

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Plan de restauración de un humedal propiedad de HOLCIM en Añover de Tajo (Toledo)



Autor Principal: Carmen García Borreguero (UCLM)

Otros autores: Álvaro Jiménez Gómez (UCLM), Alberto Ortego García (UCLM), Guillermo García Martínez (UCLM), Syra Zemlia (ARBA Toledo), Santiago Sardinero (UCLM).

Contenido

1. RESUMEN.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	3
3.1. PLANIFICACIÓN DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.....	3
3.2. CARACTERIZACIÓN DEL TERRITORIO.....	4
3.3. CARTOGRAFÍA DETALLADA DE LOS TIPOS DE VEGETACION Y TIPOS DE HÁBITATS.....	5
3.4. FLORA Y VEGETACIÓN.....	7
3.5. TÉCNICAS DE REPRODUCCIÓN DE LAS ESPECIES VEGETALES EN EL HUMEDAL DE HOLCIM EN AÑOVER DE TAJO.....	11
4. RESULTADOS. PROPUESTA DE RESTAURACIÓN.....	15
4.1. TIPOS DE VEGETACIÓN A RESTAURAR.....	15
4.2. SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE REVEGETACIÓN NATURAL.....	21
5. DISCUSIÓN.....	24
6. CONCLUSIÓN.....	24
7. BIBLIOGRAFÍA.....	25

1. RESUMEN

La existencia de una gran variedad de formas de vida, sus interacciones y el entorno en el que viven, han convertido a la Tierra en un hábitat propicio para la humanidad. Las empresas están cada vez más concienciadas de la importancia de fomentar e incorporar la biodiversidad en sus proyectos.

Para diseñar un plan de restauración ecológica de promoción e integración de la biodiversidad en un área de estudio, es necesario encuadrarlo en un marco biogeográfico y bioclimático apropiados. Es muy aconsejable realizar un catálogo florístico y de tipos de vegetación existentes en las áreas adyacentes. Para trabajar con ellos es necesario conocer la dinámica de la vegetación y realizar un proceso de priorización de tareas que, mediante la utilización de especies nativas, generen estructuras de vegetación con funcionamiento ecosistémico que provean de hábitat y otros servicios ecosistémicos a una diversidad de seres vivos.

En este trabajo se recogen las acciones que se están llevando a cabo en la zona de estudio, entre las que destacan la recopilación de información florística, tipos de vegetación y su cartografía. Se caracterizan las series de vegetación climatófila, edafohigrófila y edafoxerófila, con sus etapas maduras y etapas de sustitución, se elaboran modelos sucesionales del proceso de recolonización natural y estrategias de aceleración de dicho proceso. Para ello se priorizan tareas de restauración ecológica con las especies nativas estructurales más relevantes de las series de vegetación y con especies nativas de elevado valor biogeográfico que además pueden estar amenazadas. Se describen sus métodos de propagación e introducción en el área de estudio y las técnicas de revegetación. Se estudian las lagunas semipermanentes y permanentes existentes en la zona de estudio.

2. INTRODUCCIÓN

El contexto actual de cambio global en el que vivimos fue generado en gran parte por el crecimiento de la población mundial, cuyas necesidades de consumo también aumentaron y, por ende, la extracción de recursos naturales (Khan *et al.*, 2021; Ritchie *et al.*, 2023). Es así, que el mundo empresarial y la biodiversidad están estrechamente relacionados, por la dependencia y el impacto que puede provocar la primera por sobre la segunda (Kallesoe *et al.*, 2012). Por esto, es clave que las empresas contemplen en sus políticas y toma de decisiones este concepto, equilibrando el vínculo entre las empresas y la biodiversidad (Smith *et al.*, 2020).

Estas presiones ocasionan cambios de usos del suelo, que conlleva la fragmentación y pérdida posterior de hábitats. La fragmentación y pérdida del hábitat es la causa fundamental de pérdida de biodiversidad en el mundo (Pimm & Raven, 2000; García, 2020).

En el caso de las actividades mineras a cielo abierto producen algunos impactos en la biodiversidad, de cierta severidad que dificulta la conservación del medio ambiente y el

favorable desarrollo socioeconómico para la población (Aronson, Milton & Blignaut, 2007; Sardinero *et al*, 2014).

En el contexto de la restauración ecológica, los huecos mineros ofrecen un entorno particularmente interesante para la recuperación de comunidades vegetales. Su aislamiento de fuentes de perturbación antrópica permite que el agua de lluvia acumulada permanezca libre de contaminantes, creando condiciones favorables para el establecimiento de vegetación nativa y la conservación de hábitats sensibles.

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. Están basados en recrear el proceso natural de recuperación, llamado sucesión natural, en algunos casos sería posible permitir la regeneración natural sin intervención humana, pero el coste es el tiempo (Miyawaki *et al*, 1993).

Nuestro equipo de investigación ha colaborado estrechamente con HOLCIM durante aproximadamente 20 años en la cantera de Yepes-Ciruelos, en Toledo. A lo largo de estas dos décadas, hemos desarrollado líneas de investigación enfocadas en la restauración de hábitats y en el análisis de su funcionalidad ecológica. Esta zona de estudio es el escenario de este trabajo continuo de monitoreo y seguimiento de la restauración ambiental, consolidando una trayectoria significativa en este ámbito.

Tras el seguimiento se han obtenidos resultados para la realización de una restauración más efectiva y adaptada a las condiciones cambiantes del medio, en cuanto a las orientaciones, competencia o simbiosis entre especies. Esto ayudará a minimizar costes y tiempo para la construcción del paisaje final. El cual tendrá las características estructurales fundamentales para que siga su curso de forma natural.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. PLANIFICACIÓN DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Para diseñar un plan de restauración de ecosistemas, Figura 1, es necesario en primer lugar definir el área de estudio, encuadrarlo en un marco biogeográfico y bioclimático apropiados. El conocimiento de las especies, de sus necesidades, estructuras y procesos de sucesión natural (Walker, Walker & Hobbs, 2007) para ello es aconsejable realizar un catálogo florístico y de tipos de vegetación existentes, se debe de conocer la dinámica de vegetación (Miyawaki & Fujiwara, 1988; Miyawaki & Golley, 1993; Miyawaki, 1998, 1999, 2004) y realizar un proceso de priorización de tareas que, mediante la utilización de especies nativas, genere estructuras de vegetación con funcionamiento ecosistémico que provea de servicios ecosistémicos (García, 2020). Por ello es importante la correcta elección de las labores de restauración, teniendo en cuenta siempre presente la sucesión vegetal natural (Sardinero *et al*, 2014). Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) se pueden considerar como un concepto paraguas que incluye una serie de enfoques diferentes como al *Adaptación Basada en Ecosistemas* (Isabel *et al*, 2018).

Es importante su comunicación y divulgación, para ello, se realizarán visitas guiadas para el personal interesado desde el Centro de Interpretación de la Naturaleza “Mesa de Ocaña”, que forma parte de la Red de Equipamientos de Educación Ambiental de Castilla-La Mancha y pertenece a HOLCIM. Además, se contará con participación de estudiantes de grado en Ciencias Ambientales y del Máster de Sostenibilidad para el Desarrollo Local y Territorial de la Universidad de Castilla-La Mancha en el programa de *Prácticas en empresas*. Las actividades incluirán: recolección y dispersión de semillas, plantación de semillas y plantas, y visitas guiadas para observar y estudiar flora, vegetación y paisaje. Asimismo, la autora del trabajo divulgará los resultados obtenidos en el CONAMA 2024.

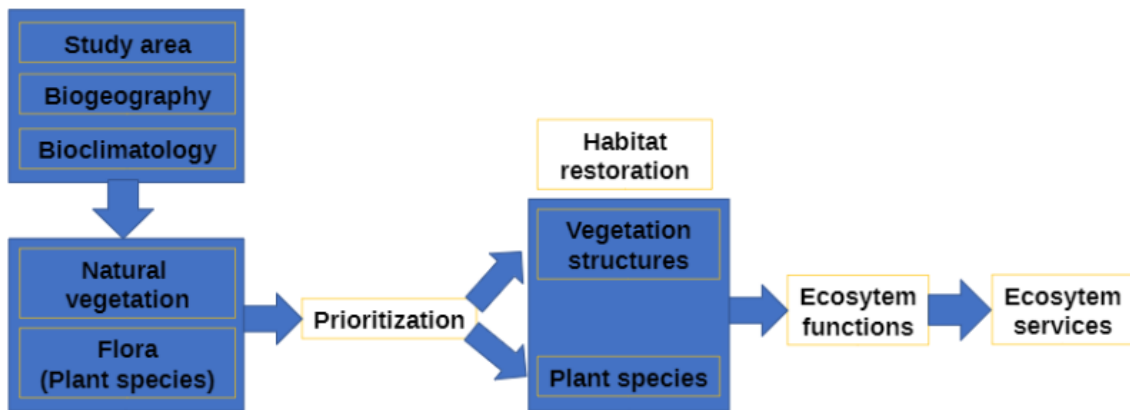


Figura 1. Esquema general de un plan de restauración ecológica y promoción de la biodiversidad (Isabel *et al.*, 2018).

3.2. CARACTERIZACIÓN DEL TERRITORIO

El área de estudio consiste en un hueco minero resultado de la extracción de yeso, situado en el municipio de Añover de Tajo (Toledo). Se encuentra dentro del Sector Manchego, subsector Manchego-Sagrense dentro del piso bioclimático mesomediterráneo superior y presenta el ombrotipo seco inferior. En cuanto a la bioclimatología, al no existir estaciones meteorológicas en Añover de Tajo se han tomado los datos de las estaciones meteorológicas más próximas. Las características bioclimáticas de la zona se han extraído de la estación meteorológica más próxima al área de estudio, la de Esquivias. La precipitación media anual es de 414 mm (Figura 2) y se observa que existe un periodo en el que las precipitaciones son bajas y las temperaturas más altas que se corresponde al periodo estival, propio de la aridez que caracteriza a los bioclimas mediterráneos.

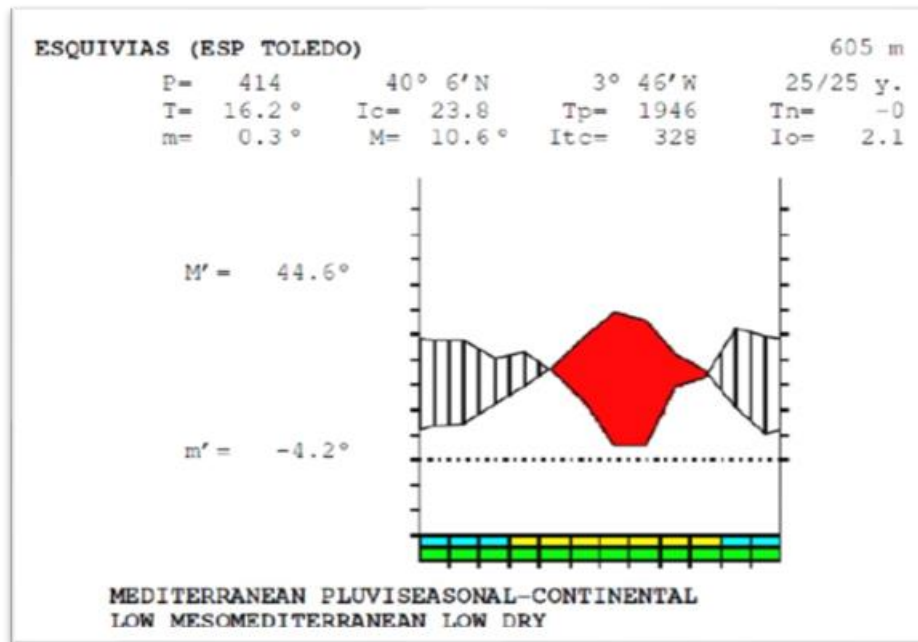


Figura 2. Climodiagrama de la estación meteorológica de Esquivias. Fuente: Rivas-Martínez (1996-2009).

3.3. CARTOGRAFÍA DETALLADA DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN Y TIPOS DE HÁBITATS

Al elaborar la cartografía de tipos de vegetación, resulta complejo determinar con precisión dónde termina un tipo y comienza otro, lo que hace poco práctico y laborioso representarlos de manera individual. Por ello, en este tipo de estudios es común definir Unidades Cartográficas de Vegetación.

La Figura 3 muestra las unidades cartográficas de vegetación en el área de estudio. La Tabla 1 muestra la cobertura de las unidades cartográficas de vegetación en el área de estudio expresada en metros cuadrados y en porcentaje.

Tabla 1. Área y cobertura de las unidades cartográficas de vegetación.

Unidad cartográfica de vegetación	Área (m ²)	% Cobertura
Total	190387	100 %
Área operacional	94387	49.58 %
Pastos de herbáceas perennes con <i>Retama sphaerocarpa</i>	28440	19.17 %
Olivar naturalizado con herbáceas perennes	21173	11.12 %
Complejo lagunar con caráceas	14237	7.48 %
Matorral subnitrófilo	10322	5.42 %
Tomillares de <i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	4770	2.81 %
Costra yesífera con comunidades de <i>Sedum gypsicola</i>	2702	1.42 %
Herbazal anual de jaramagos	2342	1.23 %
Talud preparado para la restauración	1853	0.97 %
Zona restaurada	1535	0.81 %

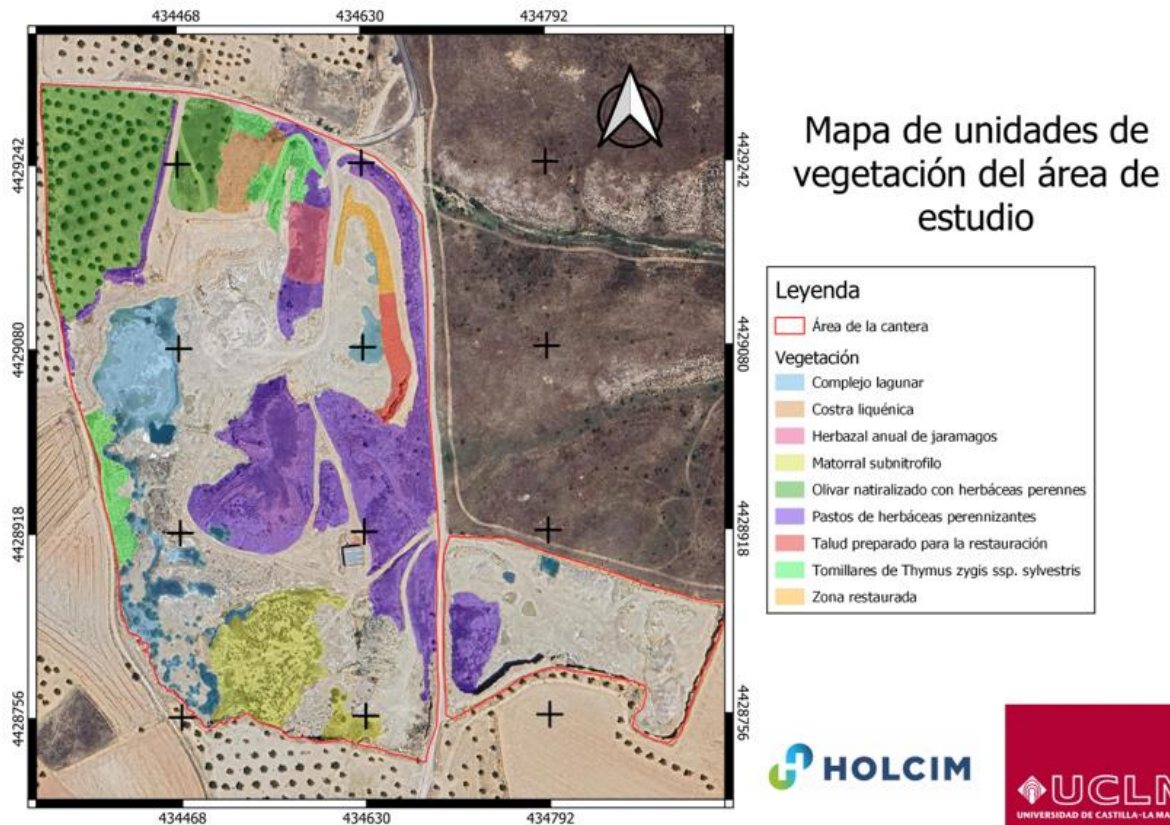


Figura 3. Cartografía de los tipos de vegetación en el área de estudio.

Las unidades descritas a continuación, se encuentran detalladas en el apartado siguiente (descrita en el Punto 3.4).

La superficie que queda sin cartografiar corresponde al **Área operacional**. Esta área ocupa el 50 % del área de estudio, donde se implantarán algunas de las medidas propuestas descritas en este trabajo (descritas en el Punto 4).

La unidad cartográfica de vegetación más abundante en el área de estudio en estos momentos es la de **Pastos de herbáceas perennizantes** que ocupa el 19,17 %. Comunidades de herbáceas que pueden tener algunas especies de vegetación sucesionalmente más avanzada como tomillos (*Thymus zygis* subsp. *sylvestris*) y retamas (*Retama sphaerocarpa*).

La unidad de **Olivar naturalizado con herbáceas perennes** ocupan el 11,12% de cobertura total. Se trata de un olivar ecológico al que no se le han realizado roturaciones ni se le han aplicado fertilizantes ni pesticidas en los últimos años.

La unidad cartográfica **Complejo lagunar con caráceas** ocupa el 7,48 % de cobertura total. Está compuesta por las zonas de acumulación de agua temporales (acumulación de agua de lluvia que, al evaporarse deja una costra salina), permanentes (acumulación de agua constante con caráceas en zonas más profundas y tarayales en los bordes) y semipermanentes (fluctuaciones de agua según las épocas de lluvias donde se encuentran tarayales en el exterior y comunidades de juncos churreros (*Scirpoides holoschoenus*) y enneas (*Typha latifolia*)).

La unidad cartográfica **Matorral subnitrófilo** (descrita en el punto 3.4) ocupa el 5,42 % de la cobertura vegetal.

La unidad cartográfica **Tomillares de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*** (descrita en el Punto 3.4 como tomillar) ocupa el 2,81 % de la cobertura vegetal.

La unidad cartográfica **Costra yesífera con comunidades de *Sedum gypsicola*** (nanopastizales gipsícolas punto 3.4) ocupa el 1,42 % de la cobertura vegetal.

La unidad cartográfica **Herbazal anual de jaramagos** ocupa el 1,23 % de la cobertura vegetal. Está compuesta por diferentes herbáceas, en su mayoría por jaramagos (*Diplotaxis virgata*, *Diplotaxis eruroides*, *Eruca vesicaria*, *Sisymbrium cavanillesianum*).

La unidad cartográfica **Talud para restauración** ocupa el 0,97 %. Se trata de un talud preparado con una capa del banco de semillas donde se van a empezar a introducir algunos individuos de *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, *Artemisia herba-alba*, entre otras.

La unidad cartográfica **Zona restaurada** ocupa el 0,81 %. Se trata de una zona de actuación que ya ha sido restaurada con individuos de *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, *Artemisia herba-alba*, entre otras.

3.4. FLORA Y VEGETACIÓN

La caracterización de las series de vegetación climatófila y edafohigrófila con sus etapas maduras y etapas de sustitución se describen en las siguientes fichas técnicas sucesionales y se añaden algunas como propuestas de restauración.

Serie de vegetación climatófila adyacente al área de estudio

La Figura 4 muestra la secuencia completa de la vegetación climatófila. Sin embargo, en el área de estudio no se han registrado especies como encinas (*Quercus rotundifolia*), coscojas (*Quercus coccifera*), espinos negros (*Rhamnus lycioides*), jazmines silvestres (*Jasminus fruticans*) ni otros arbustos grandes, a excepción *Ephedra fragilis*. Esta ausencia sugiere que la precipitación anual es inferior a 350 mm, lo que actúa como un factor limitante y define un ombrotipo semiárido que impide el desarrollo de estructuras vegetales formadas por arbustos de gran tamaño. A continuación, se describen las etapas observadas, comenzando por las más maduras. En primer lugar, aparecen los pastos gipsófilos, seguidos por los caméfitos gipsófilos. En solana, las comunidades vegetales tienden a estabilizarse y permanecen en el tiempo, mientras que, en umbría, el aumento de humedad favorece la dinámica y sucesión natural.

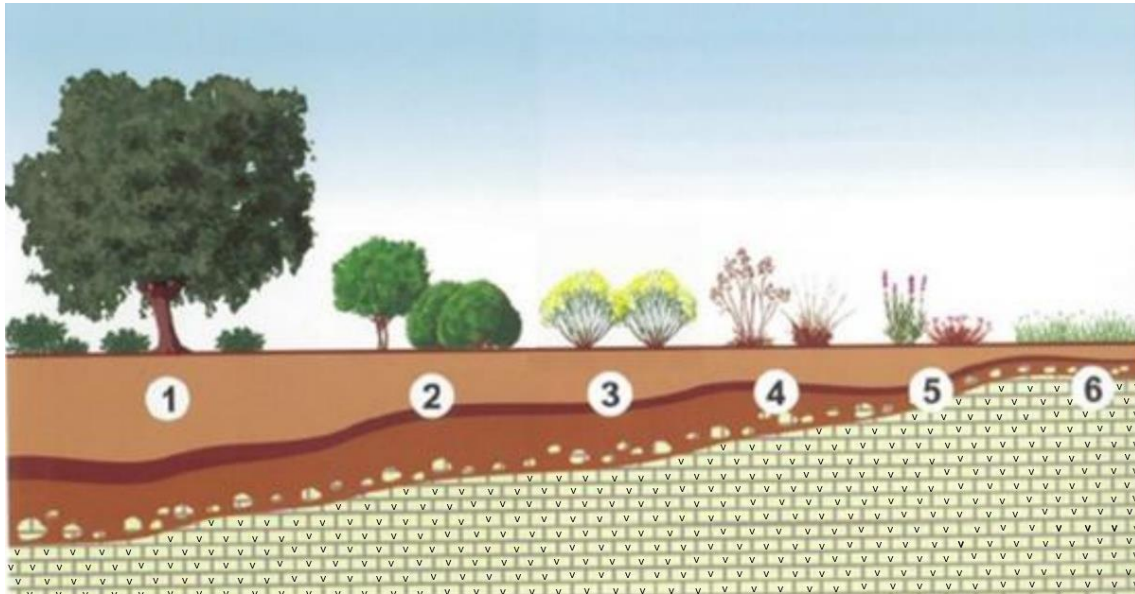


Figura 4. 1. Bosquetes: encinar, encina (*Quercus rotundifolia*). 2. Matorrales altos: chaparral-coscojar, encina (*Quercus rotundifolia*); coscoja (*Quercus coccifera*). 3. Comunidades de leguminosas arbustivas: retamar, retama (*Retama sphaerocarpa*). 4. Comunidades herbáceas perennes: espartal, esparto (*Stipa tenacissima*). 5. Matorrales pequeños: tomillar, tomillo (*Thymus zygis* subsp. *sylvestris*), romerillo (*Teucrium pseudochamaepestis*), 6. Comunidades de hierbas de ciclo biológico anual. (tomado de Peinado, Monje & Martínez Parras 2008, modificado).

Retamar de la zona adyacente al área de estudio

Comunidades de leguminosas arbustivas dominadas por la retama (*Retama sphaerocarpa*). Composición florística detallada: *Retama sphaerocarpa*, *Phlomis lychnitis*, *Stipa tenacissima*, *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica*, *Melica ciliata* subsp. *magnolii*, *Lavandula latifolia*, *Thymus mastichina*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, *Ruta montana*, *Thapsia villosa*, *Asphodelus cerasiferus* y *Carlina hispanica* entre otras (Laorga, 1986).

Espartal de la zona adyacente al área de estudio

Comunidad de gramíneas amacolladas dominadas por el esparto (*Stipa tenacissima*). Composición florística detallada: *Stipa tenacissima*, *Phlomis lychnitis*, *Arrhenatherum album*, *Stipa parviflora*, *Stipa lagascae*, *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica*, *Melica ciliata* subsp. *magnolii*, *Avenula bromoides*, *Lavandula latifolia*, *Thymus mastichina*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, *Teucrium pseudochamaepestis*, *Ruta montana*, *Thapsia villosa* y *Carlina hispanica* entre otras (Laorga, 1986).

Tomillar de la zona adyacente al área de estudio

Matorral bajo constituido por matas de diversas especies entre las que destacan las labiadas y las cistáceas. Composición florística detallada: *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, *Lavandula latifolia*, *Thymus mastichina*, *Teucrium pseudochamaepestis*, *Phlomis lychnitis*, *Ruta montana*, *Asphodelus cerasiferus*, *Santolina chamaecyparissus*, *Carlina hispanica*, *Teucrium capitatum*, *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica*, *Artemisia herba-alba* y *Helichrysum stoechas* entre otras (Laorga, 1986).

Nanopastizales gipsícolas de la zona adyacente al área de estudio

Nanopastizales gipsícolas de cobertura muy baja propios de suelos yesíferos poco evolucionados cubiertos de costras liquénicas. Composición florística: *Campanula fastigiata*, *Chaenorhinum rubrofolium*, *Bupleurum semicompositum* y *Sedum gypsicola* entre otras (Laorga, 1986).

Matorral subnitrófilo

Matorral basófilo y subnitrófilo caracterizado por *Artemisia herba-alba*, *Salsola vermiculata*. Composición florística detallada: *Santolina chamaecyparissus*, *Marrubium vulgare*, *Retama sphaerocarpa*, *Stipa tenacissima*, *Thapsia villosa*, *Carlina hispanica*, *Thymus mastichina*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, *Lavandula latifolia*, *Ononis natrix* y *Melica ciliata* subsp. *magnolii* entre otras (Laorga, 1986).

Comunidades de hierbas de ciclo biológico anual

Pastizal compuesto por plantas herbáceas de ciclo biológico anual y briófitos sobre margas yesíferas. Composición florística detallada: *Linaria amethystea*, *Sedum gypsicola*, *Linaria glauca*, *Bombycilaena discolor*, *Galium parisiense*, *Cerastium pumilum*, *Euphorbia falcata*, *Helianthemum salicifolium* y *Neatostema apulum* entre otras (Laorga, 1986).

Comunidades anuales nitrófilas

Comunidad nitrófila pionera dominada por el jaramago amarillo, endemismo ibérico *Diplotaxis virgata* subsp. *virgata*, *Diplotaxis erucooides*, *Eruca vesicaria* y *Sisymbrium cavanillesianum* entre otras (Laorga, 1986).

Serie de vegetación edafohigrófila de charcas permanentes en territorio adyacente al área de estudio

En este caso (Figura 5) en las zonas más alejadas del agua se encuentra el tarayal. A medida que nos acercamos, aparecen los juncales (comunidades de junco churrero *Scirpoides holoschoenus* con *Juncus acutus* (**Cirsio-Holoschoenetum**)). En las zonas más encharcadas, están los espadañales de *Typha latifolia* con carrizales de *Phragmites australis* (**Typho-Phragmitetum australis**). Finalmente, en las zonas permanentemente inundadas se encuentran las caráceas (*Chara sp. pl.*)

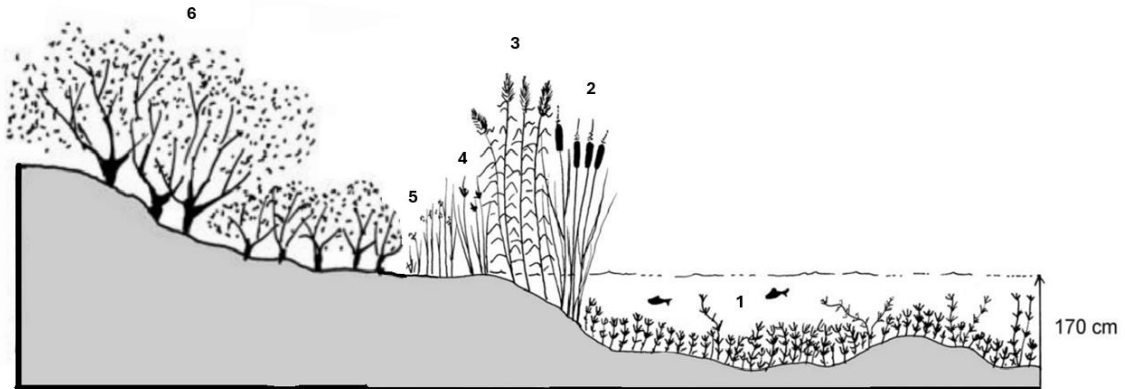


Figura 5. Catena de vegetación edafohigrófila: 1. Comunidad de *Chara sp.*; 2. *Typha latifolia*; 3. *Phragmites australis*; 4. *Scirpoides holoschoenus*; 5. *Juncus acutus* y 6. *Tamarix sp.* Fuente: Cirujano, 2002 modificado.

Serie de vegetación edafohigrófila de charcas semipermanentes en territorio adyacente al área de estudio

En este caso (Figura 6), desde las zonas más húmedas a más secas, se encuentran los tarayales. Por gradiente, aparecen de más a menos salinos: *Tamarix boveana*, *Tamarix gallica* y *Tamarix africana*. Luego, se encuentran las comunidades de *Salicornia patula* y *Frankenia pulverulenta* (conductividad de entre 4-30 dS/m); *Aeluropus littoralis*, *Sarcocornia alpini* subsp. *carinata* (conductividad de entre 18-30 dS/m), *Suaeda vera* subsp. *braun-blanquetii* (conductividad de entre 4-30 dS/m); *Frankenia thymifolia*, *Lygeum spartum* (conductividad de entre 3-4 dS/m), *Atriplex halimus* (conductividad de entre 2-3 dS/m); *Juncus maritimus*; *Juncus acutus*. Podemos observar un ejemplo en la Figura 7.

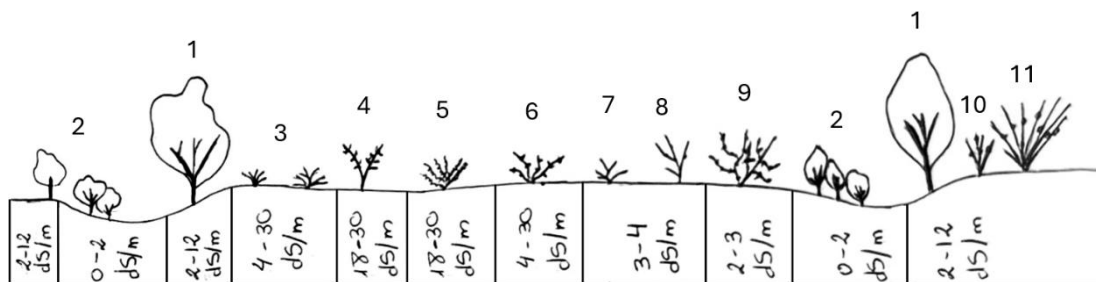


Figura 6. Catena de vegetación edafohigrófila: 1. *Tamarix gallica*; 2. *Tamarix boveana* y *Tamarix africana*; 3. *Salicornia patula* y *Frankenia purverulenta*; 4. *Aeluropus littoralis*; 5. *Sarcocornia alpini* subsp. *carinata*; 6. *Suaeda vera* subsp. *braun-blanquetii*; 7. *Frankenia thymifolia*; 8. *Lygeum spartum*; 9. *Atriplex halimus*. 10. *Juncus maritimus*; 11. *Juncus acutus*. Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Catena de vegetación edafohigrófila en Añover de Tajo. 1. *Sarcocornia alpini* subsp. *carinata*; 2. *Juncus maritimus*; 3. *Suaeda vera* subsp. *braun-blanquetii*; 4. *Lygeum spartum*; 5. *Atriplex halimus*. Fuente: Cruz, 2015.

3.5. TÉCNICAS DE REPRODUCCIÓN DE LAS ESPECIES VEGETALES EN EL HUMEDAL DE HOLCIM EN AÑOVER DE TAJO

A. Extensión del horizonte superficial de suelos con su banco de semillas sobre la superficie a restaurar.

Esta técnica consiste en extender el horizonte superficial de suelos con banco de semillas sobre la superficie a restaurar. Durante el otoño y la primavera, bajo condiciones apropiadas de humedad y temperatura, las semillas germinan, las plántulas crecen, se convierten en adultas, generan nuevas semillas y las dispersan, completando así su ciclo biológico. Esta técnica es recomendable en superficies planas y taludes térreos inclinados hasta que la excesiva pendiente favorezca los procesos erosivos, que arrastran el suelo y sus semillas. Además, se puede utilizar en rellanos, repisas, grietas y taludes térreos entre superficies rocosas.

La extensión del horizonte superficial de suelos con su banco de semillas sobre la superficie a restaurar tiene evidentes ventajas frente a las tradicionales hidrosiembras:

- La integridad genética de las poblaciones, pues su procedencia es el mismo lugar donde se extiende los suelos.
- El número de especies, ya que normalmente en un banco de semillas existen 20 o más especies.
- La sencillez de la técnica.
- El coste es mucho más barato. Una hidrosiembra de más de 25 especies tiene un coste elevado y la región de procedencia de las semillas es más alejada.
- Esta técnica favorece las etapas sucesionales primocolonizadoras, adaptadas a la

perturbación que implica la extensión de horizonte superficial del suelo, y aumenta el porcentaje de materia orgánica en este. Con el paso del tiempo, estas etapas primocolonizadoras son sustituidas por otras etapas sucesionales más avanzadas. Esta técnica puede combinarse con otras, con objeto de acelerar estos procesos sucesionales.

B. Dispersión de semillas y siembra de semillas en hoyos pequeños.

En un proceso de restauración de la vegetación natural es recomendable priorizar la recolección de semillas de algunas especies que resulten ser interesantes por algún motivo (Figura 8). Estas semillas pueden ser simplemente dispersadas y/o sembradas en hoyos pequeños, que pueden ser regados y señalados para facilitar su seguimiento y posteriores riegos, para aumentar las probabilidades de germinación de las semillas y supervivencia de las plántulas. Se utilizará el calendario de semillas disponible del equipo de investigación para la recolección de éstas.



Figura 8. Recogida de semillas de *Astragalus alopecuroides* subsp. *alopecuroides* en Montesión (Toledo). Fuente: Santiago Sardinero y GBIF.

C. Plantación de individuos de árboles, arbustos y herbáceas perennes de un año, trasplantes de individuos adultos, con región de procedencia adecuada.

Tradicional método de plantación de individuos de un año, con región de procedencia adecuada. Se hace un hoyo profundo, se planta el individuo, se entierra, se instala un protector para evitar herbivoría por los conejos, se deja un pequeño alcorque para facilitar la irrigación profunda y se riega (Figura 9).



Figura 9. Individuo adulto de *Ephedra fragilis*. Fuente: Santiago Sardinero y GBIF.

D. Viverismo silvestre

Este consiste en la obtención de individuos mediante su extracción del propio área de estudio (Bainbridge, 2007). Es importante minimizar las perturbaciones durante la extracción de los individuos, ya que esto puede causarles estrés y dañar su sistema radicular. Por ello, se recomienda realizar una pequeña poda de la parte aérea de las plantas, lo cual ayudará a minimizar las pérdidas por evapotranspiración. Cabe destacar que la extracción de individuos se llevará a cabo en las poblaciones muy densas y bien desarrolladas (Figura 10).

E. Traslado de fragmentos de suelos intacto.

Una de las técnicas de restauración de la vegetación herbácea consiste en el traslado de pequeños fragmentos de suelo intacto, que incluye el horizonte superficial edáfico (entre 3 y 5 cm de profundidad) con briófitos, plantas herbáceas de ciclo anual y su banco de semillas. La extracción se realiza con una pala pequeña, y el hueco generado se rellena con suelo de procedencia cercana, de modo que se facilita el recubrimiento por la vegetación que circunda el hueco. Los pequeños fragmentos de suelo intacto se depositan sobre el área a restaurar, previamente humedecida con agua pulverizada, y se ajustan los bordes de los fragmentos contiguos. Por último, se humedece el suelo con agua pulverizada para facilitar la unión entre el suelo trasladado y la superficie sobre la que se ha depositado, así como entre los fragmentos de suelo contiguos. Este método es más apropiado para taludes rocosos, para recubrir tanto taludes como repisas térreas y rocosas.

Los fragmentos de suelo intacto pueden obtenerse preferentemente de áreas autorizadas para ser perturbadas por requerimientos del proyecto, o de áreas naturales. En este caso, esta técnica facilita el recubrimiento progresivo de las pequeñas áreas perturbadas.



Figura 10. Espartos (*Stipa tenacissima*) obtenidos a través de viverismo silvestre. Fuente: Santiago Sardinero.

F. Estaquillado o esquejado de plantas leñosas.

Esta técnica permite, para ciertas plantas leñosas, la reproducción de estas con mayor rapidez puesto que se reduce el tiempo necesario para que la propia planta se desarrolle y se adapte a las condiciones naturales del medio donde se implantarán (Figura 11).



Figura 101. Estaquillas de taray (*Tamarix boveana*). Fuente: Santiago Sardinero y GBIF.

Estas técnicas se reproducen en las instalaciones de la UCLM, en la cual se dispone de un invernadero, umbráculo y vivero (Figura 12).



Figura 12. Invernadero de la Facultad de Ciencias Ambientales en el campus de la Universidad de Castilla-La Mancha en Toledo.

4. RESULTADOS. PROPUESTA DE RESTAURACIÓN

4.1. TIPOS DE VEGETACIÓN A RESTAURAR

Tras la revisión de los datos de Ignacio *et al.* (2010), Laguna (2014), Cruz (2014), Usarek (2015) y Soil Science Division Staff (2017), se realizó la siguiente propuesta de restauración adaptada al área de estudio.

La vegetación gipsícola mediterránea (*Gypsophiletalia*) se desarrolla sobre sustratos ricos en yesos, donde son abundantes los gipsófitos, plantas que crecen exclusivamente en estos sustratos en condiciones de aridez o semiaridez.

Los suelos con yesos, ubicados en las **laderas más soleadas, orientadas al sur y suroeste**, están poco desarrollados y sobre ellos se desarrollan pequeños matorrales con abundantes endemismos ibéricos e ibero-norteafricanos (*Gypsophilo struthium-Centaureetum hyssopifoliae* y *Herniario fruticosae-Teucrietum floccosi*) como *Centaurea hyssopifolia*, *Gypsophila struthium*, *Helianthemum squamatum*, *Thymus lacaitae*, *Lepidium subulatum*, etc. Estas comunidades vegetales poseen la capacidad de utilizar el agua de cristalización de los yesos, especialmente en verano (Palacio *et al.*, 2014). En situaciones microtopográficas favorables, estas comunidades pueden evolucionar a espartales dispersos.

En los **piekemontes de laderas soleadas (sur y suroeste)**, sobre suelos muy ligeramente salinos, pueden establecerse comunidades de *Frankenia thymifolia*.

En **laderas orientadas a norte y noreste**, en concavidades como regueros, cárcavas, barrancos y valles, donde la topografía favorece una mayor biodisponibilidad de agua y nutrientes sobre suelos no salinos a muy ligeramente salinos, así como en áreas perturbadas, se facilita la instalación de comunidades de jaramagos (*Diplotaxis virgata*, *Diplotaxis eruroides*, *Eruca vesicaria*, *Sisymbrium cavanillesianum*), centaureas (*Centaurea melitensis*, *Centaurea ornata*, *Mantisalca salmantica*) y matorrales gipsonitrófilos dominados por *Salsola vermiculata* y *Artemisia herba-alba* (***Salsola vermiculatae-Artemisietum herbae-albae***). Estas comunidades aumentan progresivamente el porcentaje de materia orgánica en el suelo y, evolucionan sucesionalmente hacia tomillares de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* y espartales (***Arrhenathero erianthi-Stipetum tenacissimae*** con *Stipa tenacissima* y *Centaurea melitensis*), retamares de *Retama sphaerocarpa* (***Genisto scopii-Retametum sphaerocarphae***) y coscojares de *Quercus coccifera* (***Daphno gnidii-Quercetum cocciferae***).

Con algo más de humedad, **en regueros, cárcavas y pequeños barrancos**, se desarrollarían albardinares de *Lygeum spartum* (***Dactylido hispanicae-Lygeetum sparti***) muy ligeramente salinos. En el tránsito hacia el **interior de las cubetas endorreicas** se podrían ubicar albardinares (***Senecioni castellani-Lygeetum sparti***) ligeramente salinos con comunidades del género *Limonium* (***Gypsophilo tomentosae-Limonietum*** y ***Frankenio thymifoliae-Limonietum latebracteati***). En las **cabeceras de las cubetas endorreicas**, en las surgencias de agua el albardinar se puede introducir *Elymus curvifolius* y, en su borde externo se instalarían comunidades muy ligeramente salinas de *Atriplex halimus* (***Limonio dichotomi-Atriplicetum halimi***).

En las **depressiones endorreicas** (Figura 13), se dan fluctuaciones estacionales de salinidad que implican suelos que van desde ligeramente hasta moderadamente salinos. Con humedad permanente durante el verano se desarrollarían pequeños juncales de *Juncus gerardi* (***Bupleuro tenuissimi-Juncetum gerardi***), que se pueden transformar en juncales de *Juncus subulatus* (***Aeluropodo littoralis-Juncetum subulati***) o de *Juncus maritimus* (***Elymo curvifolii-Juncetum maritimi***) a medida que la humedad aumenta progresivamente.

Sobre suelos desde moderadamente a fuertemente salinos, sin encharcamiento superficial, pero saturados de agua durante el invierno y con eflorescencias salinas durante el verano, se introducirían almarjales salinos, comunidades fruticasas dominadas por *Suaeda vera* subsp. *braun-blanquetii* y sapinares de *Sarcocornia alpini* subsp. *carinata* junto con hemicriptófitos del género *Limonium* (***Puccinellio caespitosae-Suaedetum braun-branquetii***). Los suelos salinos que ocupan los fondos de las depressiones endorreicas, que se desecan tardíamente, pueden ser colonizados por comunidades de terófitos crasicaulas dominadas por *Salicornia patula*. (***Suaedo braun-blanquetii-Salicornietum patulae***). En los claros de los albardinares y almarjales, sobre suelos salinos no nitrófilos inundados temporalmente, se pueden desarrollar comunidades de terófitos crasicaulas áfilos, dominados por *Microcnemum coralloides* (***Microcnemetum coralloidis***) y gramales salinos de *Aeluropus littoralis* (***Aeluropodo littoralis-Puccinellietum fasciculatae***) con especies del género *Puccinellia*. Estos suelos salinos cuando son pastoreados pueden convertirse en pastizales de *Plantago marítima* (***Schoeno nigricantis-Plantaginetum maritimae***).

Donde **domina la costra salina**, aparecen comunidades de *Salicornia* en los claros sin colonizar por *Suaeda*.

Entre los claros de vegetación halófila perenne se desarrollarían pastizales anuales xerofíticos halonitrófilos primaverales, caracterizados por *Frankenia pulverulenta* (*Parapholido incurvae-Frankenietum pulverulentae*).

En **bordes de caminos y barbechos** se desarrollan pastizales anuales xerofíticos halonitrófilos de *Hordeum marinum* (*Polypogono incurvae-Frankenietum pulverulentae*).

En las **charcas someras, estacionales, transparentes y salinas** pueden desarrollarse formaciones anuales de hepáticas acuáticas como *Riella helicophylla* (Decreto 85/2006).

En los **fondos planos de charcas salinas someras** pueden desarrollarse comunidades dominadas por *Ruppia maritima* subsp. *drepanensis* (*Ruppium drepanensis*; Águila & Arnáiz 1981).



Figura 13. Catena de vegetación edafohigrófila: 1. *Sarcornia alpini* subsp. *carinata*; 2. *Salicornia ramossissima*; 3. *Suaeda vera* subsp. *braun-blauquetii*; 4. *Lygeum spartum*; 5. *Atriplex halimus*. Fuente: Santiago Sardinero.

En los **márgenes de lagunas o charcas no salinas** se podrían introducir comunidades clásicas de espadañales de *Typha latifolia* y con carrizales de *Phragmites australis* (*Typha angustifoliae-Phragmitetum australis*).

En los bordes exteriores, lugares desde muy ligeramente salinos hasta moderadamente salinos que permanecen húmedos incluso en verano aparecen tarayales halófilos de *Tamarix boveana* acompañados por *Tamarix gallica* y *Tamarix africana*.

En la **orla externa bordeando al tarayal** se podrían introducir pequeños gramales (*Trifolium fragiferi-Cynodontetum dactyli*).

En aquellas **laderas que presenten acumulaciones de agua de lluvia** se pueden introducir olmedas de *Ulmus minor* (**Aro italicum-Ulmetum minoris**) con comunidades de juncos churreros *Scirpoides holoschoenus* con *Juncus acutus* (**Cirsio-Holoschoenetum**).

A continuación, se describen cada una de las asociaciones citadas en el párrafo anterior. Se han propuestos 30 asociaciones para restaurar de las cuales 3 están en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y 15 se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y son hábitats incluidos en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Vegetación climatófila

Genisto scorpii-Retametum sphaerocarphae: Retamares (*Retama sphaerocarpha*) con aliagas (*Genista scorpius*) mesomediterráneos, desarrollados sobre suelos básicos bajo ombroclima seco a subhúmedo inferior. Representan una de las primeras etapas de sustitución de los encinares manchegos. Distribución Manchego-Sagrense (Laorga, 1986). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats.

Arrhenathero erianthi-Stipetum tenacissimae: Pastizales de caméfitos amacollados, basófilos, presididos por el esparto (*Stipa tenacissima*). Necesitan para desarrollarse suelos profundos en cuya composición granulométrica predominen las arcillas. De cierto carácter termófilo la asociación muestra tendencia a ubicarse en enclaves soleados (Laorga, 1986).

Helianthemo squamati-Stipetum tenacissimae: Pastizales de caméfitos amacollados, basófilos, presididos por el esparto (*Stipa tenacissima*). Se desarrollan sobre suelos yesíferos (Cano, 1995).

Dactylido hispanicae-Lygeetum sparti: Albardires (*Lygeum spartum*) no halófilos de suelos arcillosos, profundos, poco estructurados, de cierto carácter vértico y en los que pueden producirse ligeros fenómenos de pseudogleyización. Alcanza su óptimo en las áreas mesomediterráneas secas del Sector Manchego (Laorga, 1986).

Salsolo vermiculatae-Artemisietum herbae-albae: Sisallares matorrales gipsonitrófilos dominados por *Salsola vermiculata* y *Artemisia herba-alba* (Alonso & de la Torre, 1999; Ignacio *et al.*, 2010). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluido en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Limonio dichotomi-Atriplicetum halimi: Orzagales con *Atriplex halimus* como especie principal acompañada de *Peganum harmala*, *Bassia prostrata* y el endémico *Limonium dichotomum*.

Gypsophilo struthium-Centaureetum hyssopifoliae: Tomillares formados de pequeños matorrales con especies como: *Centaurea hyssopifolia*, *Gypsophila struthium*, *Thymus lacaitae*, *Helianthemum squamatum*, *Lepidium subulatum*. Se desarrollan sobre suelos yesíferos.

Herniario fruticosae-Teucrietum floccosi: Pequeños matorrales con especies como *Helianthemum squamatum*, *Thymus lacaitae*, *Lepidium subulatum*. Se desarrollan sobre suelos yesíferos.

Vegetación edafohigrófila

Typho angustifoliae-Phragmitetum australis: Asociación mediterráneo-atlántica que constituye los clásicos espadañales (*Typha latifolia*) o carrizales (*Phragmites australis*) que de un modo exuberante se desarrollan sobre suelos hidromorfos en márgenes de lagunas, lagunazos o embalses, así como en ciertos remansos de ríos y arroyos de aguas permanentes en los que son predominantes los fenómenos de sedimentación. Parece tener su óptimo desarrollo en los pisos bioclimáticos más cálidos e irse enrareciendo en el supramediterráneo y subalpino (Molina, 1996).

Trifolio fragiferi-Cynodontetum dactyli: Las especies estoloníferas *Trifolium fragiferum* subsp. *bonannii* y *Cynodon dactylon* constituyen el entramado de estas praderas cepitosas, densas y ralas. Los gramales se instalan en suelos húmedos, de textura arcillosa compacta y ricos en bases, se desarrollan en los fondos de valles y alrededores de arroyos y ríos. Suelen tapizar suelos colonizados por *Holoschoenetum vulgare* (Laorga, 1986).

Tamaricetum gallicae: Tarayales silicibasófilos, la comunidad de *Tamarix gallica*, que alterna topográficamente o se entremezcla con saucedas (*Salicetum neotrichae*). Su desarrollo va posiblemente vinculado a la existencia de capas arcillosas y al progreso enriquecimiento en bases de las aguas del río (Laorga, 1986). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluidos en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Tamaricion africanae: Tarayales (*Tamarix africana*) en suelos hidromorfos, dentro del piso termo-mesomediterráneo (Laorga, 1986). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluidos en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Suaedo braun-blanquetii-Tamaricetum boveanae: Tarayal (*Tamarix boveana*) acompañado de *Suaeda vera* subsp. *braun-blanquetii* (Igancio, 2010). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluidos en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Aro italici-Ulmetum minoris: Olmedas ribereñas de *Ulmus minor* de aguas eutrofas, las cuales si no han sido degradadas son densas sector manchego. Se desarrollan sobre suelos básicos y que sufren inundaciones periódicas. Distribución Manchego-Sagrense (Laorga, 1986).

Cirsio-Holoschoenetum: Comunidades de juncos churreros *Scirpoides holoschoenus* con *Juncus acutus* que se desarrollan sobre suelos básicos que se inundan raramente, pero el nivel freático llega a las raíces. Formaciones de las orillas y valles de arroyo y pequeños ríos. Distribución Manchego-Sagrense (Laorga, 1986).

Puccinellio caespitosae-Suaedetum braun-branquetii: Hemicriptófitos del género *Limonium*. Se desarrollan sobre suelos salinos sin encharcamiento superficial, pero saturados durante el invierno (Ignacio, 2010). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluido en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Gypsophilo tomentosae-Limonietum: Comunidades dominadas por especies del género *Limonium*, se desarrollan sobre suelos salinos que permanecen secos la mayor parte del año (Ignacio, 2010). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluido en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Senecioni castellani-Lygeetum sparti: Albardinares (*Lygeum spartum*) sobre suelos salinos, los cuales permanecen secos la mayor parte de año (Cirujano, 1980, 1981). Se

encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluido en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Frankenio thymifoliae-Limonietum latebracteati: Comunidades dominadas por *Frankenia thymifolia*, las cuales se desarrollan sobre suelos salinos que permanecen secos la mayor parte del año (Ignacio, 2010). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluido en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Suaedo braun-blanquetii-Salicornietum partulae: Comunidades de terófitos, que ocupan depresiones endorreicas que se desecan de forma tardía, dominadas por *Salicornia patula* (Ignacio, 2010). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluido en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Microcnemum coralloidis: Comunidades de terófitos crasicauls áfilos, dominados por *Microcnemum coralloides* (Ignacio, 2010). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluido en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Aeluropodo littoralis-Puccinellietum fasciculatae: Gramíneas halófilas representada por *Aeluropus littoralis*, que soportan periodos de desecación edáfica e inundaciones estacionales. Comunidad muy frecuente en saladares del territorio Manchego-Sagrense.

Bupleuro tenuissimi-Juncetum gerardii: Juncales halófilos de *Juncus gerardi* de talla pequeña desarrollados en suelos encharcados con humedad permanente hasta finales de primavera (Laorga, 1986). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluido en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Aeluropodo littoralis-Juncetum subulati: Juncales salinos densos dominados por *Juncus subulatus* que se instalan en las depresiones endorreicas, donde existen fluctuaciones estacionales de salinidad que implica suelos que van desde ligeramente hasta moderadamente salinos con humedad permanente durante el verano (Laorga, 1986). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluido en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Elymo curvifolii-Juncetum maritimi: Juncales halófitos densos dominados por *Juncus maritimus* que suele estar acompañado por *Elymus cf. Curvifolius*. Su desarrollo se encuentra sobre suelos margosos profundos que mantiene un nivel freático elevado durante todo el año. Distribución Manchego-Sagrense (Laorga, 1986). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats y es un hábitat incluido en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Parapholido incurvae-Frankenietum pulverulenta: Entre los claros de vegetación halófila perenne se desarrollarían pastizales anuales xerofíticos halonitrófilos primaverales, caracterizados por *Frankenia pulverulenta* (Ignacio, 2010). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats.

Riella helicophylla: Formaciones anuales de hepáticas acuáticas (Ignacio, 2010).

Ruppium drepanensis: Compuesta por hidrófitos que viven sumergido en zonas de aguas salinas como especie principal esta la *Ruppia drepanensis* (Laorga, 1986). Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats.

Comunidades de caráceas: Algas verdes que forman praderas sumergidas en aguas relativamente estancadas. Se encuentra varias especies. Se encuentra en el Anexo 1 de la Directiva Hábitats.

4.2. SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE REVEGETACIÓN NATURAL

A. Seguimiento de la vegetación acuática.

Se realiza el seguimiento de la evolución de las lagunas semipermanentes y permanentes, mediante visitas a campo anuales, como se observa en las Figuras 14, 15, 16, 17 y 18.

Las técnicas utilizadas han sido: primero, el movimiento de tierras para unir varias de las lagunas profundas permanentes e introducir algunas estaquillas de Taray, e incluso poblaciones de *Potamogeton pectinatus* y caráceas mediante el transporte de lodos de una laguna adyacente.



Figura 14. Laguna semipermanente y arroyo permanente con *Chara sp.* y tarayales a los pies de la ladera. Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Laguna semipermanente y arroyo permanente con *Chara sp* y comunidades de *Typho angustifoliae-Phragmitetum australis*. Fuente: Elaboración propia.



Figura 16. Laguna permanente con *Chara sp*. Fuente: Elaboración propia.



Figura 117. Laguna profunda permanente con *Chara sp.* y eneas (*Typha latifolia*). Fuente: Elaboración propia.



Figura 128. Laguna semipermanente y taludes preparados con el banco de semillas. Fuente: Elaboración propia.

B. Seguimiento de la vegetación en los taludes.

Algunos de los taludes han sido preparados con el banco de semillas y se ha llevado a cabo la plantación de algunos tomillos de viverismo silvestre (Figura 19) en la cornisa y plantaciones en la ladera de *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, *Santolina chamaecyparissus*) y *Artemisia herba-alba*.

5. DISCUSIÓN

Tras la recopilación de la información sobre la vegetación del área de estudio y evaluar su estado actual, dado que es una cantera en funcionamiento, se han propuesto 30 asociaciones fitosociológicas para restaurar. De estas, el 50 % se encuentra en el Anexo I de la Directiva Hábitats y en el Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha (Decreto 199/2001).

Se han determinado las posibles acciones para cada una de las especies estructurales, incluyendo técnicas y fechas de reproducción e introducción.

La restauración de estos tipos de vegetación también serán beneficiar a la fauna silvestre, contribuyendo al aumento de la biodiversidad. Los servicios ecosistémicos asociados a este incremento ofrecerán beneficios adicionales a la sociedad, como la lucha contra el cambio climático, la minimización de la desertificación y el secuestro de carbono. Además, proporcionará un valor paisajístico de un ecosistema con gran variedad de especies y funcionalidad propia.

Las actividades de restauración ecológica representan una gran oportunidad para la colaboración entre las empresas y la universidad. La universidad puede llevar a cabo investigaciones a través de las prácticas en empresas realizadas en el área de estudio contribuyendo al conocimiento de los alumnos y la difusión de los estudios realizados en el territorio.

Este proyecto puede seguir mejorándose y ampliándose a medida que avance la extracción. Se podría realizar una valoración de cada área con vegetación homogénea, basada en las plantas presentes en su interior; así como una evaluación de la biodiversidad del área de estudio, considerando el valor de cada área con vegetación homogénea conforme progrese la extracción.

El seguimiento periódico de las acciones realizadas favorece el éxito de la restauración y permite desarrollar un plan de gestión adaptativa para mejorar las técnicas utilizadas. El éxito de una restauración se alcanza cuando se puede observar que los individuos introducidos completan su ciclo biológico, generando nuevos individuos que se integren en los procesos de sucesión vegetal.

6. CONCLUSIONES

Más del 50 % de las comunidades identificadas están protegidas, aunque su conservación está en riesgo debido a la pérdida de hábitats naturales causada por la actividad humana. Los huecos mineros, como el área de estudio, representan espacios ideales para establecer microrreservas de hábitats escasos y vulnerables, considerados de interés para la Comunidad Europea. Al estar desconectados de la red hidrológica, estos lugares tienen menor probabilidad de sufrir eutrofización, lo que los convierte en refugios óptimos para

especies amenazadas, como las caráceas, los tarayales, los saladares, los albardinares y las comunidades de gipsófitos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Águila, C., & Arnáiz, C. (1981). Datos florísticos sobre la comarca del Salobral (Toledo, España). *Lazaroa* 3: 341-343.
- Alonso, M.A. & de la Torre, A. 1999. *Precisiones nomenclaturales sobre asociaciones iberolevantineas de Limonietalia y Salsolo-Peganetalia*. *Lazaroa* 20: 117-118.
- Arnau, N., F., Cambra-Sánchez, J. (2006). *Aportación al conocimiento de las caráceas (Characeae) y tipificación de los humedales de la cuenca del Duero*. Book
- Aronson, J., Milton, S.J., & Blignaut J.N., (eds.), (2007). *Restoring natural capital: science, business and practice*. Society Restoration International. Island Press.
- Bainbridge, D., A. (2007). *A Guide for Desert and Dryland Restoration. New Hope for Arid Lands*. Society for Ecological Restoration International. Island Press.
- Blanca G., Cabezudo B., Cueto M., Salazar C. & Morales Torres C. (2011, eds.). *Flora Vascular de Andalucía Oriental*. Universidades de Almería, Granada, Jaén y Málaga, Granada.
- Cairns, J., Jr. (1988). *Rehabilitating Damaged Ecosystems*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Cano, E., Valle, F., García Fuentes, A., Salazar, C., Sanz, B., Torres, J. A., & Jalut, G. (1995). Esparto-grass (*Stipa tenacissima* L.) communities in the southeastern Iberian Peninsula. In *Colloque Scientific Biomes* (Vol. 1995, pp. 153-162).
- Castroviejo, S., et al. (eds.). (1986-2021). *Flora iberica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. CSIC, Madrid.
- Cirujano, S. (1980). *Las lagunas manchegas y su vegetación*, I. *Anales Jard. Bot. Madrid* 37(1): 155-192.
- Cirujano, S. (1981). *Las lagunas manchegas y su vegetación*, II. *Anales Jard. Bot. Madrid* 38(1): 187-232.
- Cirujano, S., Medina, L. (2002). *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de castilla-la mancha*. Madrid.
- Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural (2005). Decreto 119/2005. De 27/09/2005, por el que se parueba el pln 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*.
- Cruz, P., A. (2015). *Clasificación de los tipos de vegetación en una microcuenca con propiedades endorreicas en Añover de Tajo (Toledo)*. Trabajo finde grado. Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Decreto 199/2001, de 06/11/2001, Consejo de Gobierno, por el que se amplía el catálogo de hábitats de protección especial de castilla-la mancha, y se señala la denominación sintaxonómica equivalente para los incluidos en el anejo 1 de la ley 9/1999 de conservación de la naturaleza.
- Decreto 85/2006, de 20-06-2006, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de las Lagunas de El Longar, Altillio Grande y Altillio Chica o del Cerrillo situadas en el término municipal de Lillo de la provincia de Toledo y se declara la reserva natural de las lagunas de El Longar, Altillio Grande y Altillio Chica. D.O.C.M. 129: 13955-13971.

- García, C. (2020). *Integración del Capital Natural y la Biodiversidad en el Parque Histórico Puy du Fou España (Toledo)*. Trabajo fin de grado. Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Ritchie, H., Rodés-Guirao, L., Mathieu, E., Gerber, M., Ortiz-Ospina, E., Hasell, J., Roser, M. (2023). "Population Growth" Published online at OurWorldinData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/population-growth' [Online Resource].
- Ignacio, J., de la Fuente, J., Lorente, M., Sardinero, S. Pérez Badia, R. & Fernández González, F. (2010). *Cartografía de la vegetación del Salobral de Ocaña y de la Laguna del Altillo Chica (Toledo)*. II Congreso de la Naturaleza de la Provincia de Toledo: 289-294. Diputación Provincial de Toledo. ISBN: 978-84-96211-52-0.
- Isabel, J.M. (2016). *Plan de restauración ecológica y promoción de la biodiversidad en Plataforma Central Iberum-Polígono industrial La Veredilla-Illescas (Toledo)*. Trabajo Fin de Máster. Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica. Universidad de Castilla-La Mancha, 77 pp.
- Isabel, J.M., Usarek, E., Gegúndez, P., Púa, F., Sardinero, S. (2018). *Aplicación de Técnicas de Restauración Ecológica para el Incremento y promoción de la Biodiversidad en la Cantera de Yebes-Ciruelos*. Comunicación Técnica. CONAMA 2018, Madrid, España.
- Kallesoe, M., Bertrand, N., Harrison, S., Gardiner, K., Sutherland, P., Semroc, B., Gorte, J., Escobedo, E., Trevitt, M., Olsen, N., Spurgeon, J., Finisdore, J., Peters, J., Mulder, I., Schöter-Schlaack, C., Duncan, E., Iliescu, C., Grigg, A. (2012). *Business Impacts and Dependence on Biodiversity and Ecosystem Services*. In *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in Business and Enterprise* (pp. 27-81). Routledge.
- Khan, I., Hou, F., & Le, H. P. (2021). *The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America*. *Science of the Total Environment*, 754, 142222.
- Laguna, E., (2014). *Cartografía de los tipos de vegetación presentes en los valles de los arroyos de Borox y Fuente Seseña (LIC Yesares del Valle del Tajo, ES4250009, Toledo)*. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Laorga, S. (1986). *Estudio de flora y 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.
- Moreno, J.C. (ED.), (2011). *Lista roja de la flora vascular española. Actualización con los datos de la Adenda 2010 al Atlas y Libro Rojo de la Flora Amenazada española*. Dirección General de

- Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, y Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas, Madrid, 46 pp.
- Palacio, S., Azorín, J., Momtserrat-Martí. G., Ferrio, J.P. (2014). *The crystallization water of gypsum rocks is a relevant water source for plants*. Nature Communications, 5(1), 4660.
- Peinado, M., Monje, L., Martínez, Parras, J.M., (2008). El paisaje vegetal de Castilla-La Mancha. Manual de Geobotánica. JCCM, Toledo.
- Pimm, S.L., Raven, P. (2000). *Extinction y numbers*. Nature 403: 843-845.
- Rivas-Martínez, S., Rivas Sáenz, S. (1996-2009). Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial. Centro de Investigaciones Fitosociológicas, España.
- Rivas-Martínez S., Díaz T.E., Fernández-González F., Izco J., Loidi J., Lousa M. & Penas A. (2002). Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotanica* 15: 5-432.
- Rivas-Martínez S., Fernández-González F., Loidi J., Lousa M. & Penas A. (2001). Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica* 14: 5-341.
- Sardinero, S., Garro, M.C., de la Fuente, J., Fernández, F., Gegúndez, P., Guzmán, T., Púa, F. (2014). Hoja de ruta para la restauración ecológica de una cantera. CONAMA 2014.
- Sardinero, S., Jiménez, A. (2024). Estudio de la vegetación y de los hábitats de Añover de Tajo y propuesta de restauración de Montserrat. UCLM. HOLCIM.
- Smith, T., Beagley, L., Bull, J., Milner-Gulland, E. J., Smith, M., Vorhies, F., Addison, P. F. (2020). *Biodiversity means business: Reframing global biodiversity goals for the private sector*. Conservation Letters, 13(1), e12690.
- Soil Science Division Sataff (2017). *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture.
- Usarek, E., (2015). *Relación entre los tipos de vegetación y las características fisicoquímicas del suelo en una microcuenca con propiedades endorreicas en Añover de Tajo (Toledo)*. Trabajo fin de grado. Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Walker, L.R., Walker, J., & Hobbs, R.J., (eds.). (2007). *Linking Restoration and Ecological Succession Springer Series on Environment*. Springer.

Páginas web consultadas:

- ANTHOS, Sistemas de Información sobre plantas de España: www.anthos.es
- Biblioteca digital de las plantas acuáticas de las lagunas humedales de Castilla-La Mancha: <https://bibdigital.rjb.csic.es>
- Climate-Data.org: <https://es.climate-date-org/>
- Centro Nacional de Información Geográfica: <https://www.cnig.es/>
- GBIF.es, Nodo Nacional de Información sobre Biodiversidad: www.gbif.es
- Herbario Virtual del Mediterráneo Occidental: [Herbari Virtual del Mediterráneo Occidental \(uib.es\)](http://HerbariVirtualdelMediterraneoOccidental.uib.es)
- Instituto Geológico y Minero: <https://www.cnig.es/>
- IUCN Red List of Threatened Species, International Union for Conservation of Nature Red List: <https://www.iucnredlist.org/>