

## 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 integrar la biodiversidad en sus actividades económicas. Las actividades mineras a cielo abierto provocan una serie de impactos que pueden incidir en el medio ambiente así como en el desarrollo socioeconómico de la población (Starke 2006, Aronson, Milton & Blignaut 2007, Sardinero et al. 2014).

Las Soluciones basadas en la Naturaleza se pueden considerar como un concepto paraguas que incluye una serie de enfoques diferentes como la *Adaptación Basada en Ecosistemas*. Estos enfoques nacen de distintas disciplinas pero comparten un mismo interés en utilizar las funciones de los ecosistemas para resolver los problemas que enfrentamos, en lugar de depender solamente en soluciones convencionales (UICN 2017/2020). En este caso se utiliza el concepto de las SbN en la aplicación de restauración ecológica en una cantera de caliza del grupo LafargeHolcim en Yepes-Ciruelos.

La cantera de Yepes-Ciruelos lleva en explotación desde los años 30 del siglo pasado. La Universidad de Castilla-La Mancha se ha encargado de la planificación y monitorización de la restauración ecológica de la cantera 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 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 (Figura 5), 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).

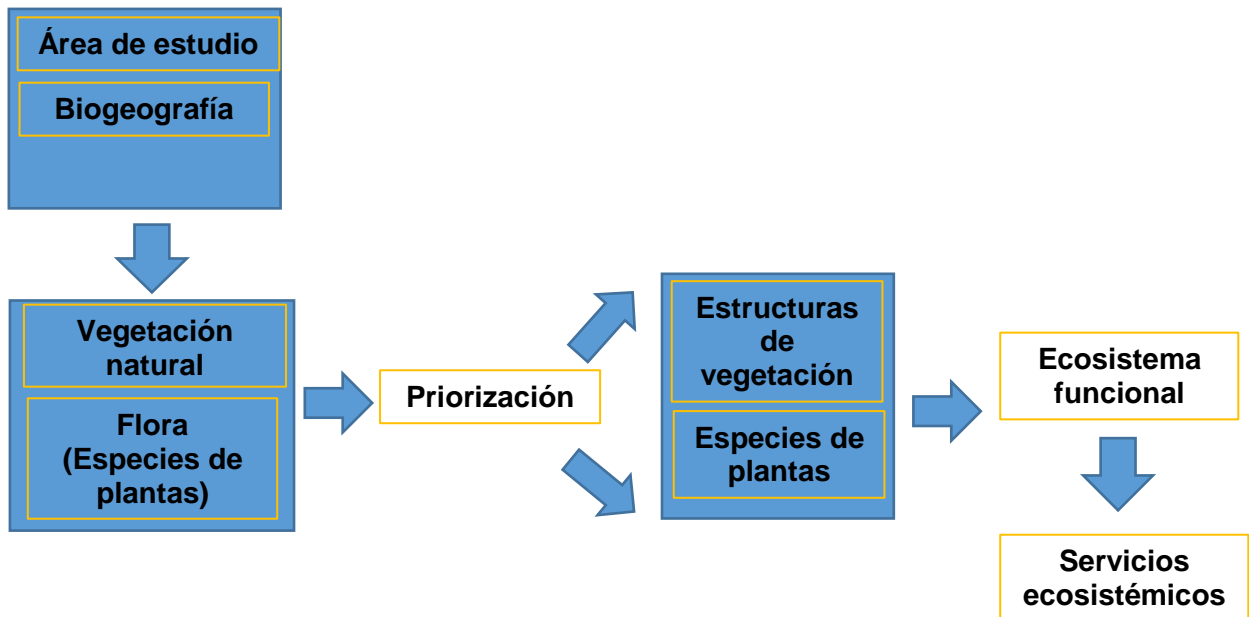
Planificar una restauración ambientalmente adecuada requiere conocer la dinámica natural y las características estructurales de la vegetación (Walker, Walker & Hobbs 2007). Para ello es necesario llevar a cabo un inventario ambiental del área de estudio que permita conocer los componentes básicos del territorio para posteriormente diseñar adecuadamente las labores de restauración. Para garantizar que el proceso de restauración ecológica se desarrolle con éxito, es necesario elaborar una hoja de ruta que contemple los aspectos y acciones que aseguren la recuperación del entorno (Clewell & Aronson 2007, Bainbridge 2007).

## 2 MATERIAL Y METODOS

### 2.1 PLANIFICACIÓN DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Los pasos a seguir para en el proceso de restauración de ecosistemas que propone Sarinero et al. 2014 son los siguientes: elaborar un catálogo florístico, clasificar los tipos de vegetación, cartografiar los tipos de vegetación, elaborar un modelo de sucesión vegetal,

valorar cada tipo de vegetación, valorar cada área con vegetación homogénea, valorar la biodiversidad de la cantera, revisar la flora a escala regional, generar mapas de distribución de especies interesantes a escala regional, realizar fichas de Síntesis de cada especie considerada interesante, establecer estrategias para la introducción de diferentes especies y tipos de vegetación de interés, restaurar con especies y tipos de vegetación naturales, evaluar la eficiencia de las labores de restauración, elaborar y desarrollar un “Programa de Uso Público y de Educación Ambiental del Plan de Restauración” y divulgar los resultados. Estos pueden sintetizarse en el esquema de la Figura 1:



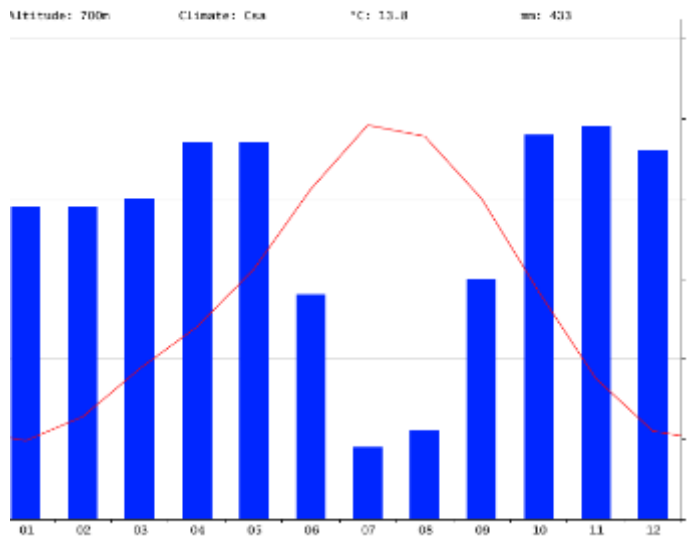
**Figura 1.** Esquema con los pasos para la llevar a cabo la restauración de un ecosistema degradado

La restauración ecológica es una actividad intencionada que asiste a la recuperación de un ecosistema con respecto a su integridad, sostenibilidad y funcionalidad. Los ecosistemas restaurados poseen una composición florística, estructura y funcionalidad ecológica semejantes al ecosistema de referencia elegido. Lo que se extrae de esta afirmación es que las acciones que se llevan a cabo en una restauración deben asistir al propio desarrollo de la sucesión secundaria natural de la vegetación, poniendo énfasis en los “cuellos de botella” (situaciones en las que la sucesión se estanca o necesita de un largo tiempo para desarrollarse).

La información aportada por los seguimientos, trabajos de campo y observaciones que se llevan desarrollando desde 2006 constituyen verdaderas lecciones de restauración para conseguir las mejores tasas de supervivencia en distintos ambientes, orientaciones, condiciones de estío, condiciones de competencia o simbiosis de especies y tipo de técnica utilizada. (Sardinero et al. 2014)

## 2.2 CARACTERIZACIÓN DEL TERRITORIO

Biogeográficamente la cantera de LafargeHolcim en Yepes- Ciruelos se encuentra en la provincia Mediterránea Ibérica Central, Sector Manchego, Subsector Manchego-Sagrense. En cuanto a la bioclimatología:



**Piso Bioclimático:**  
**Mesomediterráneo superior**  
**Ombrotipo: seco inferior**  
**Continentalidad: Semicontinental**  
**Altitud: 700 m**  
**Panual = 433 mm**  
**Tp = 1659 °C**  
**TMax anual = 19.6 °C**  
**Tmedia anual = 13.8 °C**  
**TMin anual = 8.2 °C**  
**TMax mes = 32.2 °C**  
**TMin mes = 0.8 °C**  
**Ic = 19.7 °C**

Figura 2. Climograma ([www.globalbioclimatics.com](http://www.globalbioclimatics.com)) Rivas Martínez

## 2.3 VEGETACIÓN Y FLORA

### Catálogo florístico de especies potenciales.

El catálogo florístico recoge 373 taxones. No obstante, la Mesa de Ocaña, desde punto de vista paisajístico y biológico, podría acoger una importante riqueza florística, pero las actividades humanas han provocado que muchas especies hayan desaparecido de este área. Para incrementar el número de taxones presentes en la cantera se ha revisado los catálogos florísticos de la zona (Costa, 1974; Laorga, 1986; Marcos Samaniego, 1987; Ferrandis *et.al.*, 2005; García Abad-Alonso, 2009; Barberá & Soriano, 2011; Benito Alonso, 2011; Martínez Labarga & Nogales, 2011; Hernández Palacios, 2013 y 2014; García Delgado & López Roldán, 2015; Anthos, 2017) y se ha creado un catálogo florístico que reúne las especies potencialmente susceptibles de ser introducidas en la cantera.

### Vegetación:

La vegetación del área de estudio consiste en las etapas seriales de sustitución de los encinares calcícolas mesomediterráneos manchego-sagrenses secos y es la siguiente: (*Asparago acutifolii-Quercu rotundifoliae* S.): 1. *Asparago acutifolii-Quercetum rotundifoliae* (encinar); 2. *Daphno gnidii- Quercetum cocciferae* (coscojar); 3. *Genisto scorpii-Retametum sphaerocarpace* (retamar); 4. *Arrhenathero erianthi-Stipetum tenacissimae* (espartal); 5. *Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae* (tomillar); 6. *Brachypodion distachyi* (pastizal anual calcícola). Al retirar la carga de caliza que se extrae para la producción en ocasiones aparecen tomillares gipsícolas de *Lepidion subulati*.

Mediante la realización de la cartografía podemos observar el proceso de recolonización natural de la cantera a lo largo del tiempo, desde la finalización del proceso de explotación

y la aparición de las plantas primocolonizadoras, hasta que se alcanza la vegetación más desarrollada el coscojar con encinas. Tras el estudio de la vegetación presente en la cantera así como el análisis de fotos aéreas de diferentes años, el proceso de sucesión secundaria que se da en la cantera de Yepes-Ciruelos es el siguiente (Figura 3):

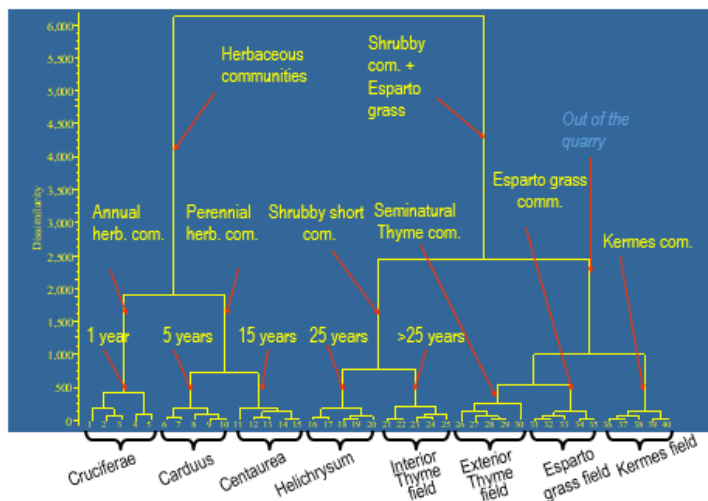
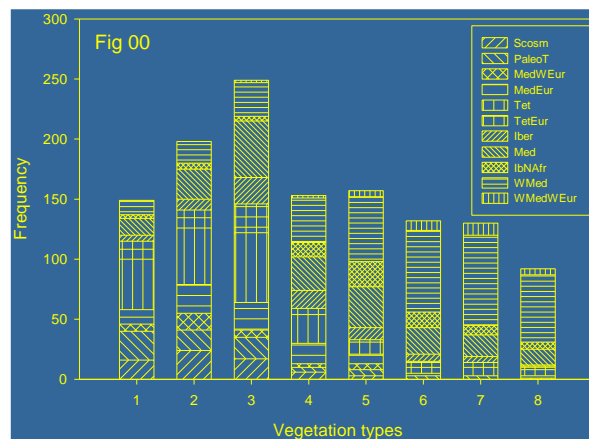


Figura3. Escala temporal del proceso de sucesión secundaria en la Cantera de Yepes- Ciruelos

Durante la sucesión secundaria se produce un desarrollo del suelo y aumento de la materia orgánica, como consecuencia un tipo de vegetación “prepara” o da lugar a las condiciones propicias en el suelo para el establecimiento de la siguiente comunidad en la sucesión. Este es un proceso lento. Como se observa en la figura 3: primeramente aparecen las comunidades de **jaramagos** (vegetación nitrófila anual), que proporcionan materia orgánica y empezando a desarrollar del horizonte O. Debido a la formación de este horizonte, comienzan a instalarse herbáceas vivaces con mayores requerimientos como los **cardos**, desplazando poco a poco a las anteriores. A los 15 años empiezan a aparecer comunidades de **centaureas**.

Las primeras comunidades de caméfitos (**matorrales subnitrófilos**, **Helichrysum**, **Santolina**, **Limonium**) comienzan a desarrollarse 25 años después de la perturbación. Es a partir de los 30 años cuando empiezan a aparecer los tomillares (*Thymus zygis*; *T. vulgaris*, *T. mastichina*). Posteriormente, la siguiente comunidad vegetal en establecerse son los **espartales** de *Stipa tenacissima*, especie que presenta un papel importante en la restauración, pues genera un gran aporte de materia orgánica. Los espartos y tomillos funcionan como especies facilitadoras para el desarrollo del siguiente estrato vegetal. Esto es fundamental para el asentamiento de la última comunidad vegetal, el **coscojar** (*Quercus coccifera*) con encinas (*Quercus rotundifolia*) correspondiente a la etapa más desarrollada de la vegetación.



**Figura 4.** Biogeografía de las especies que componen los diferentes tipos de vegetación en la cantera.

Observando la Figura 4 se puede concluir:

Las especies con un área de distribución más amplia (SCosm, PaleoT, MedEur, Tet) son predominantes en las áreas que han sido explotadas más recientemente (1-15 years). Las plantas con una distribución Mediterránea Occidental (WMed, WMedWEur) incrementan su frecuencia a lo largo del proceso de sucesión secundaria. Las plantas endémicas de la Península Ibérica (Iber) son más frecuentes en las etapas intermedias de la sucesión. Herbáceas y plantas leñosas en la cantera. Dos endemismos protegidos (*Limonium toletanum* y *Gypsophila bermejoi*) son más frecuentes en etapas intermedias (15-25 años) tras la explotación. La flora gipsícola (habitat prioritario, Habitat UE Directive) es más frecuente en etapas intermedias (15-25 años).

### 3 TÉCNICAS DE REPRODUCCIÓN DE LAS ESPECIES VEGETALES EN LA CANTERA DE LAFARGEHOLCIM EN YEPES CIRUELOS

La restauración ecológica adecuadamente planificada tiene que basarse en una serie de criterios: las características edáficas e hidrológicas del territorio, su bioclimatología y biogeografía, los tipos de vegetación y su composición florística y las oportunidades particulares que ofrece el área. Una vez conocidas estas características se puede seleccionar las especies a introducir y elegir los mejores métodos de reproducción para una de ellas. En la selección de especies para restaurar un hábitat determinado se incluyen tantas especies características y compañeras como se considera posible en aplicación. Para la reproducción e introducción de individuos se utiliza los siguientes métodos: aprovechamiento de banco de semillas, siembra directa de semillas, recogida de semillas y cultivo de plantas, reproducción vegetativa (estaquillado), viverismo silvestre (wild nursering) y vivero comercial de plantas autóctonas. Como regla general cabe destacar que las plantaciones se deben restringir al otoño, el aumento de la humedad ambiental que se producen las criptoprecipitaciones de otoño es fundamental para el establecimiento de las plantas y haciéndolas más independientes de los fenómenos de lluvia para su establecimiento.

**Aprovechamiento de banco de semillas** (Figura 5): en la cantera de Yepes-Ciruelos se realizan de manera simultánea labores mineras y de restauración, a medida que se produce el avance del frente de extracción, se procede a extender las tierras vegetales, inicialmente retiradas durante los trabajos del desmonterado. Las tierras vegetales retiradas, que corresponden a los horizontes superficiales (horizonte O y A<sub>0</sub>), contienen

gran cantidad de semillas de especies anuales autóctonas cuya función principal es generar la materia orgánica y preparar el suelo para especies de etapas posteriores de la sucesión natural.



Figura 5. Banco de semillas con vegetación arvense.

**Siembra directa de semillas:** a partir del calendario de recogida se procede a la recolección de semillas de las especies propuestas, previamente referenciadas geográficamente su emplazamiento en campo (región de procedencia). Es importante tener en cuenta la genética de los parentales de los que se obtienen las semillas, ya que con mejor genética las plantas soportarán mejor las condiciones ambientales. A continuación, las semillas se siembran en la zona de actuación, siempre teniendo en cuenta, la época del año y características ambientales (Figura 6).



**Figura 6.** Siembra de las semillas de retama (*Retama sphaerocarpa*). Arriba: preparación de las semillas a través de la hidratación de semillas para ablandar la cubierta y garantizar la humedad para su germinación. Abajo a la izquierda: preparación de la zona de siembra mediante remoción del suelo. Abajo a la derecha: siembra de semillas.

**Recogida de semillas y cultivo de plantas:** debido a la baja disponibilidad de algunas de las especies en los viveros comerciales, que son fundamentales para la restauración de los hábitats seleccionados, se realiza la recogida de semillas y se establece cultivo de los individuos para los taxones determinados (Figura 7 y Figura 8). Aunque necesita algo más de tiempo, por el hecho de que se requiere crecer las plántulas por uno o dos años (Miyawaki & Fujiwara, 1988; Bainbridge *et al.*, 1995; Miyawaki, 2004), tiene la ventaja que los propágulos provendrán de individuos cercanos a la zona de estudio, y por tanto con una mejor genética para soportar las condiciones ambientales de los ecosistemas secos y semiáridos (Bainbridge, 2007).



**Figura 7.** Recogida de semillas de esparto (*Stipa tenacissima*, arriba), encina (*Quercus rotundifolia*, abajo a la derecha) y retama (*Retama sphaerocarpa*, abajo a la derecha).



**Figura 8.** Cultivo de semillas. Arriba a la izquierda: albardín (*Lygeum spartum*) en los tubos de 1 metro de longitud para obtener las plantas con raíces largas que facilitan su posterior adaptación al medio. Arriba en el centro: encina (*Quercus rotundifolia*) en bandejas, cuando germinan se procede al repicado de individuos en contenedores individuales. Arriba a la derecha: encina (*Quercus rotundifolia*) en contenedores individuales tipo alveolo forestal. Abajo a la izquierda: cultivo de plantas de la serie climatófila de encinar (*Asparago acutifolii-Quercetum rotundifoliae*) y de coscojar (*Daphno gnidii-Quercetum cocciferae*): *Rhamnus lycioides*, *Jasminum fruticans*,

**Reproducción vegetativa (estaquillado):** la obtención de estaquillas se realiza a savia parada y entre los meses de diciembre y marzo, cuando las yemas presentan una madurez



apropiada, y además, deben ser obtenidas de ramas que no sean ni muy tiernas ni muy leñosas (Jiménez, 1994). Una vez obtenidas se deben mantener en agua hasta pasarlas a un sustrato adecuado que mantenga humedad alta y constante. Se pueden usar productos enraizantes, aunque en el caso de taray (*Tamarix africana* y *Tamarix gallica*) no fue necesario y el porcentaje de éxito fue muy alto. También, hemos realizado las pruebas de reproducción vegetativa de efedra (*Ephedra fragilis*), ya que hemos observado en el campo de que una de las estrategias que tiene esta especie para reproducirse consiste en enterar las ramas en el suelo y crecer raíces a partir de los nudos de las ramas (Figura 9).



**Figura 9.** Reproducción vegetativa mediante estaquillado. Arriba a la izquierda y abajo a la izquierda: estaquillas de taray (*Tamarix africana*) en las macetas y en tetra bricks. Arriba a la derecha: las ramas de efedra (*Ephedra fragilis*) enteradas en el suelo vegetal en una bandeja. Abajo a la derecha: introducción de estaquillas de taray (*Tamarix africana*, *Tamarix gallica*), álamo (*Populus alba*) y chopo (*Populus nigra*) en bandejas tipo alveolo forestal. *Ephedra fragilis*, *Colutea hispanica*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*. Abajo a la derecha: plantas de una savia en los alveolos forestales.

**Viverismo silvestre (wild nursering):** consiste en la obtención de individuos mediante extracción de plantas o fascículos provenientes de la naturaleza (Bainbridge, 2007). Se debe localizar geográficamente las especies seleccionadas. Es importante ocasionar la menor perturbación posible en el medio del que se extraigan los individuos. Una vez obtenidos los mismos se procede a su almacenamiento para su recuperación del estrés que implica la extracción del medio. Es altamente probable que tras la extracción el sistema radicular quede dañado, por lo que es recomendable practicar una poda con el objeto de disminuir la parte aérea de la planta. Así se minimizan las pérdidas por evapotranspiración y se fomenta el desarrollo de un sistema radicular fuerte. Las plantas se disponen en recipientes altos y el periodo de almacenamiento oscila entre uno y dos meses (Figura 10). Este método es muy útil en caso de las especies que son difícilmente reproducibles por otros métodos. Además, esta técnica permite acortar el tiempo de obtención de las plantas que es necesario en caso de reproducción de especies por otras metodologías. No obstante, la extracción de individuos debe realizarse en las poblaciones muy densas y bien desarrolladas.



**Figura 10.** Viverismo silvestre (wild nurseries). Arriba a la izquierda: extracción de un ejemplar de tomillo (*Thymus zygis* subsp. *sylvestris*) desde un tomillar denso. Arriba a la derecha: el tomillo extraído y guardado en una maceta para su transporte y almacenamiento para su recuperación del estrés que implica la extracción del medio. Abajo a la izquierda: almacenamiento de espartos (*Stipa tenacissima*) entre uno y dos meses. Abajo a la derecha: después de la recuperación, el transporte de los espartos a la zona de restauración.

**Vivero comercial de plantas autóctonas:** es importante contar con un vivero de plantas autóctonas (Figura 11) con una buena genética, pues puede acelerar el proceso de introducción de individuos (Bainbridge, 2007).



**Figura 11.** Un ejemplo de vivero comercial: Viveros Forestales Alborada, un vivero forestal de planta autóctona (procedencia Manchega) ubicado en Fuentidueña de Tajo (Madrid).

Como conclusión, existen diferentes métodos de reproducción de las plantas y la elección del más adecuado depende de la especie a reproducir y del lugar donde se va a introducir los individuos. Cada especie del catálogo florístico puede ser valorada en función de variables tales como el papel que desempeña en el ecosistema desde un punto de vista estructural y funcional, su grado de amenaza, distribución geográfica y naturalidad (Sardinero et al. 2014).

A la hora de la plantación es fundamental la elaboración de agujeros profundos que permitan el desarrollo de un sistema radicular fuerte (Figura 12)



**Figura 12.** Agujero hecho con ahoyador.

Los agujeros someros y de plato hondo son buenos para la siembra de semillas. En este aspecto está bien fijarse en la naturaleza. Los agujeros de reposo de los conejos suelen estar orientados al norte para evitar el calor. El conejo hace un agujero para refrescarse y normalmente realiza sus deposiciones dentro. El aporte de sombra y materia orgánica facilita la germinación de las semillas (Figura 13).



**Figura 13.** Agujero de reposo de conejo con materia orgánica y sombra donde se facilita la germinación

Las parcelas de exclusión y los protectores, así como la protección con piedras pueden proteger las plántulas de la herbivoría del conejo. Además las piedras pueden proveer de sombra si se colocan las semillas sembradas en orientación norte (Figura 14).



**Figura 14.** Roca para proteger una retama del sol y la herbivoría y parcela de exclusión

### 3.1 TECNICAS DE RESTAURACIÓN DE ESTRUCTURAS DE VEGETACIÓN

Cada tipo de vegetación puede ser valorado por los atributos de las especies que lo constituyen o por su papel ecológico en el proceso de sucesión. Las comunidades identificadas en la cantera fueron las siguientes:

**Comunidad de jaramagos:** Comunidad representada por especies arvenses y ruderales como *Diplotaxis virgata*, *Sisymbrium irio*, *Sisymbrium orientale*, *Eruca vesicaria*, *Vaccaria hispanica*, etc.

**Cardal:** comunidad de cardos representada por las especies *Onopordum nervosum*, *Carduus pycnocephalus*, *Carduus bourgeanus*, *Mantiscalca salmantica*, *Centaurea melitensis*, entre otras.

**Comunidad de centaureas:** comunidad representada por especies como *Centaurea melitensis*, *Mantiscalca salmantica*, *Centaurea ornata*, *Centaurea aspera* subsp. *aspera*, entre otras.

**Comunidad de *Helychrysum stoechas-Limonium toletanum*:** en las etapas finales de las centaureas encontramos las comunidades de *Helichrysum stoechas-Limonium toletanum*, acompañadas de *Thymus mastichina*, *Artemisia herba-alba* y *Stipa tenacissima*.

**Sisallar:** esta unidad corresponde a áreas dominadas principalmente por *Salsola vermiculata*, acompañada de *Artemisia herba-alba*, *Thymus mastichina*, *Thymus vulgaris*, *Brachypodium phoenicoides* y *Limonium toletanum*.

**Comunidad gipsícola:** constituidas por formaciones arbustivas dominadas por el orden *Gypsophiletalia*, teniendo su óptimo en la cantera en suelos formados por margas yesíferas. Las especies que podemos encontrar en este tipo de comunidades son: *Gypsophila struthium*, *Helianthemum squamatum*, *Lepidium subulatum*, *Centaurea hyssopifolia*, *Thymus lacaitae*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, *Thapsia villosa*, *Koeleria vallesiana* y *Koeleria castellana* entre otras. Estas comunidades están priorizadas en la Directiva Habitats de la Unión Europea debido a su escasez, vulnerabilidad e interés para la conservación de la biodiversidad.

**Tomillar de *Thymus vulgaris* subsp. *vulgaris* - *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*:** áreas dominadas principalmente por tomillares más avanzados dentro de la sucesión vegetal que presentan afinidad por substratos básicos. Esta comunidad se encuentra representada por especies como *Thymus vulgaris* subsp. *vulgaris*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* y *Santolina chamaecyparissus*.

**Tomillar mixto:** tomillares menos evolucionados dentro de la sucesión vegetal de la cantera. En este tipo de vegetación podemos encontrar especies como *Thymus mastichina*, *Thymus vulgaris*, *Limonium toletanum*, *Salsola vermiculata*, *Artemisia herba-alba*, *Stipa tenacissima*.

**Espartal (borde):** zonas dominadas por *Stipa tenacissima* con la presencia de escasos individuos de *Quercus coccifera*, que se encuentran en el límite de la cantera, en el borde de la mesa de Ocaña.

**Espartal:** zonas dominadas por *Stipa tenacissima*, especie facilitadora y restauradora que permite el asentamiento de las quercíneas. Se pueden introducir espartos en un tomillar para forzar la aparición del mismo, el tomillo actúa como planta facilitadora

**Retamar:** vegetación dominada por retamas (*Retama sphaerocarpa*), en ocasiones tiene un comportamiento más primocolonizador que el esparto y puede aparecer junto a comunidades de *Salsola vermiculata* o *Artemisia herba-alba*.

**Tarayal:** se encuentran en zonas de vaguadas en las que la disponibilidad hídrica es mayor. Los tarayales de la zona de estudio están formados por *Tamarix gallica* y *Tamarix africana*. Es interesante destacar que los tarayales de vaguada tienen el cortejo florístico de los encinares y coscojares (*Rhamnus lycioides*, *Rhamnus alaternus*, *Jasminum fruticans*, *Dhapne gnidium*, *Asparagus acutifolius*). Los tarayales se desarrollan con mayor

rapidez y sirven de posadero a la avifauna que se encarga de propagar las semillas. Hay que poner de relieve que las especies de Quercíneas no aparecen en estos tarayales.

**Coscojar/ encinar:** en esta unidad la especie predominante es *Quercus coccifera*, acompañada de *Quercus rotundifolia*. Aparece más desarrollado en las zonas más húmedas y protegidas, como en determinadas laderas de umbría donde puede encontrar las condiciones más favorables para desarrollarse. Se pueden introducir plantones/ semillas de encina o coscoja en un espartal, el esparto actúa como especie facilitadora.

A la hora de la restauración se generan islas de biodiversidad teniendo en cuenta las microtopografías, las orientaciones y las posibilidades del terreno. Teniendo en cuenta el aumento y promoción de la biodiversidad, se elegirán especies que creen estructuras y tantas acompañantes como sea posible en aplicación. Se trata de restaurar varios tipos de vegetación para favorecer una mayor heterogeneidad y diversidad. El vivero de especies autóctonas ha podido proveer de las siguientes especies: *Colutea hispánica*, *Coronilla minima*, *Cistus albidus*, *Daphne gnidium*, *Ephedra fragilis*, *Iberis saxatilis*, *Jasminum fruticans*, *Lavandula latifolia*, *Pistacea terebinthus*, *Quercus coccifera*, *Quercus rotundifolia*, *Retama sphaerocarpa*, *Rhamnus alaternus*, *Rhamnus lyciodes*, *Salvia lavandulifolia*, *Salvia argentea*, *Santolina chamaecyparissus*, *Stipa tenacissima*, *Thymus zygis*, *Thymus vulgaris*, *Lygeum spartum*, *Genista scorpius*, *Teucrium capitatum*, *Dorcnium pentaphyllum*, *Ephedra nebrodensis*. Estas especies son las más utilizadas a la hora de crear estructuras de vegetación, pues las acciones se pueden llevar a cabo de forma más rápida. Otras acciones más concretas que se explican abajo están enfocadas bien a investigación o bien a la reproducción de especies que no son encontradas en vivero y son de interés para la conservación. A continuación se expone un ejemplo de la composición de dichas islas teniendo en cuenta la disponibilidad de planta en Vivero en 2018 (Tabla 1). Las estructuras creadas siempre pueden ser favorecidas o ver aumentada su biodiversidad mediante acciones puntuales.

Tabla 1. Ejemplo de estructuras creadas para plantaciones en 2018

	Encinar	Retamar	Espartal	Tomillar	Abrotanar
<b>Colutea hispanica</b>	12	9	0	0	0
<b>Coronilla minima</b>	3	3	6	0	0
<b>Cistus albidus</b>	6	7	0	0	0
<b>Ephedra fragilis</b>	10	7	0	0	0
<b>Iberis saxatilis</b>	0	0	8	7	6
<b>Lavandula latifolia</b>	4	5	8	12	8
<b>Pistacea terebinthus</b>	8	5	0	0	0
<b>Quercus coccifera</b>	10	0	0	0	0
<b>Quercus rotundifolia</b>	10	0	0	0	0
<b>Retama sphaerocarpa</b>	4	40	0	0	0
<b>Rhamnus alaternus</b>	5	3	0	0	0
<b>Rhamnus lyciodes</b>	5	3	0	0	0
<b>Salvia lavandulifolia</b>	4	3	8	12	8
<b>Salvia argentea</b>	0	0	6	6	8
<b>Santolina chamaecyparissus</b>	0	0	6	10	40
<b>Stipa tenacissima</b>	0	0	40	0	0
<b>Thymus zygis</b>	4	3	6	35	10

<b>Lygeum spartum</b>	0	0	0	0	12
<b>Teucrium polium</b>	4	4	6	18	8
<b>Doricnium pentaphyllum</b>	5	4	3	0	0
<b>Ephedra nebrodensis</b>	6	4	3	0	0
<b>Total</b>	100	100	100	100	100

### 3.2 TECNICAS DE RESTAURACIÓN DE ESPECIES CASO A CASO

A continuación se exponen las diferentes técnicas usadas para la reproducción de especies de interés que se encuentran dentro del catálogo florístico de la Mesa de Ocaña. Algunas de ellas han sido plantadas en parcelas experimentales dentro de la cantera de Yepes-Ciruelos (Toledo). El fin es conocer las mejores técnicas para cada especie, basándose en parámetros como afección por herbivoría, el déficit hídrico de la época estival, la orientación y las heladas invernales. La información obtenida así como en los futuros seguimientos, puede ser de gran utilidad para conseguir repoblaciones más exitosas dentro de los planes de restauración de la cantera.

#### ***Quercus rotundifolia/ Quercus coccifera***

El establecimiento de quercíneas es uno de los cuellos de botella encontrados en la restauración. El tiempo que tarde en desarrollarse el coscojar – encinar es de más de 100 años, por lo que se intenta asistir este proceso. En diciembre de 2012 se ejecutó un experimento de supervivencia con 200 individuos de encina mediante aplicación de siguientes tratamientos:

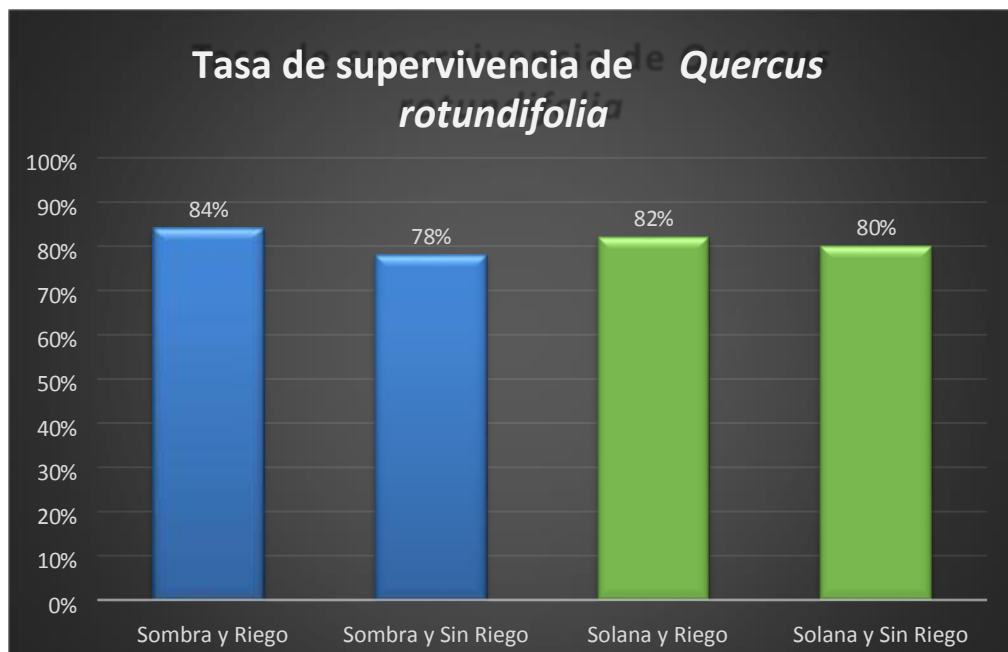
- Sombra y riego (protector de malla densa negra y riego mediante irrigación profunda (Figura 15), botella y nylon)
- Sombra y sin riego
- Solana y riego
- Solana y sin riego

Dónde: sombra = protector de malla densa negra; solana = protector invisible de malla metálica; riego = irrigación profunda.



**Figura 15.** Coscoja /*Quercus cocifera* con sistema de irrigación profunda (botella e hilo de nylon)

En el último seguimiento, se han registrado supervivencias superiores al 75 % en todos los casos, siendo los individuos bajo condiciones de sombra y sin riego, los que presentan una supervivencia menor (Figura 16). Hasta ahora, los resultados de este experimento indican que no existen diferencias en la supervivencia de encinas con respecto al tratamiento aplicado. Esto puede deberse a que encina es una especie tardosucesional y su tasa de supervivencia no solo depende de estos dos factores estudiados.



**Figura 16.** Tasa de supervivencia.



Tras las últimas pruebas realizadas se ha encontrado que es muy efectiva la siembra directa, en este aspecto resulta fundamental la facilitación provocada por la sombra y materia orgánica de otra planta preexistente (esparto) o en su ausencia una roca. El semillado debe llevarse a cabo en orientaciones norte para proteger a las plántulas del sol. Los semillados de bellota en espartales suelen ser exitosos. La plántula de semilla en el caso de esta especie presenta mejor adaptación al medio que la de vivero. La germinación in situ y el crecimiento progresivo mejora la adaptación de la planta al medio, estas suelen presentar menos parte aérea que las de vivero y unas hojas más espinosas, por lo que son menos vulnerables a la herbivoría y a los rigores del clima.

Durante el otoño de 2015 se recogieron bellotas de coscoja (*Quercus coccifera*) para llevar a cabo experimento de germinación in situ. En el primavera de 2016 se revisó la plantación obteniendo resultados muy satisfactorios (Figura 17). A la vista de estos resultados, durante el otoño de 2016 se recogieron bellotas de encina (*Quercus rotundifolia*) para llevar a cabo experimentos de generación de encinares en dos zonas distintas desde punto de vista de la sucesión natural. A parte todos los años, en otoño, se realiza una recogida y siembra masiva de bellotas en uno de los espartales del interior de la cantera. El objetivo es acelerar el establecimiento de encinas y coscojas en el interior.



Figura 17. Individuos de coscoja sembrados in situ, a la protección de una macolla de esparto

### ***Tamarix africana, T. gallica, T. canariensis, T. mascatensis***

En el primer semestre de 2012 se plantaron 60 tarayes de las especies mencionadas alrededor de la laguna. Los tarays tienen más éxito en las vaguadas. En estas zonas tienen la misma función ecológica que el coscojar- encinar, por lo tanto es muy interesante su introducción. El método de reproducción que hemos decidido utilizar son las estaquillas, ya que es un método muy exitoso para este género.

## ***Retama sphaerocarpa***

En el primer semestre de 2012 se realizaron 200 hoyos con 10 semillas por hoyo. En el último muestreo se han detectado germinaciones en un 10% de los hoyos, similar al muestreo anterior. Además, se ha dispersado las semillas de forma aleatoria en una de las zonas de la cantera y se ha observado alta tasa de germinación y crecimiento. Esto sugiere que el método más adecuado de introducción de las retamas es la dispersión de numerosas semillas (Figura 18). Las semillas pueden ser puestas en agua para forzar su germinación, aunque no suele ser necesario si se hace en otoño.



Figura 18. **Plántulas de *Retama sphaerocarpa*.**

## ***Stipa tenacissima***

En diciembre de 2012 se puso en marcha un experimento de supervivencia con 100 individuos de esparto, se colocó una semilla germinada de 50 de ellos bajo la cobertura de un tomillo y otros 50 en suelo descubierto del tomillar. En el último seguimiento se ha registrado una supervivencia del 90% de los individuos bajo cobertura, y de un 52% de los individuos situados en suelo descubierto (Figura 19). Los resultados de este experimento demuestran que los espartos plantados bajo la cobertura de un tomillo presentan mayor tasa de supervivencia. Esto se debe a que los tomillares constituyen una etapa sucesional del espartal facilitando con su sombra y aporte de materia orgánica edáfica la instalación de *Stipa tenacissima*.



Figura 19 Esparto creciendo en planta matriz. *Thymus sylvestris*.

### ***Thymus vulgaris subsp. vulgaris* (Procedente de vivero silvestre)**

En diciembre de 2011 plantamos 200 individuos procedentes de vivero silvestre. En el último seguimiento poblacional han sobrevivido 136 individuos, que corresponde a un 68% de supervivencia. Se plantaron en unidades de 5 para facilitar el seguimiento (Figura 20)



Figura 21. Plantación experimental de *Thymus vulgaris*

### ***Thymus zygis subsp. sylvestris* (Procedente de vivero)**

En febrero-marzo de 2013 se plantaron 200 individuos procedentes de vivero. En el último seguimiento poblacional han sobrevivido 111 individuos, que corresponde a una tasa de

supervivencia del 55,5%. Las pruebas llevadas a cabo usando viverismo silvestre también han sido exitosas.

### ***Santolina chamaecyparissus***

En marzo de 2013 se plantaron 200 individuos procedentes de vivero. En el último seguimiento poblacional han sobrevivido los 187 individuos, que corresponde a una tasa de supervivencia del 93,5%. Las pruebas llevadas a cabo usando viverismo silvestre también han sido exitosas.

### ***Vella pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus* (EN)**

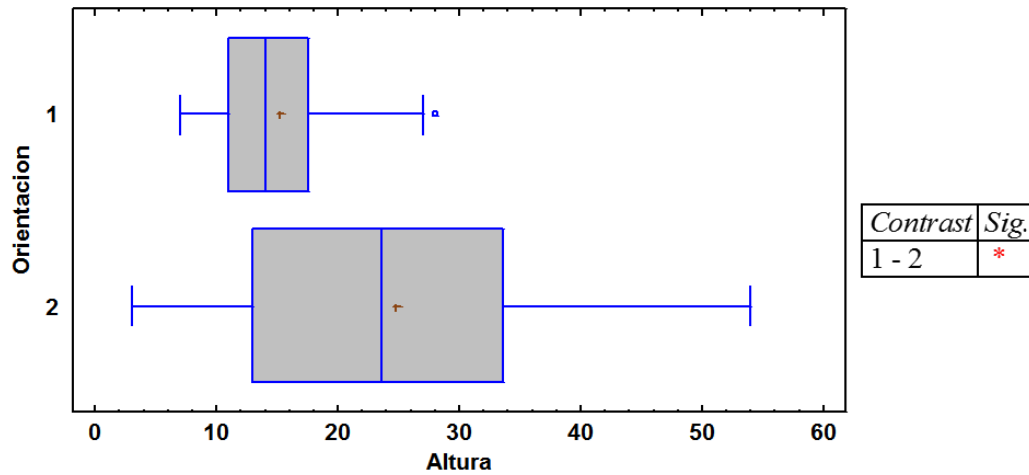
Crucífera que se desarrolla en margas yesosas del centro de la península, está catalogada como **En Peligro de Extinción** por la IUCN. En noviembre de 2011 se plantaron 200 individuos, 100 en solana, 100 en umbría. En el último recuento se ha registrado una supervivencia del 46% en solana, y de un 20% en umbría (Figura 21). Estos resultados podrían deberse al déficit hídrico, las heladas invernales, estabilidad de las laderas y la herbivoría por conejos (Fernández-González et al. 2014).



**Figura 21.** Tasa de supervivencia.

Para estudiar si existen diferencias significativas en el crecimiento de los individuos de *Vella pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus* con respecto a la orientación se tomaron medidas de la altura de cada ejemplar de *Vella pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus* mediante empleo de un metro. Las mediciones se han realizado en ambas parcelas experimentales (umbría y solana). Posteriormente, se ha realizado un análisis estadístico ANOVA utilizando el programa Statgraphics. En la Figura 22 se puede observar que las diferencias en el crecimiento de los individuos de *V. pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus* con respecto a la orientación son estadísticamente significativas. Esta significación probablemente se debe a las temperaturas más moderadas y mayor disponibilidad de agua en la ladera de umbría. Por lo tanto, para reforzar la población en la ladera de umbría se

propuso implantar más ejemplares de esta especie, y además, establecer nuevas parcelas experimentales de acuerdo con los resultados de estudio.



**Figura 22.** Resultado del análisis de la varianza y diagrama de cajas. 1= Solana y 2=Umbría. Unidades de la altura = cm.

En la primavera de 2017, se pudo observar una abundante floración de los ejemplares de umbría mientras que los individuos de la ladera de solana presentaron escasa floración, incluso nula en algunos ejemplares. En el último recuento (noviembre 2017), se ha detectó la presencia de plántulas de pítano en la ladera de umbría y se ha procedido al marcaje y conteo de las mismas registrando 100 individuos (Figura 22).



**Figura 22** Fotografías de pítano (*Vella pseudocytisus* L. subsp. *pseudocytisus*). Izquierda: plántulas de pítano con cotiledones (noviembre 2017). Derecha: individuos de pítano con 7 meses de edad (junio 2018).

Como conclusión, los resultados surgieron que *Vella pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus* se desarrolla mejor en los lugares umbríos siendo capaz de completar su ciclo biológico. A la vista de los resultados del experimento, LafargeHolcim y los expertos de la UCLM han presentado la solicitud de ampliación de las parcelas experimentales con características similares a la parcela ya establecida con el fin de aumentar la probabilidad de recuperación de esta especie. Las parcelas han sido autorizadas por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha por lo que este otoño se reforzará la población de *Vella pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus* en la cantera con 400 individuos en 3 zonas nuevas.

### ***Ephedra fragilis* subsp. *fragilis* (SI)**

En enero-febrero de 2012 se plantaron 200 individuos procedentes de vivero en rodales de 10 individuos debido a que se trata de una especie dioica. En el último seguimiento poblacional han sobrevivido 183 individuos, que corresponde a un 91,5% de supervivencia.

### ***Ephedra nebrodensis* (SI)**

En enero-febrero de 2012 plantamos 200 individuos procedentes de vivero en rodales de 10 individuos debido a que se trata de una especie dioica. En el último seguimiento poblacional han sobrevivido 153 individuos, que corresponde a un 76,5% de supervivencia. Como se esperaba en un bioclima semiárido como en el que nos encontramos *Ephedra fragilis* se ve favorecida frente a *Ephedra nebrodensis*.

- **Otras plantaciones y especies de interés dentro del catálogo florístico de la cantera.**

### ***Thymus lacitae* <IBER**

En diciembre de 2011 se plantaron 20 individuos procedentes de viverismo silvestre (novedad para la cantera). En el último seguimiento poblacional han sobrevivido 19 individuos. Y se observa que se están empezando a propagar naturalmente.

### ***Teucrium capitatum***

En diciembre de 2011 se plantaron de viverismo silvestre 15 ejemplares de esta labiada de distribución mediterránea occidental. El último recuento este semestre ha arrojado una cifra de 13 individuos.

### ***Centaurea hyssopifolia* IBER**

En el primer semestre de 2012 se plantaron 15 ejemplares de viverismo silvestre, de los que actualmente sobreviven 13. El objetivo es aumentar los efectivos poblacionales de esta planta.

### ***Lepidium subulatum* <IBER**

En el primer semestre de 2012 se plantaron 10 ejemplares de viverismo silvestre, de los que actualmente sobreviven 8. El objetivo es aumentar los efectivos poblacionales de esta planta.

## ***Koeleria castellana*** <IBER

En el primer semestre de 2012 se plantaron 10 ejemplares de viverismo silvestre de esta gramínea, endémica de los yesos del centro de España (novedad para la cantera). En el último seguimiento poblacional habían sobrevivido 5 individuos.

## ***Herniaria fruticosa*** <IBER

En el primer semestre de 2012 se plantaron 15 ejemplares de viverismo silvestre de esta cariofilácea, endémica de los yesos del este de España (novedad para la cantera). En el último seguimiento poblacional habían sobrevivido 14 individuos.

## ***Helianthemum squamatum*** IBNAFR

En el primer semestre de 2012 se plantaron 10 ejemplares de los que actualmente sobreviven 5. El objetivo es aumentar los efectivos poblacionales de esta planta.

## ***Haplophyllum linifolium*** IBNAFR

En el primer semestre de 2012 se plantaron 5 ejemplares de viverismo silvestre de esta rutácea de distribución iberonorteafricana (novedad para la cantera). El último recuento ha arrojado una cifra de 3 individuos vivos.

## ***Jasminum fruticans***

En el primer semestre de 2012 se plantaron 50 ejemplares de esta oleácea mediterránea occidental bajo la sombra de los tarayes, debido a que es una planta del final del proceso de sucesión natural (tardosucesional). En los muestreos sucesivos se intentó localizar dichos ejemplares, sin éxito. Esto puede deberse a la sequía tan acusada que se registró el verano de 2012. En el plan de restauración ecológica se contempla la introducción de esta especie dentro de las islas de biodiversidad mencionadas en el apartado anterior como en los tarayales de vaguada. Los posibles métodos de reproducción de esta especie son: semillas, plantas de vivero, viverismo silvestre (wild nursering). Además, estamos estudiando la reproducción de este taxón por estaquillado.

## ***Sisymbrium cavanillesianum*** VU

Crucífera que se desarrolla en suelos arcillosos del centro y centro-este de España. Han sido detectadas varias poblaciones en los alrededores de la cantera. Está declarada **Vulnerable** por la IUCN, por lo que de acuerdo con los criterios del actual "Long-term biodiversity index" de Lafarge (RUSSIER 2012), es altamente recomendable su introducción en parcelas de experimentación.

En otoño de 2015 realizaron pruebas de germinación in situ mediante siembra de las semillas cerca del Centro de Interpretación en los alcorques de almendros y borde de camino. Debido a que se trata de una especie herbácea primocolonizadora cuya aparición está relacionada con fenómenos de perturbación en el medio, se propone introducirla en los taludes restaurados o a restaurar y a lo largo de los caminos transitados. En esta zona hemos sembrado 630 g de silicuas de esta especie, lo que supone 189.000 semillas

## *Clypeola eriocarpa* (CR)

*Clypeola eriocarpa* Cav. (**Catalogada en Peligro Crítico**) es un endemismo ibérico (centro y SE peninsular) de la familia de las crucíferas. Es un terófito de 5 a 20 cm, verde-grisáceo, con pelos estrellados blancos, flores amarillas sobre pedicelos colgantes y frutos en sícula orbicular de 6-8mm, densamente cubiertos de finos pelos largos y blanquecinos en la madurez. Habita en lugares incultos, sobre substratos básicos (calcáreos o yesíferos). Forma parte de los pastizales terofíticos entre espartales y matorrales de sustitución.

Se considera desaparecida en la mayor parte de sus localidades históricas con sólo dos núcleos poblacionales conocidos (Hoya de Guadix). En el municipio toledano de Noblejas ha sido localizada una población formada por 3 subpoblaciones de unos 3350 individuos estimados en total. En el noviembre de 2017 se establecieron parcelas experimentales en la cantera de Yepes-Ciruelos, y se sembraron 2300 semillas (Figura 23). En la primavera y verano de 2018 se ha observado la germinación, crecimiento, floración y fructificación de los ejemplares de *C. eriocarpa* (Figura 24 y Figura 25).



**Figura 22.** Introducción de *C. eriocarpa*. Arriba a la izquierda: semillas de *C.eriocarpa*. Arriba a la derecha: preparación del terreno antes de siembra. Abajo a la izquierda: semillas sembradas. Abajo a la derecha: riego para aumentar la humedad y garantizar la germinación.





Figura 23. Algunos ejemplares de *C. eriocarpa* (primavera 2018).



Figura 24. Semillas de *C. eriocarpa* generadas por individuos de la cantera de Yepes- Ciruelos (verano 2018).

### ***Colutea hispanica* (SI)**

En el último semestre de 2011 se realizaron 200 hoyos, sembrando 10 semillas por hoyo. El año 2012 fue muy seco y en el último seguimiento no hemos detectado germinaciones. Esta especie es proporcionada por el vivero, no obstante se puede germinar sin dificultad. Se deben recoger las semillas con rapidez pues sufren bastante depredación.

## *Reseda suffruticosa* <IBER

Resedácea endémica de los yesos manchegos y de la Hoya de Baza (Granada). Se han detectado varias poblaciones en las proximidades de la cantera. Es altamente recomendable su introducción. Se han recolectado semillas de esta planta.

## *Limonium toletanum* <IBER

Se han recogido semillas recientemente para su germinación y se han hecho algunas pruebas de viverismo silvestre, aunque aún sin mucho éxito. Este año se intentará su repicación en alveolo.

## *Gypsophila bermejoi* (VU)

Cariofilácea que podría instalarse en tomillares sobre yesos en la cantera, su distribución es castellano-maestrazgo-manchega. Está declarada **Vulnerable** por la IUCN, por lo que de acuerdo con los criterios del actual "Long-term biodiversity index" de Lafarge (RUSSIER 2012), es altamente recomendable el reforzar sus poblaciones.

## 4 RESTAURACIONES DE TALUD

En el último seguimiento poblacional de las plantaciones en los taludes (Figura 25), el número total de ejemplares plantados es 3813 en un área de 2,68 ha, lo que supone 1423 individuos/ha. Para estas actuaciones se eligieron 28 especies diferentes (Tabla 2). Debido a la correcta elección en la fecha de plantación las plantaciones han tenido un éxito cercano al 100%.



Figura 25. Situación de los taludes.

Tabla 2. Especies y número de individuos vivos y muertos en los taludes.

Especie	Nº ejemplares	Especie	Nº ejemplares
<i>Atriplex halimus</i>	331	<i>Colutea hispanica</i>	235
<i>Rosmarinus officinalis</i>	197	<i>Thymus zygis</i>	117
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	185	<i>Thymus vulgaris</i>	126
<i>Cistus albidus</i>	103	<i>Thymus mastichina</i>	53
<i>Genista scorpius</i>	188	<i>Santolina chamaecyparissus</i>	337
<i>Jasminum fruticans</i>	79	<i>Rhammus lycioides</i>	52
<i>Quercus coccifera</i>	41	<i>Rhammus alaternus</i>	21
<i>Tamarix gallica</i>	31	<i>Stipa tenacissima</i>	588
<i>Olea europaea</i>	47	<i>Phragmites australis</i>	4
<i>Salvia officinalis</i>	85	<i>Retama sphaerocarpa</i>	368
<i>Ephedra fragilis</i>	211	<i>Salvia lavandulifolia</i>	97
<i>Prunus sp</i>	1	<i>Scirpoides holoschoenus</i>	1
<i>Tamarix africana</i>	4	<i>Lavandula latifolia</i>	142
<i>Calamintha nepeta</i>	94	<i>Lygeum spartum</i>	17
<b>Ejemplares muertos</b>	58		
<b>Total</b>			<b>3813</b>

Las tasas de supervivencia observadas para las especies implantadas se muestran en la Figura 26. Se ha observado tasas muy altas de supervivencia para todas las especies excepto la de *Lavandula latifolia*. Esto se debe a que la ejecución de plantaciones se ha adelantado de los meses de enero/febrero al mes de noviembre. Por lo tanto, la época de plantación juega un papel crucial en el agarre de las plántulas, ya que mediante plantaciones otoñales se garantiza que ejemplares plantados tendrán a su disposición agua proveniente de la gota fría o de criptoprecipitaciones. Además, con el adelantamiento de plantaciones se permite que las plantas tendrán más tiempo para desarrollar su sistema radicular lo que es la clave para la resistencia de las bajas temperaturas invernales y muy altas temperaturas de verano.



**Figura 18.** Tasas de supervivencia de *Thymus zygis*, *Rhamnus alaternus*, *Phragmites australis*, *Jasminum fruticans*, *Tamarix gallica*, *Olea europea*, *Scirpoides holoschoenus*, *Cistus albidus*, *Lygeum spartum*, *Prunus sp.*, *Tamarix africana*, *Calamintha nepeta*, *Salvia officinalis*, *Atriplex halimus*, *Colutea hispánica*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Quercus coccifera*, *Ephedra fragilis*, *Thymus mastichina*, *Rhamnus lycioides*, *Salvia lavandulifolia*, *Thymus vulgaris*, *Santolina chamaecyparissus*, *Genista scorpius*, *Rosmarinus officinalis*, *Stipa tenacissima*, *Retama shaerocarpa*, *Lavandula latifolia*.

## 5 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

LafargeHolcim es una de las empresas de referencia en cuanto a la integración y promoción de la biodiversidad en sus actividades económicas. La inclusión de expertos en biodiversidad en los trabajos de restauración de sus canteras permite que estos sean innovadores y de calidad, suponiendo una gran contribución al conocimiento científico y generando un balance neto positivo en biodiversidad, que favorece la economía circular.

El uso de Soluciones basadas en la Naturaleza en la restauración ecológica de una cantera supone la recuperación de ecosistemas funcionales. 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 paisaje natural 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 en una forma de *infraestructura natural*. Las cuales son soluciones más eficientes que pueden ayudar a reducir costos en las inversiones, aumentar la resiliencia frente al cambio climático y proveer beneficios sociales, ambientales y económicos adicionales (UICN 2017-2020).

La cantera de del grupo LafargeHolcim en Yepes-Ciruelos es un importante refugio para la biodiversidad en La Mesa de Ocaña. La restauración ecológica debe ser entendida como una asistencia a la recuperación de los ecosistemas. Una parte fundamental es entender los procesos ecológicos relacionados con la vegetación que se desea restaurar, conocer los ecosistemas de referencia e identificar los cuellos de botella sobre los que actuar. El objetivo es trabajar con la naturaleza, favoreciendo los procesos de colonización y sucesión secundaria. Los ecosistemas restaurados tendrán una estructura, composición florística y función ecológica similar a los ecosistemas de referencia.

El seguimiento periódico de las acciones realizadas favorece el éxito de la restauración y permite el desarrollo de un plan de gestión adaptativa para la mejora de las técnicas

utilizadas. El éxito en una restauración se alcanza cuando se puede observar que los individuos introducidos cierran su ciclo biológico, dando lugar a nuevos individuos que se integran en los procesos de sucesión vegetal.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Aronson J., Milton S.J. & Blignaut J.N. (eds.). 2007. Restoring natural capital: science, business, and practice. Society for Ecological Restoration International. Island Press.
- 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.
- Barberá, P. & Soriano, C. 2011. Catálogo florístico del Mar de Ontígola-Paraje de los Cotillos (Reserva Natural "Regajal-Mar de Ontígola", Madrid, España). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol.* 10 (1-4): 91-124.
- Benito Alonso, J.L. 2011. Relación aproximada de las plantas vasculares descritas para la flora ibero-macaronésica en 2008, más adiciones de años anteriores. *Bol. Asoc. Herb. Ibero-macaronésicos* 12-13: 29-37.
- Costa, M. 1974. Estudio fitosociológico de los matorrales de la provincia de Madrid. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 31 (1): 225-315.
- Clewell A.F. & Aronson J. 2007. Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession. Society for Ecological Restoration International. Island Press.
- Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural. 2005. Decreto 119/2005, de 27/09/2005, por el que se aprueba el plan de recuperación de la especie de flora *Vella pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus*, catalogada en peligro de extinción y se declara como microrreserva el área crítica para su supervivencia. Diario Oficial de Castilla-La Mancha 166: 17690-17696.
- Dirección General de Áreas Protegidas y Biodiversidad. 2011. Resolución de autorización para establecimiento de parcelas de experimentación de *Vella pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus* en la cantera propiedad de Lafarge Cementos S.A.U. en los términos municipales de Yepes-Ciruelos (Toledo). Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 2 pp.
- García Delgado, J. & López Roldán, B. 2015. Catálogo flora Noblejas.
- Fernández, F., Garro, M. C., de la Fuente, J., Sardinero, S., Gegúndez, P., Avellaneda, C., Martín, L., Púa, F. (2014) ¿Es posible sacar a un endemismo en peligro de extinción de la lista roja de especies amenazadas? El caso de *Vella pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus*. CONAMA 2014.
- Ferrandis, P., Herranz, J.M. & Copete, M.A. 2005. Caracterización florística y edáfica de las estepas yesosas de Castilla-La Mancha. *Invest Agrar: Sist Recur For* 14(2): 195-216.

- García Abad-Alonso, J.J. 2009. Geografía de las Plantas en La Alcarria Occidental y Mesa de Ocaña (I). Análisis florístico en cinco localidades representativas. *An. Geog. Univ. Complutense* 29 (2): 127-153.
- Hernández Palacios, G. 2013. Notas sobre flora vascular de la provincia de Toledo (Península Ibérica, España). *An. Biol.* 35: 29-40.
- Hernández Palacios, G. 2014. Anotaciones florísticas de la provincia de Toledo (Península Ibérica, España). *Bot. Complut.* 38: 105-112.
- Jiménez F J. 1994. *Viveros forestales para la producción de plantas a pie de repoblación*. I.S.B.N.: 84-3410818-6. Rivadeneyra. S. A. Getafe (Madrid).
- Laorga, S. 1986. *Estudio de la flora y vegetación de las comarcas toledanas del tramo central de la cuenca del Tajo*. Tesis doctoral.
- Marcos Samaniego, N. 1987. Notas corológicas toledanas. *Stud. Bot.* 6: 119-122.
- Martínez Labarga, J.M. & Nogales Ruiz, I. 2011. Aportaciones a la flora vascular de Tiernes (Madrid). *Flora Montib.* 47: 3-18.
- Martínez Labarga, J.M., Grijalbo Cervantes, J., Revilla Onrubia, A., Luengo Nicolau, E., Molina Sánchez, F. & Campos Casabón, J.C. 2015. *Crocus nevadensis* Amo & Campo ex Amo (Iridaceae), novedad para la provincia de Toledo. *BVnPC* 4 (49): 36-42.
- Miyawaki A., Fujiwara K. 1988. Restoration of Natural Environment by Creation of environmental Protection Forest in Urban Areas. *Bull Inst Environ Sci Technol* 15: 95-102.
- 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. 2004 Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice. *Ecol Res* (2004) 19: 83-90.
- 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.
- Starke L. (ed.). 2006. Good Practice Guidance for Mining and Biodiversity. International Council on Mining and Metals, ICMM, 142 pp.
- UICN 2017-2020. Web: <https://www.iucn.org/node/28778>.