descompactación del suelo mediante ripado fue una alternativa que se descartó por el temor a la ocurrencia de escorrentías, así como por la dificultad de llevarlo a cabo debido al arbolado y mobiliario urbano preexistente en la zona de plantación. Uno de los principales problemas que se encontró fue la compactación del suelo. El uso de maquinaria pesada permite la creación de diferentes relieves y oportunidades para la restauración de diferentes tipos de vegetación. En contrapartida compacta el suelo, este hecho se agravó con el retraso de las lluvias de otoño.

El torito ahoyador realizaba mejores hoyos y con menos esfuerzo, pero sólo podía ser usado en terrenos llano o con ligera pendiente (rotonda y algunas zonas estanciales). Finalmente la mayor parte de la plantación se llevó a cabo mediante ahoyador a un ritmo medio de 600 plantas por día.

En un principio se optó por empezar desde la zona de la rotonda y avanzar por las zonas estanciales hasta la balsa, pero debido a la compactación del suelo se optó por reorganizar los grupos de vegetación y empezar a trabajar por la rotonda y continuar en zonas bajas de taludes y umbrías, donde la humectación del terreno permitía la labor del ahoyador. Las plantas fueron enviadas desde el vivero en 3 portes, a causa de la alta temperatura del pasado otoño el riego de las plantas almacenadas aún en alveolo fue fundamental a primera y última hora de día.

Las plantas se distribuyeron en grupos de alrededor de 100 individuos, la ubicación de cada grupo fue marcada mediante el uso de una estaca. Con el objetivo de crear una distribución natural de la vegetación se dejó libertad a la hora de la colocación de las plantas, siempre tratando de colocar las de mayor porte de una forma distanciada. Como se refería en el apartado de composición: dependiendo de las áreas se trató de dar continuidad a la plantación entre grupos (principalmente en taludes) o acotarla en un espacio determinado (zonas estanciales), o a distanciarla para permitir la siega (zonas de hidrosiembra), según las necesidades del área a restaurar. El proceso de plantación consistió en abrir un hoyo, plantación de la plántula, elaboración de alcorque para favorecer la captación de agua, primer riego y colocación de protector. En cuanto al protector se usó el protector forestal de tubo verde. Se decidió la colocación de protector debido al alto número de conejos en la zona. Este protector tiene algunas ventajas como la protección contra la herbivoría, la retención de humedad, la protección contra el sol directo y también contra las heladas; las desventajas son que para algunas especies de matorral bajo (especies con forma hemisférica) el protector produce espigamiento, impidiendo su normal crecimiento. Otra desventaja es que debido a los fenómenos de viento que se producen en la zona es fácil que sean arrastrados, quedando la planta desprotegida y generando problemas para la gestión (Figura 6).



**Figura 6.-** Restitución de protectores tras fenómenos de viento.

En su técnica Miyawaki & Fujiwara (1988) recomienda retirar la primera capa de suelo, arar, abonar, y después devolverla para realizar los agujeros en el suelo para las plántulas. Sin embargo por nuestra experiencia no se recomienda realizar estas acciones en el área de estudio, debido a que se ha observado que este proceso conlleva un alto grado de perturbación que favorece la aparición de especies nitrófilas primocolonizadoras anuales (*Sylibum marianum*, *Onopordum nervosum*), además del alto riesgo de generar escorrentías. Por lo tanto la preparación del suelo consistirá en la realización de un agujero profundo para fomentar un desarrollo radicular fuerte (Bainbridge *et al.* 1995) y la colocación previa de un acolchado compuesto por manta de coco o tierra vegetal procedente de los cultivos preexistentes en la zona.

Hay que destacar la importancia del uso de la tierra vegetal de los cultivos y pastos preexistentes. Tras varias experiencias y la realización de un experimento aún en curso sobre el uso del banco de semillas se puede concluir que éste es un activo importante a la hora de la restauración. En el polígono tenemos el caso de la mediana B 12 (foto) en la que se generó un pasto natural de bajo mantenimiento mediante el uso del banco de semillas procedente del antiguo vertedero restaurado de Illescas. En el caso del uso de tierra vegetal de campos de cultivo se ha observado que el trigo y la cebada sólo aparecen en el primer año tras el esparcido de la tierra vegetal, en un principio la vegetación arvense típica de bordes de cultivo es predominante. Dependiendo del manejo que se quiera dar se puede dejar evolucionar por sí solo, dejando trabajar a la sucesión secundaria natural o se puede forzar la aparición de un pasto más bajo mediante siegas sucesivas, que favorecen a los hemicriptófitos.



Figura 7.- Vista vial B12 con pradera a partir del banco de semillas.

En cuanto a la preparación del suelo:

**Manta/malla de coco** (Figura 8): en el caso de zonas con talud, es una alternativa artificial para la protección del suelo contra la erosión a la vez que se aumenta el contenido en materia orgánica y se retiene la humedad, fue instalada en los taludes de las balsas. Como

medida de protección adicional, se coloca un biorrollo de coco en la parte baja del talud, en contacto la lámina de agua, con el fin de evitar la entrada de materiales finos provenientes de la ladera en la balsa.



Figura 8. Preparación de Manta de coco.

**Elaboración de agujeros profundos y hoyos de plato hondo** (Figura 9): como recomienda Bainbridge *et al.* (1995) y Bainbridge (2007), es importante la realización de agujeros hondos (de unos 70 cm) con el objetivo de un desarrollo radicular fuerte y profundo. Los hoyos de plato hondo hacen que sea posible la acumulación de humedad, algo de suma importancia para la supervivencia de las plántulas en ecosistemas secos.



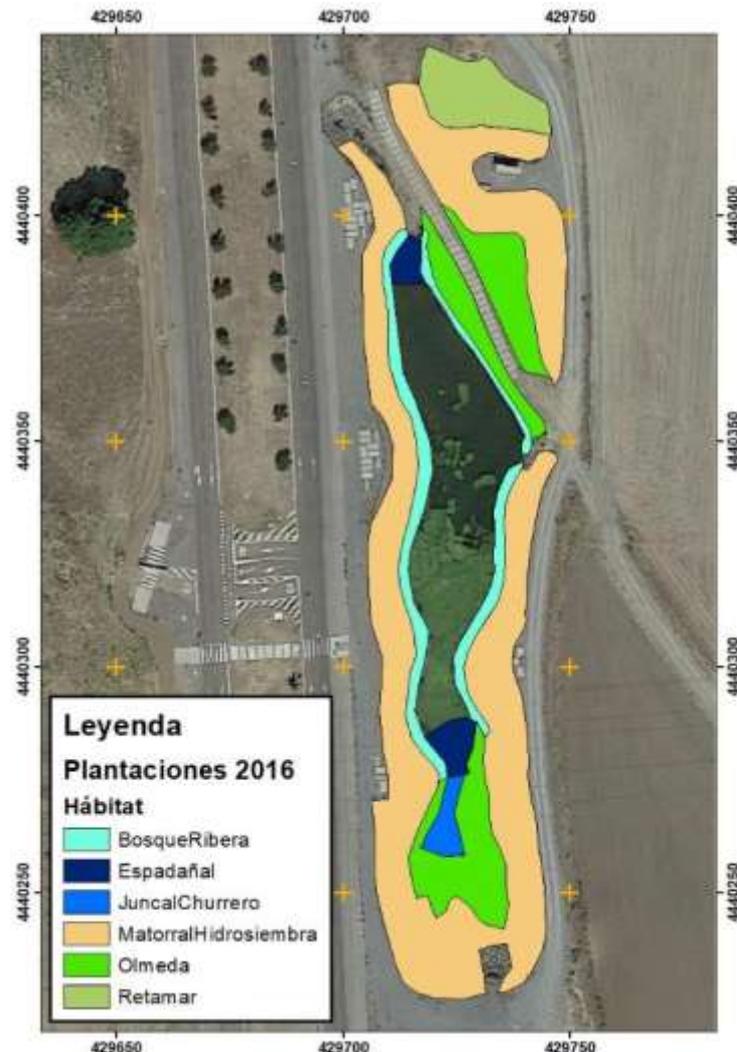
Figura 9. Preparación de agujeros para plantación.

## 6 RESULTADOS DE LA RESTAURACIÓN

### 6.1 ACCIONES FASE 0 Y FASE 1

Como antecedente se debe mencionar que los trabajos de restauración comenzaron en 2016. Se llevó a cabo una actuación en la balsa de Fase 0 (Figura 8), de la que se pudieron extraer diferentes conclusiones. Se realizó una hidrosiembra compuesta por *Festuca arundinacea*, *Lulium rigidum*, *Trifolium fragiferum* y *Trifolium resupinatum*, mezcla comercial habitual en la restauración de taludes en clima mediterráneo continental y a su vez una matorralización con unas 800 plantas de procedencia manchega sin protectores. El área que abarcan las acciones realizadas puede comprobarse en la Tabla 4 del Anexo.

El resultado fue que tras las lluvias de invierno, la hidrosiembra se desarrolló alcanzando gran altura, esto unido a la alta herbivoría por parte de los conejos y las necesidades de gestión contra incendios hicieron que la plantación fuera infructuosa, quedando sólo algunos individuos de *Atriplex halimus* y de *Dorycnium pentaphyllum*. La hidrosiembra tiene un desarrollo bastante vigoroso en el primer año, y se hace difícil que sea desplazada por la vegetación nativa en zonas cercanas al agua y orientaciones norte, esto es debido a su carácter de vegetación templada. El retamar (*Retama sphaerocarpa*) fue restaurado en una de las jornadas de concienciación ambiental que se organizan para integrar el proyecto entre empresas empleados, universidad y población local. La vegetación edafohigrófila compuesta por un bosque de ribera en forma de tarayal (*Tamarix gallica*, proveniente de viverismo silvestre) fue introducida durante la primavera de 2016, así como los espadañales (*Typha domingensis*) y juncal churrero (*Scirpoides holoschoenus*). Entre el otoño de 2016 y la primavera de 2017 se establecieron parcelas de investigación en la ladera de la balsa para el estudio de introducción de especies climatófilas. Los entornos y laderas de la balsa fueron reforzados con una nueva plantación en el año 2017, las especies usadas fueron las mismas que las empleadas en las plantaciones de otoño de ese mismo año (Anexo, Tabla 2). La olmeda se introdujo en las zonas inundables, y fue restaurada mediante la introducción de 100 ejemplares de *Ulmus minor* procedentes del Programa Español para la evaluación y conservación de los recursos genéticos de los olmos y la obtención de individuos resistentes a la grafiosis de ministerio del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.



**Figura 8.-** Mapa Balsa Fase 0 con los Tipos de vegetación que han sido restaurados

En esta fase, también se elaboró una pequeña balsa (Figura 9) en el entorno del olivar. En esta balsa se introdujeron un espadañal (*Typha domingensis*) y un bosque de ribera compuesto por tarays (*Tamarix gallica*) sauces (*Salix lambertiana*, *Salix alba* y *Salix neotricha*) y olmos (*Ulmus minor*). En la actualidad el espadañal se encuentra en expansión y se ha detectado la llegada de junco churrero (*Scirpus holoschoenus*) y carrizo (*Phragmites australis*). Las comunidades de hidrófitos fueron restauradas mediante la introducción de individuos encontrados en un hueco minero naturalizado que se había convertido en una balsa. Las especies identificadas fueron: *Potamogeton pectinatus*, *Chara sp.*, *Miriophyllum sp.*

Todas las acciones mencionadas fueron llevadas a cabo en el marco formativo de las Prácticas en Empresa.

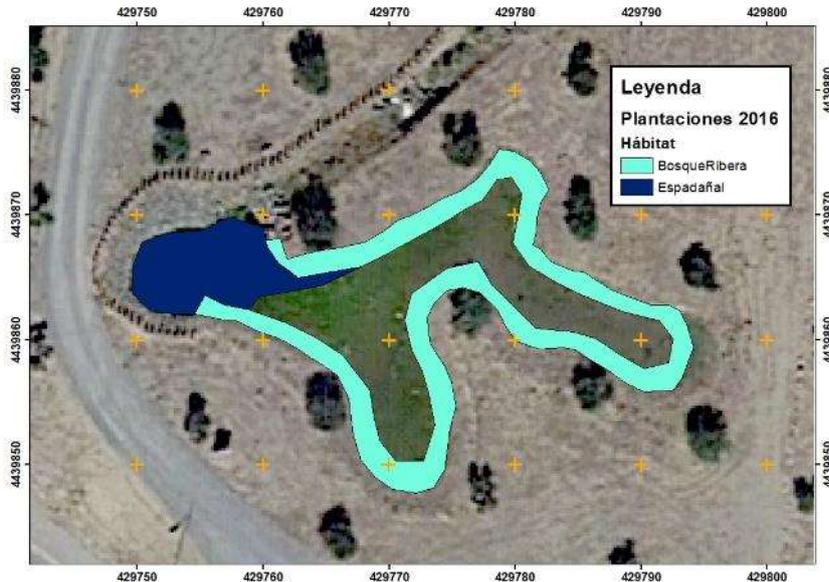
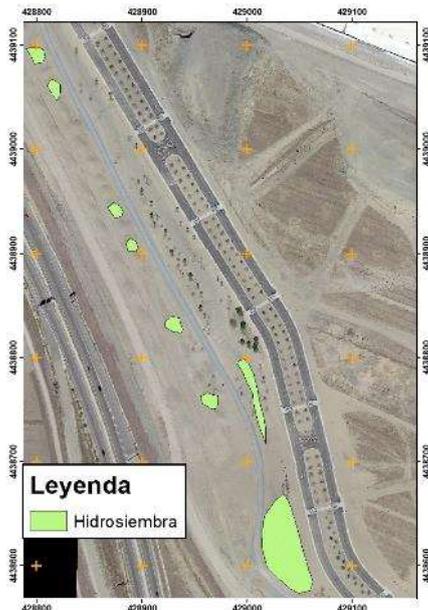


Figura 9.- Mapa Balsa pequeña olivar Fase 0

## 6.2 ACCIONES FASE 2

A partir de las experiencias mencionadas y teniendo como guía el Plan de Restauración y Promoción de la biodiversidad en Plataforma Central Iberum integrado en el Programa de Paisajismo del Proyecto de Plataforma Central Iberum se decidió restaurar la Fase 2 conforme a los criterios indicados. Se acordó proceder a la restauración de las zonas de talud, dejando las zonas más llanas con una vocación más estancial (por lo que en algunas de ellas únicamente se ha introducido matorral bajo, como tomillares, con el objetivo de integrarlas en el concepto del proyecto)



Figuras 10 y 11.- Mapas de hidrosiembra en Fase 2

La elaboración de la topografía de la Fase 2 se llevó a cabo entre 2016 y 2017. En la primavera de 2017 se realizó una hidrosiembra basada en grama (*Cynodon dactylon*) que sólo tuvo éxito en las zonas cercanas al agua (hasta la zona de olmeda), debido a que se trata de una planta C4 tropical que necesita de lluvias de verano. La falta de estrato vegetal unido a un fenómeno de lluvias torrenciales de verano provocó acarcavamiento en algunos taludes, por lo que se decidió hidrosembrar en zonas puntuales con el objetivo de evitar escorrentías. Se usó la misma mezcla que para Fase 0. Teniendo en cuenta los problemas encontrados en Fase 0 a la hora de compatibilizar hidrosiembra y matorral, las zonas de hidrosiembra (Figuras 10 y 11) fueron plantadas a una densidad mucho menor.

En cuanto a las plantaciones en Fase 2 se pueden dividir en 3 áreas. En el Anexo se encuentran el número de manchas por zona (Tabla 1), el total de individuos plantados (Tabla 2), así como la composición de las manchas (Tabla 3). El área que abarcan las acciones realizadas puede comprobarse en la Tabla 4 del Anexo. Se trabajó con grupos de plantas de unos 100 individuos para restaurar cada uno de los Tipos de Vegetación climatófila. Aparte de estas tres áreas mencionadas también se introdujeron 700 plantas de matorral bajo en los bordes del camino hecho con placas de la Mediana B12 (Figura 7). La disposición de los tipos de vegetación restaurados se explica a continuación.

### 6.2.1 GLORIETA G8:

Las topografías creadas artificialmente en la Glorieta G8 (Figura 12) ofrecían diversas posibilidades. Es la glorieta de acceso al polígono desde la A-42, por eso se quiso dar importancia a la hora de que los visitantes y trabajadores reciban este primer mensaje sobre el Concepto de Plataforma Central Iberum. La glorieta tiene un total de 5.137 m<sup>2</sup> plantados, donde se establecieron unos 4.500 individuos. En las zonas altas de las microtopografías creadas se establecieron espartales (*Stipa tenacissima*), en las orientaciones sur se restauraron comunidades de albardín (*Lygeum spartum*), mientras que en las vaguadas y las orientaciones norte se plantaron retamares (*Retama sphaerocarpa*). En la gran vaguada en forma de valle entre áreas más elevadas se restauró una comunidad de coscojar/encinar (*Quercus coccifera*, *Quercus rotundifolia*). La composición de los grupos de plantas corresponde a la Tabla 3 del Anexo.

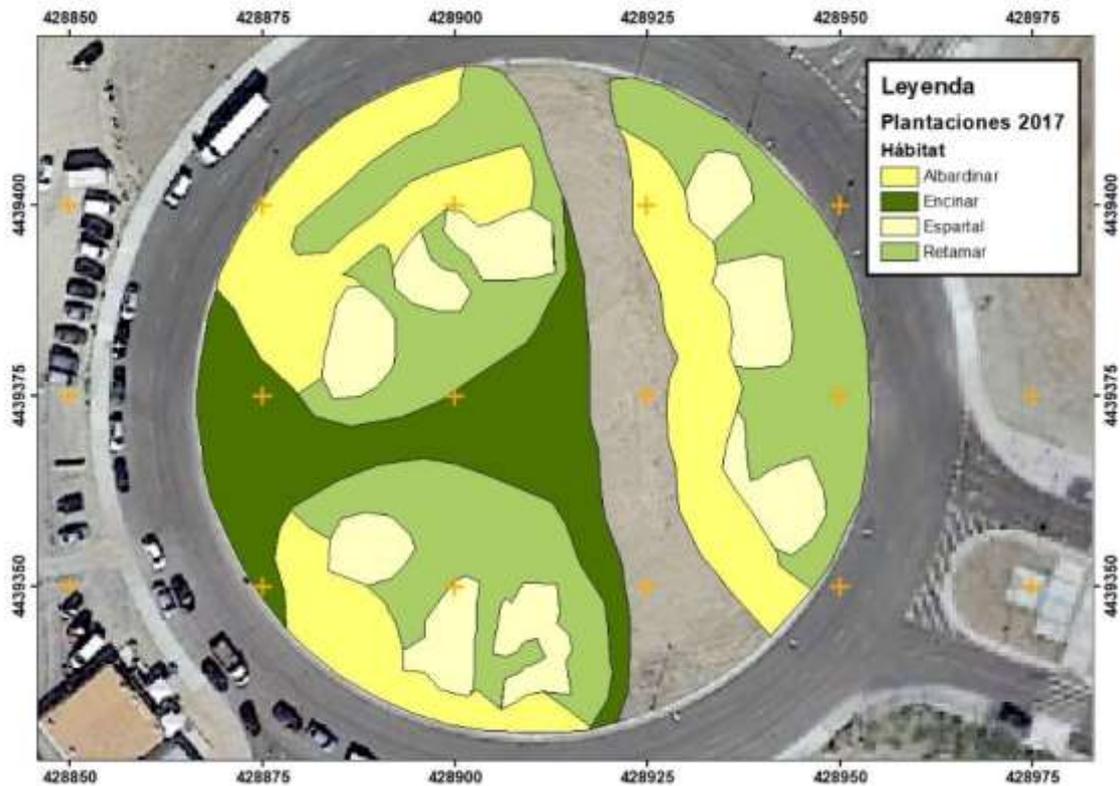


Figura 12.- Mapa de la restauración de tipos de Vegetación en la Glorieta G8

### 3.2.2 BALSAS FASE 2:

Como consecuencia de la compactación del terreno el siguiente punto a trabajar fueron las zonas bajas en orientaciones norte de la balsa (Figura 13). Empezando por los encinares y continuando por retamares, para seguir con los albardinares y por último los espartales. Se comenzó la plantación de oeste a este. Se plantaron unas 10.000 plantas en una superficie de 13.912 m<sup>2</sup>. De esta manera se restauraron en las partes altas de las laderas norte retamares y en las partes bajas un encinar-coscojar; en las laderas con orientación sur se restauraron espartales en las partes altas y albardinares en la zona del talud. La vegetación edafohigrófila se dispone en bandas: se restauró una zona de espadañal (*Typha domingensis*) y una zona de juncal churrero (*Scirpoides holoschoenus*). El bosque de ribera se compone de tarays (*Tamarix gallica*, *Tamarix boveana*) y juncos churreros en las orientaciones más expuestas y de tarays, sauces (*Salix lambertiana*, *Salix alba* y *Salix neotricha*) y chopos (*Populus alba*) con una orla de zarzas (*Rubus ulmifolius*) en las orientaciones norte. Las zonas de inundación son ocupadas por la olmeda en la que se introdujeron 250 individuos de *Ulmus minor* procedentes del Programa Español para la evaluación y conservación de los recursos genéticos de los olmos y la obtención de individuos resistentes a la grafiosis de ministerio del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Transición ecológica. Debido a las características fisicoquímicas del suelo y la frecuente carbonatación secundaria se plantó una orla exterior de *Atriplex halimus* alrededor de la vegetación edafohigrófila. Las cambronerías fueron transplantadas del antiguo vertedero de Illescas y se dispusieron formando setos de espinosas que

constituyen un refugio para la avifauna. La composición utilizada para los grupos de plantas corresponde a la Tabla 3 del Anexo.

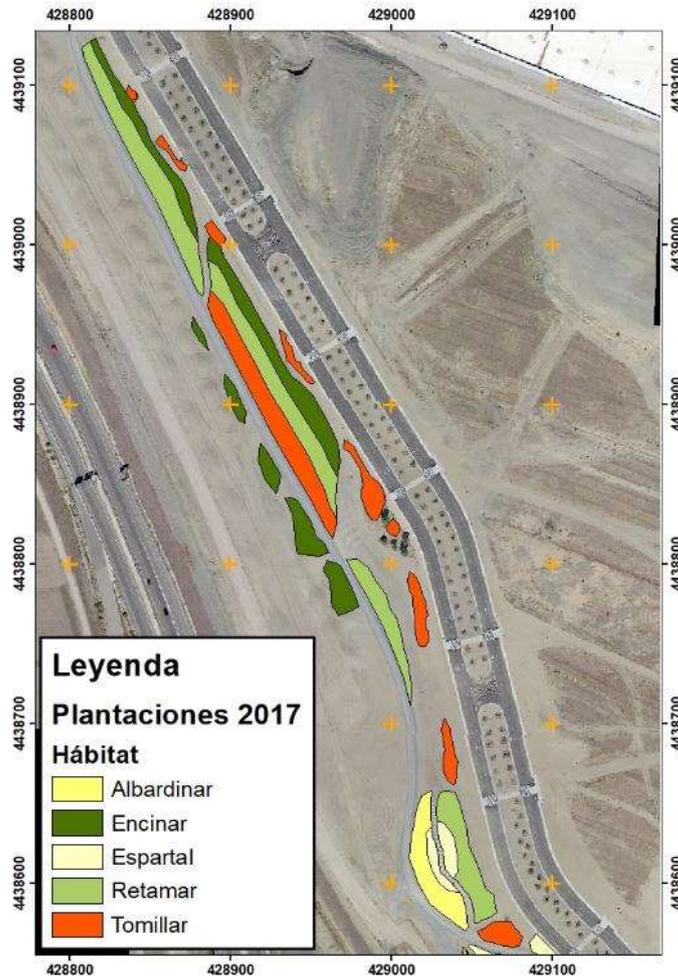


**Figura 13.-** Mapa de la restauración de tipos de Vegetación en las Balsas de Fase 2.

### 3.2.3 ZONA ESTANCIAL FASE 2:

Finalmente se llevó a cabo, la restauración de la zona estancial y de arbolado (Figura 14). Se plantó un total de 8.700 plantas en 13.578 m<sup>2</sup>. En las partes llanas más expuestas y zonas estanciales se disponen los tomillares; en estas últimas de forma espaciada para permitir el tránsito de las personas.

. En las orientaciones norte se disponen retamares en las zonas altas de las laderas que a su vez actúan como barrera visual hacia las naves, en la parte baja de las laderas norte se restauraron los encinares- coscojares. En el montículo de la ladera sur se restauraron albardinares en la parte sur espartales en la parte alta y retamares en la ladera norte. La composición posición de los grupos de plantas corresponde a la Tabla 3 del Anexo.



**Figura 14.-** Mapa de la restauración de tipos de Vegetación en la zona estancial de Fase 2.

## 7 CONCLUSIONES

El sector industrial genera impactos de diversa naturaleza e intensidad dependiendo de la actividad considerada. Desde el punto de vista ambiental puede afectar al ciclo del agua, a la calidad del aire, al incremento de consumo energético, a la generación de ruido, a la transformación del paisaje, etc, pudiendo llegar a perjudicar a la salud de las personas residentes en áreas cercanas a la implantación industrial, a los trabajadores de las industrias o a la fauna y flora locales.

Es por ello que PCI apuesta por el desarrollo sostenible del polígono desde el inicio del proyecto, tal y como se pone de manifiesto al prever su ejecución por fases, acordes con las necesidades de cada momento y por un enfoque de las zonas verdes de carácter multifuncional y favorecedora de la biodiversidad local e inclusión de todos los agentes afectados.

No hay duda de que la existencia humana lleva aparejada la necesidad de transformación del territorio, pero es necesario cambiar la manera de hacer urbanismo generando nuevos vínculos y sinergias con las empresas e industrias, los gobiernos locales y la población afectada, de manera que todos se impliquen en este nuevo modelo.

Plataforma Central Iberum es, en este sentido, un referente de desarrollo equilibrado para un crecimiento económico, que aúna la integración medioambiental y la parte social. La intención es conseguir el primer polígono industrial de emisiones 0 en Europa, motivándonos a seguir investigando y a asentar las bases necesarias para lograrlo.



**Figura 15.** Vista de las plantaciones en las Balsas de Fase 2.

Desde el punto de vista del diseño de los espacios verdes, PCI supone un ejemplo de colaboración entre disciplinas complementarias como son el paisajismo y la ecología aplicada en la restauración de ecosistemas. En este sentido el diseño del espacio, el estudio y empleo de especies autóctonas en proyectos de zonas verdes está sirviendo para dar valor a la rica flora mediterránea, poco empleada en proyectos de este tipo, dando además oportunidad de desarrollo a empresas del sector como son los propios viveros de producción de flora autóctona local.

El empleo de vegetación adaptada a la climatología y edafología local, es además garantía de una reducción en las labores posteriores de mantenimiento, como puede ser el aporte de agua de riego, que en este caso queda reducido al periodo del riego de implantación; los aportes de abonos, fertilizantes o fitosanitarios, que en nuestro caso quedan excluidas por la autonomía y adaptación de las especies elegidas; así como los requerimientos de poda, al definir el diseño de plantaciones de acuerdo con la funcionalidad espacial y el respeto de la estructura natural de los especímenes empleados, que quedarán limitados a podas de formación o limpieza del arbolado manteniendo su estructura natural.

En cuanto a la gestión de las amplias superficies de zonas verdes en las que las praderas son protagonistas, al buscar favorecer la biodiversidad local y el establecimiento de ecosistemas que se autorregulen, se va a favorecer la gestión diferenciada, reduciendo en lo posible las siegas en periodo de actividad de polinizadores, favoreciendo la floración y producción de semillas para la autosiembra. De esta manera también se favorecen los grupos de fauna asociados como son los propios polinizadores, microfauna del suelo, pequeños mamíferos herbívoros y avifauna insectívora o que se alimenta de semillas.

Gracias al uso de Soluciones basadas en la Naturaleza, en este caso la restauración ecológica de las zonas verdes del parque industrial y las soluciones para la gestión de pluviales, estas requieren un bajo mantenimiento, favoreciendo la economía circular del agua. Los beneficios económicos de los ecosistemas bien gestionados y los servicios que proveen son un aspecto cada vez más reconocido en el desarrollo de proyectos. Un paisajismo planificado de forma estratégica para conservar y restaurar las funciones de los ecosistemas, de tal manera que generen beneficios asociados para la población, se convierte así en *infraestructura verde*. Cuando la infraestructura construida (gris) se combina con infraestructura verde se generan soluciones más eficientes que pueden ayudar a reducir costos en las inversiones relacionadas al sector hídrico y agrícola, aumentar la resiliencia frente al cambio climático y proveer beneficios sociales, ambientales y económicos adicionales (IUCN 2017-2020).

Plataforma Central Iberum constituye un gran ejemplo de la puesta en marcha y aplicación de estudios y proyectos de investigación, desarrollo e innovación que se enmarcan dentro de los objetivos de la Estrategia de Biodiversidad 2020 de la UE, de las metas de Aichi para 2020 desarrolladas por el Convenio de Diversidad Biológica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU para 2030, así como para el desarrollo de programas de Educación Ambiental a todos los niveles, Prácticas en Empresas para estudiantes de Ciencias Ambientales y el fomento del Empleo Verde.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, P (2015). Diseño de áreas verdes con criterios ecológicos. Ci[ur] 101 Julio Agosto 2015
- Bainbridge, D., Franson, R., Williams, A.C., Lippitt, L. (1995) A Beginner's Guide to Desert Restoration. Denver Service Center, National Park Service, United States Department of the interior.
- Bainbridge D.A. 2007. A Guide for Desert and Dryland Restoration. New Hope for Arid Lands. Society for Ecological Restoration International. Island Press.
- Cairns, J., Jr., 1988. Rehabilitating Damaged Ecosystems. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Cirujano, S. (2002) Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla- La Mancha. FARESO S.A. (Madrid) I.S.B.N.: 84932269-4-7
- Clewell A.F. & Aronson J. (2007). Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession. Society for Ecological Restoration International. Island Press.

- Fujiwara, K., Hayashi, H., Miyawaki, A. (1993) Restoration of Natural Environment by Creation of Environmental Protection Forest in Urban Areas. Bull. Inst. Environ. Sci. Technol., Yokohama Natn. Univ. 19: 51- 60 (1993).
- Guijarro, R (2017) Técnicas de Restauración Ecológica Aplicadas en Plataforma Central Iberum- “Polígono Industrial Veredilla III” Illescas (Toledo). Trabajo Fin de Grado. Inédito.
- Isabel, JM (2016) Plan de Restauración Ecológica y Promoción de la Biodiversidad en Plataforma Central Iberum. Universidad de Castilla- La Mancha. Trabajo Fin de Máster. Inédito.
- Kowarik, I. (2011) Novel urban ecosystems, biodiversity and conservation. Environmental pollution 159 (2011) 1974-1983
- Laorga, S. (1986) Estudio de la flora y la vegetación de las comarcas toledanas de la cuenca central del Tajo. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.
- Miyawaki, A., Fujiwara, K. (1988) Restoration of Natural Environment by Creation of environmental Protection Forest in Urban Areas. Bull. Inst. Environ. Sci. Technol., Yokohama Natn. Univ. 15;95- 102 (1988)
- Miyawaki, A., Golley, F. B. (1993) Forest reconstruction as ecological engineering. Ecological Engineering, 2 (1993) 333-345. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Miyawaki, A. (1998) Restoration of urban green environments based on the theories of vegetation ecology. Japanese Center for International Studies in Ecology, 32 Yamasita-cho, Naka-ku, Yokohama, 231. Ecological Engineering 11 (1998) 157–165
- Miyawaki, A. (1999) Restoration of urban green environments based on the theories of vegetation ecology. Japanese Centre for International Studies in Ecology. Yamasita-cho, Naka-ku, Yokohama. Plant Biotechnology, 16 ( 1)1 5-25( 1999).
- Miyawaki, A. (2004) Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice. Japanese Center for International Studies in Ecology (JISE), 6F

- Yokohama Collective Municipal Bld. 32 Yamashita-cho Naka-ku Yokohama, 231–0023, Japan. *Ecological Research* (2004) 19 : 83–90.
- Molina, J. A. (1996) Sobre la vegetación de los humedales de la Península Ibérica (1. Phragmiti-Magnocaricetea). *Lazaroa* 16: 27-88 (1996).
- Pizarro, J.M. (1995) Contribución al estudio taxonómico de *Ranunculus* u. subgen. *Dairachium* (DC.) A. Gray (Ranunculaceae). *Lazaroa* 15; 21- 113 (1995)
- Rivas-Martínez, S., E. Díaz, T., Fernánsanz, M.E., Rodríguez, J.P., Galán, L. A., Vivar, V., Baltuille J. M. dez-González, F., Izco, J. Loidi, J., Lousá, M., Penas, A. (2002) Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. Part I.
- Rivas-Martínez S. & col. (2011). Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España [Memoria del Mapa de Vegetación Potencial de España. Parte 20 I]. *Itinera Geobotanica* 17: 5-435.
- Rubio, F.J., Mediavilla, R., Portero, J., Sanz, M.E., Rodríguez, A., Galán, L.A., Vivar, V., Baltuille, J.M. (2010) Mapa Geológico de España Escala 1:50,000. Hoja 605. Instituto Geológico y Minero. ISBN: 978-84-7840-827-6.
- Sardinero, S. Garro, M.C., de la Fuente, J., Fernández, F., Gegúndez, P., Guzmán, T., Púa, F. (2014) Hoja de rura para la restauración ecológica de una cantera. CONAMA 2014.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. [www.ser.org](http://www.ser.org) & Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Tuxen, R., 1956. Die huetige potentielle natuerliche Vegetation als Gegestand der Vegetationskarierung. *Angewandte Pflanzensoziologie*. Stolzenau/Weser 13, 5–42.
- UICN 2017-2020. Web: <https://www.iucn.org/node/28778>.

## 9 ANEXO

**Tabla 1.** Cantidad de grupos de Tipos de Vegetación introducidos en cada Zona durante las plantaciones masivas de Fase 2.

Zona/Hábitats	Encinar	Retamar	Espartal	Albardinar	Tomillar	Total/Zona
Balsa	22	21	19	37	0	99
Zona ab	22	38	5	7	14	86
Glorieta G8	10	10	6	16	0	42
<b>Total Grupos</b>	54	69	30	60	14	227

**Tabla 2.** Cantidad de individuos introducidos por especie en durante las plantaciones masivas de Fase 2.

Especie	Número
Atriplex halimus	900
Colutea hispanica	874
Coronilla minima	600
Cistus albidus	953
Daphne gnidium	332
Ephedra fragilis	981
Iberis saxatilis	739
Jasminum fruticans	958
Lavandula latifolia	964
Pistacea terebinthus	797
Quercus coccifera	595
Quercus rotundifolia	630
Retama sphaerocarpa	3120
Rhamnus alaternus	1112
Rhamnus lyciodes	1290
Salvia lavandulifolia	1063
Salvia argentea	226
Santolina chamaecyparissus	1598
Stipa tenacissima	1120
Thymus zygis	1188
Thymus vulgaris	1012
Lygeum spartum	2953
Rubus ulmifolius	275
Scirpus holoschoenus	235
<b>Total</b>	<b>24513</b>

**Tabla 3.** Composición de los grupos de plantas usados para la restauración de las zonas de Fase 2 en Plataforma Central Iberum en 2017.

Especie/hábitat	Encinar	Retamar	Espartal	Albardinar	Tomillar
<i>Colutea hispanica</i>	10	5	0	0	0
<i>Coronilla minima</i>	1	3	6	2	6
<i>Cistus albidus</i>	7	7	1	0	0
<i>Daphne gnidium</i>	5	2	0	0	0
<i>Ephedra fragilis</i>	9	6	0	0	0
<i>Iberis saxatilis</i>	0	0	5	7	10
<i>Jasminum fruticans</i>	10	6	0	0	0
<i>Lavandula latifolia</i>	1	1	12	6	12
<i>Pistacea terebinthus</i>	8	5	0	0	0
<i>Quercus coccifera</i>	13	0	0	0	0
<i>Quercus rotundifolia</i>	13	0	0	0	0
<i>Retama sphaerocarpa</i>	0	42	0	0	0
<i>Rhamnus alaternus</i>	12	6	0	0	0
<i>Rhamnus lyciodes</i>	12	8	0	0	0
<i>Salvia lavandulifolia</i>	0	3	8	9	15
<i>Salvia argentea</i>	0	0	10	5	0
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	0	4	14	17	14
<i>Stipa tenacissima</i>	0	0	35	0	0
<i>Thymus zygis</i>	3	3	6	6	18
<i>Thymus vulgaris</i>	3	2	5	4	26
<i>Lygeum spartum</i>	0	0	0	48	0
<b>Total</b>	<b>107</b>	<b>103</b>	<b>102</b>	<b>104</b>	<b>101</b>

**Tabla 4.** Áreas restauradas hasta la fecha en Plataforma Central Iberum.

	Hábitat	Área m2	Total m2
<b>Balsa Fase 0</b>	BosqueRibera	534	
	Espadañal	154	
	JuncalChurrero	93	
	MatorralHidrosiembra	3361	
	Olmeda	950	
	Retamar	360	5452
<b>Balsa Fase 2</b>	Albardinar	2927	
	BosqueRibera	1806	
	Cambronera	275	
	Encinar	2173	
	Espadañal	115	
	Espartal	3195	
	JuncalChurrero	148	
	Olmeda	939	
	Retamar	2334	13912
<b>Zona Estancial</b>	Albardinar	1021	
	Encinar	3414	
	Espartal	489	
	Retamar	4379	
	Tomillar	3530	13578
<b>Glorieta G8</b>	Albardinar	1432	
	Encinar	979	
	Espartal	851	
	Retamar	1875	5137
<b>Balsa pequeña</b>	BosqueRibera	180	
	Espadañal	74	254
<b>Total</b>			38333