

Manejo de setos y otras estructuras vegetales lineales para una agricultura sostenible



MEDIDA 16; SUBMEDIDA 16.1 Programa Desarrollo Rural de la Región de Murcia 2014-2020



«Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural: Europa invierte en las zonas rurales».

Manejo de setos y otras estructuras vegetales lineales para una agricultura sostenible

MEDIDA 16; SUBMEDIDA 16.1 Programa Desarrollo Rural de la Región de Murcia 2014-2020



«Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural: Europa invierte en las zonas rurales».

EQUIPO REDACTOR:

ANSE

Jorge Sánchez Balibrea
Luis Perera Fernández
Marta Reguilón del Monte
Sarah Díaz García

Equipo de Control Biológico y Servicios Ecosistémicos IMIDA

Juan Antonio Sánchez Sánchez
María Pérez Marcos
Luis de Pedro Noriega

Dpto. Conservación de Suelos y Agua CSIC-CEBAS

Gonzalo González Barberá
Víctor Castillo Sánchez

ILUSTRACIONES:

Alberto Molina Serrano (págs. 38-41)
Juan Francisco Martínez Pérez (pág. 25)

MAQUETACIÓN Y PRODUCCIÓN EDITORIAL:

Concepto - info@iconcepto.com

EDITA:

Asociación Paisaje y Agricultura Sostenible. GO Setos.

AGRADECIMIENTOS:

Celia Sánchez Marín
Antonio García Pascual
María José González Vivancos
Pedro López Barquero
Sacha Dauriac
Heidi Myllyla
Tiago Esteves Carvalhaes
María del Mar Grimalt Trò
Carmen Martínez Saura
Montse Rompao
Diana Fernández Gayoso
Mariló Carracedo
Personal de la Oficina Agrinnova Murcia
Socios del GO Setos que con su confianza han hecho posible el desarrollo del proyecto.



In memoriam de David Aparicio Castillo, ingeniero agrónomo de la finca Castillo de Chuecos, fallecido durante la redacción de la propuesta del GO Setos multifuncionales.

Cita recomendada: Sánchez-Balibrea, J.M.; Sánchez, J.A.; Barberá, G.G.; Castillo, V; Díaz, S.; Perera, L.; Pérez-Marcos, M.; de Pedro, L.; Reguilón, M. 2020. Manejo de setos y otras estructuras vegetales lineales para una agricultura sostenible. Edita: Asociación Paisaje y Agricultura Sostenible. GO Setos. Murcia.

1ª Edición: Septiembre 2020

ISBN: 978-84-09-23564-3

Depósito Legal: MU-686-2020

Contenido

Introducción	5
Estructura del manual	6
 Capítulo 1. El paisaje y las estructuras vegetales lineales	 7
El paisaje como objeto de estudio para la ciencia	7
Elementos básicos del paisaje y su patrón espacial, porqué es importante en la gestión de sistemas agrarios	8
Estructuras lineales del paisaje en medios dominados por la agricultura	11
 Capítulo 2. Efectividad de los setos en la prestación de servicios ecosistémicos ..	 15
Servicios de Soporte	16
Servicios de Provisión	17
Servicios de Regulación	19
Servicios Culturales	21
Biodiversidad	21
 Capítulo 3. Funciones asignadas a los setos	 25
Conservación de polinizadores	25
Poblaciones de plagas y enemigos naturales	27
Control de la erosión y la escorrentía	28
Corredores ecológicos	32
 Capítulo 4. Diseño de EVL, con especial atención a los agroecosistemas ...	 35
Metodología para el diseño de la EVL	35

Diseño modular	37
Periodos de floración	46
Importancia de plantas arbustivas mediterráneas para la conservación de enemigos naturales e insectos polinizadores	49
Errores en el diseño de setos y cómo evitarlos	60
Capítulo 5. Técnicas de implantación y mantenimiento de EVL	61
Implantación de EVL en le GO Setos	61
Errores y limitaciones frecuentes en la ejecución de setos y cómo evitarlos..	64
Ejemplos de EVL realizadas en el contexto del GO Setos	65
Mantenimiento de las EVL	70
Referencias	72

Introducción

La acción de la Unión Europea (UE) afecta a todas las políticas de los estados miembros, sin embargo, hay una gran disparidad en el peso relativo que tiene la UE a la hora de conformarlas. Un indicador adecuado para evaluar esa relevancia es el desglose del presupuesto de la UE. El marco financiero multianual 2014-2020 prevé una gasto ligeramente superior a 1 billón de euros, siendo la mayor partida, con un 39 %, el crecimiento sostenible-recursos naturales, que en su mayor parte se aplica a la Política Agraria Común (PAC) tanto en forma de apoyo directo a los productores y a los mercados (pilar I; 28.7 % del presupuesto de la UE) como al desarrollo rural, el entorno donde se desenvuelve la agricultura (pilar II; competitividad del sector primario, diversificación económica; 8.8 % del presupuesto).

En 2010, la Comisión Europea, para mitigar los efectos de la Gran Recesión de 2008, elaboró el documento *Europa 2020: Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador*. La “Unión por la innovación” fue una de las siete iniciativas emblemáticas de la estrategia. Esta iniciativa, entre otras propuestas, pretendía “Revisar y consolidar el papel de los instrumentos de la UE destinados a apoyar la innovación ([...] Fondos de Desarrollo Rural [...])”, por tanto la Comisión Europea y los estados debían articular la imbricación de la innovación en el desarrollo rural. Se crearon cinco *Asociaciones Europeas de Innovación* (AEI; o en inglés *European Innovation Partnership*, EIP) una de las cuáles fue la *AEI de Innovación en Agricultura Productiva y Sostenible* (AEI-AGRI; EIP-AGRI). Las AEIs ocupan un espacio singular en la estructura de la UE porque no son órganos administrativos ni tienen un carácter formal. Se rigen por un comité de dirección del que forman parte actores de diverso tipo relacionados con la temática de la AEI en cuestión invitados por la dirección general encargada de la política correspondiente. Estos comités funcionan como asesores de la Comisión Europea para orientar e implementar las políticas de innovación. Es importante destacar que la agenda de innovación de la AEI-AGRI tiene como lema “conseguir más por menos” y está muy orientada a los aspectos medioambientales y la sostenibilidad.

La AEI-AGRI estableció como uno de los mecanismos para promover la innovación en el sector agrario la creación de Grupos Operativos (GO). Los GO impulsan la innovación en un aspecto muy concreto ideando un proyecto y presentándolo para su financiación. El GO operativo está pensado para promover la colaboración público-privada; idealmente un grupo de productores intenta resolver un problema y establece contacto con otros



Cultivos de cereza con cubiertas vegetales son un buen ejemplo de innovación en la producción agrícola, que constituye uno de los objetivos de la política agraria de la Unión Europea. Foto: Jorge Sánchez

actores que pueden contribuir a ello como centros de investigación, ONGs, empresas de base tecnológica, etc. El instrumento de financiación para el desarrollo rural de la UE es el Fondo Europeo Agrario de Desarrollo Rural (FEADER), el cual se rige por el Reglamento 1305/2013 que en su artículo 35 contempla lo que se denomina medida 16.1 que establece los mecanismos básicos de la financiación de los GO. El reglamento permite que los países presenten un *Programa Nacional de Desarrollo Rural* (PNDR) que puede ir acompañado de programas regionales. En España, con una estructura administrativa fuertemente descentralizada, los programas regionales tienen un gran protagonismo. Los proyectos presentados por los GO se financian a través de estos programas de desarrollo rural.

El texto que tienes en tus manos es uno de los resultados del GO *Setos multifuncionales para la agricultura y la biodiversidad en la Región de Murcia*. El GO aúna empresas agrarias de distinta tipología, una comunidad de regantes, una ONG y dos entidades de investigación.

Durante la ejecución del proyecto del GO, se han implantado setos o se ha dado soporte técnico para hacerlo en diferentes paisajes agrarios representativos de una parte importante de la agricultura del sureste semiárido ibérico. Agricultura intensiva hortícola del Campo de Cartagena y Mazarrón; frutales de hueso y olivar en Jumilla; agricultura tradicional y cultivos promisorios (aloe) en zonas de montaña en Águilas, uno de los puntos más áridos de Europa. En los setos ejecutados directamente por el proyecto se han plantado más de 28.000 plantas de 60 especies con una longitud de plantación superior a 15.000 m, contando líneas duplicadas de plantación en una parte de los setos. Sobre la base de esta experiencia, se presenta un manual básico de la utilización de setos y otras estructuras vegetales lineales (EVL) para la gestión de agroecosistemas productivos, eficientes y sostenibles. La palabra seto no encaja exactamente con las distintas estructuras que se han implantado pero a lo largo del texto, por simplicidad utilizaremos la palabra 'seto' de una manera laxa para acomodar distintas variantes de EVL.

Estructura del manual

El libro se ha estructurado en cuatro capítulos. Los setos o EVLs son elementos del paisaje, en el *Capítulo 1* se describe brevemente la idea de *paisaje* desde el punto de vista científico. En este contexto, los setos juegan un papel singular por su estructura lineal, que tiene una estrecha relación con las funciones que han de cumplir y los servicios que han de proporcionar. Se revisa brevemente el carácter peculiar de estos elementos lineales dependiendo del contexto ambiental donde se encuentran. Se pueden encontrar EVLs que son naturales pero el hombre ha tenido un papel importante en la creación y mantenimiento de muchas de ellas. En el *Capítulo 2*, se abordan los servicios que proporcionan los setos y por tanto qué importancia y trascendencia puede tener la generalización de la implantación de estas estructuras en la mejora del funcionamiento de los agroecosistemas. En la visión original del GO era muy importante la idea de *multifuncionalidad*, es decir que la implantación de un seto maximizará los servicios ecosistémicos a través de diversas funciones. En el *Capítulo 3* se revisan esas funciones en el contexto de los setos creados en el proyecto, respecto al control de la erosión, refugio de polinizadores y enemigos naturales de las plagas y corredores ecológicos. En el *Capítulo 4* se abordan aspectos más prácticos y técnicos, en él se intenta responder a la pregunta ¿cómo se diseña una EVL para proveer uno o varios servicios ecosistémicos? Una vez dispongamos de ese diseño debemos llevarlo a la práctica mediante unas técnicas de implantación que podemos conocer en el *Capítulo 5*.

Capítulo 1

El paisaje y las estructuras vegetales lineales

El paisaje como objeto de estudio para la ciencia

El término *paisaje* es de uso común en el lenguaje no científico, y se define laxamente como la parte de un territorio. Estas partes del territorio suelen corresponder con algo reconocible, que se puede describir brevemente y cuya esencia podemos transmitir a otros. Por ejemplo, de una manera muy simple podemos hablar de un paisaje forestal de montaña. Para identificar, describir y transmitir esa porción del territorio implícitamente reconocemos los elementos que lo conforman y las relaciones que hay entre ellos. Esta descomposición del paisaje en sus elementos y en las relaciones que existen entre ellos es la base del estudio científico del paisaje. Como con otras palabras del lenguaje común, el término *paisaje* ha sido adoptado por la ciencia otorgándole una definición precisa. La geografía es, *a priori*, la ciencia más relacionada con el estudio del paisaje pero en el desarrollo científico la ecología ha adquirido mayor relevancia y en las últimas décadas ha aparecido un nuevo campo de estudio denominado *ecología del paisaje*. Estos son, no obstante, aspectos nominales.



La complejidad de los paisajes mediterráneos resulta muy superior a los escenarios donde se desarrolló la Ecología del Paisaje. Foto: Pedro García,

El nacimiento formal de la ecología se data en 1866, aunque el enfoque ecológico era inherente a los naturalistas clásicos, entre los que cabe destacar a Alexander Von Humboldt (1769-1859), el cual tenía una visión profundamente paisajística de la interpretación de la naturaleza. El término ecología del paisaje fue introducido por Carl Troll en 1939 (Burel & Baudry 2002). Troll tenía similitud con Humboldt por su vasta formación en diversas disciplinas: geografía, biología, química, geología... Sin duda esta pluridisciplinariedad fue determinante en la identificación de un nuevo campo dentro de la ecología que hacía énfasis en la organización espacial de los ecosistemas y su relación con la estructura geológica y geomorfológica. De hecho, la ecología del paisaje se suele definir como un campo interdisciplinario antes que como una subdisciplina de la ecología.

Durante las primeras cuatro décadas de su existencia la ecología del paisaje se desarrolló fundamentalmente en los países del Este, particularmente en la extinta URSS y en Australia y Canadá, dos países anglosajones con extensísimos territorios que estaban en gran parte por inventariar y describir ecológicamente (Burel & Baudry 2002). A principios de la década de 1980, la tradición europea se encontró con una ecología estadounidense en la que las ideas del patrón espacial y la heterogeneidad del territorio y la influencia humana en la configuración de ese territorio crecían con fuerza. En 1982 se fundó una sociedad científica internacional para el estudio de la ecología del paisaje y en 1983 se celebró un pequeño seminario en Allerton Park (Illinois) que, recogiendo y reconociendo la tradición europea, incorporó las nuevas ideas que se estaban desarrollando en Norteamérica fundando la nueva ecología del paisaje tal y como hoy la conocemos (Wu 2013). En 1987 apareció la revista *Landscape Ecology*, consolidándose el desarrollo de la disciplina.

Elementos básicos del paisaje y su patrón espacial, por qué es importante en la gestión de sistemas agrarios

¿En qué estriba la singularidad de la ecología del paisaje y qué relación tiene un tema aparentemente tan abstracto con una cuestión tan práctica como la implantación de setos y otras EVLs para mejorar la gestión de los agroecosistemas?

La ecología del paisaje ofrece una visión espacial de las interacciones ecológicas. Interacciones ecológicas son la depredación de un enemigo natural sobre la plaga de un cultivo o el mutualismo (relación mutuamente beneficiosa para ambas partes) entre un polinizador y la planta cultivada que le ofrece polen y néctar. El caso entre depredador y plaga, si no tenemos en cuenta los aspectos espaciales, el problema se puede estudiar como la relación dinámica entre el número de depredadores y el número de presas y como la reproducción de uno y la mortalidad por depredación del otro están relacionadas. Pero en realidad las interacciones espaciales no ocurren en un terrario en el laboratorio sino en el campo, en un *paisaje* determinado dónde la estructura espacial de los elementos paisajísticos es determinante para entender la dinámica del depredador y la plaga. Imaginemos una extensa zona agrícola sin vegetación natural, además esta zona agrícola está gestionada intensivamente con abundante uso de pesticidas para controlar plagas. La disponibilidad de depredadores será mínima, sin embargo, la introducción de pequeñas manchas de vegetación natural o setos en los márgenes de los cultivos puede alterar sustancialmente la distribución y población de depredadores. En definitiva, sin una visión espacial explícita resulta imposible manejar el medio, incluyendo los agroecosistemas.



Setos naturales entre cultivos de secano de la Sierra de Carrascoy. Se aprecian manrubios (*Ballota hirsuta*), espinos negros (*Rhamnus lycioides*), esparto (*Stipa tenacissima*) y correhuelas (*Convolvulus althaeoides*), entre otras. Bandas de vegetación en los ribazos entre cultivos con ese buen estado de conservación son una rareza en la Región de Murcia. Foto: Jorge Sánchez.

De las líneas anteriores se puede deducir fácilmente que resulta fundamental el estudio del patrón espacial de los elementos del paisaje y ya en el seminario inicial de Allerton Park se señala la importancia de los “flujos y transferencias entre los componentes espaciales” (Risser *et al.* 1983). El concepto ‘fuerte’ que subyace al interés del estudio del patrón del paisaje es que éste influye intensamente en los procesos ecológicos. No puede existir una buena comprensión de estos procesos sin la observación del armazón espacial sobre el que se sustentan. Más aún, las relaciones entre los elementos del paisaje se caracterizan como ‘flujos y transferencias’. Veremos más tarde que en las EVL los conceptos de flujos y transferencias son fundamentales.

Los paisajes son muy diversos, pero se pueden caracterizar con una tipología básica de los *elementos* del paisaje que los constituyen. Esta tipología se encuentra en un nivel abstracto. Si se nos pregunta frente a un paisaje que nombremos sus elementos es muy probable que nuestra enumeración sea parecida a: *encinar, arroyo, olivar, ...* En la tipología básica estos elementos pertenecen una de estas tres categorías, a saber: *matriz, mancha, corredor (barrera)*. Cada una de esas tres categorías puede corresponder a uno de entre muchos hábitats, pero el hecho de ser matriz, mancha o corredor les da algunas características *generales* importantes. Una *mancha* es una extensión de un tipo determinado de hábitat rodeado por hábi-

tats de tipo diferente, por ejemplo, el encinar puede ser una mancha rodeada por el olivar. La *matriz* es el hábitat dominante que embebe las manchas de otros hábitats, por ejemplo, el olivar que se extiende rodeando manchas de encinar y otros hábitats naturales en una zona predominantemente agrícola. Mientras que mancha y matriz son atributos claramente bidimensionales, los *corredores* tienen un carácter lineal, unidimensional. Un arroyo con su vegetación de ribera es un corredor que puede *conectar* dos manchas de encinar. Nótese que al introducir el término corredor hemos añadido, entre paréntesis, el término barrera. Pronto aclararemos esa unión de términos contradictorios.

En la ecología del paisaje se presta mucha atención a la intervención humana y su importancia para entender el funcionamiento ecológico, al fin y al cabo, la acción humana sobre el planeta se expresa en una alteración radical de los paisajes naturales. En la creación de matrices agrarias o de múltiples nuevas estructuras lineales que no existían anteriormente.

Las dos escuelas fundacionales de la ecología del paisaje estaban en Europa central y oriental así como Estados Unidos. En ambos lugares existen extensísimas zonas geológicamente estables con relieves de muy poca entidad y cuyos hábitats naturales eran bosques o grandes estepas/praderas. Estos territorios son susceptibles de una transformación agraria homogénea que crea una matriz fuertemente antropizada dentro de la cual encontramos restos en forma de mancha del bosque o estepa originales. Era muy habitual que en la literatura de ecología del paisaje se utilicen intercambiamente los términos *patch* (mancha, parche, en inglés) y *fragment* (fragmento) o *remnant* (resto, retazo), lo que iguala el tipo básico de elemento con su origen histórico y grado de naturalidad. Igualmente ocurre con el término corredor, que se utiliza en su acepción de *pasillo*, es decir, una estructura que permite la comunicación entre distintas estancias de una construcción y, en general, que comunica dos áreas distantes entre sí. Con el simple hecho del término elegido, corredor, se hace énfasis en su función, comunicar dos lugares, tanto como en su tipología una estructura lineal. Es más, enfatiza la imagen ideal, es un paisaje con una matriz humanizada que engloba manchas naturales donde los corredores facilitan el movimiento de los organismos para los cuales la matriz es un medio hostil.

Volviendo a nuestro esquema inicial de depredador y plaga en un paisaje agrario, la gestión de poblaciones sanas del depredador que puedan contribuir a contener a la plaga claramente dependerá de este juego entre matriz, manchas y corredores. Idealmente, desearemos disponer de poblaciones adecuadas de depredadores adyacentes a nuestros campos de cultivo donde se desarrolla la plaga. Las manchas de vegetación natural actuarán como reservorios. Pero en fragmentos pequeños las poblaciones del depredador se pueden extinguir con facilidad. Si disponemos de una abundante red de corredores entre fragmentos facilitaremos la recolonización continua de esos fragmentos. Resulta entonces intuitivo asumir que el control de plagas puede ser ejercido con mayor eficacia con un conjunto de fragmentos de vegetación natural que se encuentren bien comunicados por corredores (estructuras vegetales lineales, EVLs). Si la proporción de vegetación natural de la que podemos disponer en el paisaje es limitada entonces pudiera ser conveniente sacrificar alguno de los fragmentos o su tamaño medio para tener mayor longitud de EVLs.



Manchas de vegetación forestal en matriz agrícola unidas por corredores de vegetación leñosa. Foto: Jorge Sánchez.

Estructuras lineales del paisaje en medios dominados por la agricultura

Los paisajes mediterráneos, el entorno en el que este manual ha sido desarrollado, muestran ciertas características propias que los alejan un poco de los paradigmas clásicos de la ecología del paisaje desarrollados en zonas más planas y menos heterogéneas. Suelen caracterizarse por la presencia de abundantes relieves y gran heterogeneidad geológica, litológica y climática a pequeña escala. Las estructuras de paisaje aquí son más complejas con una fuerte dualización entre valles y planicies y montañas. En las montañas, las zonas agrarias se han abandonado masivamente y se ha producido una intensa regeneración de la vegetación natural o una reforestación dirigida, mientras que en los valles y planicies la agricultura ha tendido a expandirse e intensificarse (Barberá *et al.* 1997). Se trata de un paisaje que, simplificando, consta de una matriz agraria en llanuras y grandes fragmentos naturales sobre todo en zonas montañosas. Particularmente, en las zonas agrarias más intensivas y rentables suele haber típicamente poca superficie de fragmentos de vegetación natural dentro de la matriz agraria.

Las estructuras lineales en los paisajes pueden tener un origen natural o humano. En lo que a los elementos naturales se refiere, las estructuras lineales dominantes son, sin duda, las asociadas a la red de drenaje. Ríos, arroyos, ramblas temporales o efímeras suelen tener unas características ecológicas que las distinguen de su entorno. Cuando transitan por paisajes humanizados pueden tener bosques galería u otro tipo de vegetación riparia que facilita el movimiento de especies entre fragmentos naturales. Desde

el punto de vista físico son estructuras activas de transporte de agua y sedimentos a favor de la gravedad.

La acción del hombre ha producido también un elevado número de estructuras lineales en el paisaje. Hay, probablemente, dos grandes tipos: (i) las asociadas a las redes de transporte e infraestructuras como carreteras, líneas de ferrocarril, líneas eléctricas, etc.; (ii) las asociadas a la estructura espacial agraria como ribazos, terrazas, taludes, setos propiamente dichos, etc. En este manual, nuestro interés se centra en las estructuras lineales de este último tipo.

La tipología de los límites de los campos de cultivo difiere bastante entre las zonas mediterránea y atlántica. En zonas mediterráneas no suele haber una vegetación bien desarrollada asociada a los límites de los campos de cultivo, aunque se encuentra bastante variabilidad al respecto. Si el área tiene poca pendiente puede tratarse de ribazos cubiertos de vegetación ruderal, restos del matorral original generalmente bastante o muy degradado, o bien de muros de piedra seca. En zonas de mayor pendiente normalmente se encuentran terrazas con muros de piedra o taludes reforzados con piedras. En esos taludes es donde existe mayor probabilidad de encontrar una vegetación mejor desarrollada y estructurada, con especies de mayor porte. En los paisajes atlánticos en cambio, era muy frecuente encontrar setos en los límites entre campos de cultivo. Los setos son estructuras vegetales de un desarrollo notable, normalmente impenetrables y que por tanto actúan en cierto modo con un muro de piedra seca para limitar el movimiento entre campos de grandes animales o personas.

La mayoría de los setos tienen un origen antrópico, de hecho algunos autores sólo reconoce a los setos si estos son objeto de manejo humano (Baudry *et al.* 2000). Hay dos procesos antagónicos que dan lugar a los setos. Por un lado, hay un diseño, un propósito de crear y/o mantener un seto (o un talud vegetado) para que cumpla una función determinada; por otro lado, se dan procesos de abandono que dan lugar a que se genere estructuras vegetales lineales si existe una matriz espacial adecuada. Por último, existen setos denominados remanentes que incluyen restos de la vegetación original que fue roturada o aclarada para la puesta en cultivo de la zona. Esta clasificación en tres tipos ya fue propuesta por Hooper (1970).

Obviamente, los tres procesos pueden coincidir en el espacio de forma que la clasificación se refiere al proceso mayoritario que da lugar a los setos. Así, en una linde donde quedaron algunos elementos remanentes (por ejemplo, espinos negros en un ribazo), pueden realizarse o haberse realizado plantaciones para mejorar su funcionalidad u obtener servicios ecosistémicos. Igualmente, la ausencia de labores agrícolas en el ribazo permitirá la puesta en marcha de procesos de recuperación de la cubierta vegetal que permitirá la incorporación de nuevas especies. Hooper (1970) encontró una relación entre edad del seto y número de especies que lo componen, por lo que los procesos de recuperación de la vegetación parecen jugar un papel muy importante en la dinámica a largo plazo de los setos. Para profundizar en la clasificación y tipología de los diferentes márgenes de cultivos de Europa se recomienda la monografía de Müller (2013).

La diferencia de tipología de las estructuras lineales asociadas a los límites entre campos de cultivo entre zonas atlánticas y mediterráneas se explica con facilidad por las características climáticas, ecológicas y agronómicas de cada zona, y enfatizan fun-



El proceso de modernización agrario del S. XX ha supuesto la desaparición de las estructuras físicas y vegetales que contribuían a la conservación de los suelos. Foto: Pedro García.

ciones muy diferentes asignadas a los límites entre los campos de cultivo, tanto directas como indirectas.

En los paisajes mediterráneos encontramos una sequía de verano muy acusada y grandes zonas con un acusado déficit hídrico (mucho mayor evapotranspiración que precipitación). Esto, como es bien conocido, dificulta el desarrollo de la vegetación y por tanto resta atractivo a establecer estructuras vegetales de cierto porte como límites o divisorias entre los campos de cultivo. Por otra parte, la escasa cubierta vegetal, la fragilidad del suelo, la intensidad de las precipitaciones y la necesidad de aumentar al máximo la infiltración de agua han hecho que el límite entre campos de cultivo se convirtiera como una barrera a los procesos físicos asociados con el movimiento del agua y sedimentos a favor de pendiente.

En los paisajes atlánticos no existe esa clase de limitación al crecimiento y supervivencia de la vegetación y los setos que resultaron del clareo del bosque original son útiles en la delimitación de la propiedad y en el control del movimiento del ganado.

En cualquier caso, tanto los setos atlánticos como los taludes, terrazas y ribazos mediterráneos han sufrido una regresión enorme a lo largo del proceso de modernización agrario durante el siglo XX. Para la mecanización tanto en uno u otro tipo de sistema los límites entre campos constituían un estorbo. En la agricultura mediterránea intensiva actual, adicionalmente, el suelo ha dejado de ser un recurso para convertirse en mero soporte físico, ya que gran parte de lo que el cultivo necesita llega a través del fertilizante localizado, lo que ha supuesto un abandono masivo de las medidas de conservación

de suelos. En la agricultura de secano tradicional, dada su baja productividad, no se invierte adecuado en la conservación de taludes y terrazas, por lo que acaban desapareciendo. Más allá de cuestiones de tecnificación en la desaparición de muchas de estas estructuras ha jugado un papel la creación de una cultura en la que se asociaban las EVLs a un pasado a superar.

Respecto a los setos, en Flandes se ha descrito como todavía durante el siglo XIX la extensión de los setos aumentaba respecto al siglo XVIII, pero entre 1900 y 1950 la densidad de setos (m ha^{-1}) descendió un 44 % y entre 1950 y 1992 un 27 % (Deckers *et al.* 2005). En el Mediterráneo un ejemplo de la cuenca de Cárcavo muestra que el 27 % de los taludes y terrazas en almendros de secano desapareció entre 1956 y 2005, y del 73 % que se mantenían muchas habían perdido funcionalidad por falta de mantenimiento lo que conlleva su colapso en un periodo corto (Bellin *et al.* 2009a)

Esta tipología que hemos bosquejado influye en los servicios ecosistémicos que pueden prestar las estructuras lineales que delimitan los campos de cultivo, cómo veremos en el próximo capítulo. En cualquier caso, es importante recalcar los aspectos fundamentales. Las estructuras lineales de vegetación son objetos singulares dentro del paisaje, muy diferentes de la matriz dominante o de las manchas o fragmentos embebidos dentro de la matriz dominante. Pueden constituir un caso extremo de fragmento dentro de la matriz, es decir, una expresión mínima de un resto de vegetación natural rodeada de espacios agrícolas antropizados. Esto supone una gran desventaja frente fragmentos bidimensionales ya que las estructuras lineales son en sí mismas toda frontera y no proporcionan un hábitat de la misma calidad que una mancha dada la fortísima influencia de la matriz agrícola. Sin embargo, en contraposición, constituyen una estructura finamente reticulada que penetra de manera capilar toda la matriz agraria. Esto facilita la percolación y supervivencia de organismos potencialmente beneficiosos para los cultivos. Por otro lado, cuando estas estructuras son transversales a la pendiente pueden funcionar como barreras de control de procesos geomorfológicos de erosión y escorrentía. Estas funciones de reservorio de gran alcance espacial, comunicación entre poblaciones y barrera física sólo se entienden por su estructura lineal.

Como se comentó anteriormente los setos *sensu stricto*, como barrera vegetal bien desarrollada y espesa, son escasos en entornos mediterráneos. El objetivo de este manual es promover la creación de estructuras vegetales lineales en paisajes agrarios para incrementar los servicios ecosistémicos y mejorar la productividad de la agricultura (en términos beneficio/coste) y su integración ecológica en el paisaje. Por simplicidad, en adelante utilizaremos el término seto y EVL de manera intercambiable para referirnos a los márgenes de cultivo, la vegetación en taludes entre terrazas, los setos propiamente dichos y, en general, a toda intervención en los campos de cultivo para crear estructuras lineales basadas en la vegetación.

Capítulo 2

Efectividad de los setos en la prestación de servicios ecosistémicos

Los seres vivos (incluyendo animales, plantas, hongos y microorganismos) junto con el medio físico inerte (agua, rocas, atmósfera) interactúan como un sistema, como una unidad funcional que dispone de sus propias reglas y principios de funcionamiento y que denominamos *ecosistema*. Esta definición no se limita a formaciones naturales en diverso grado de conservación como pudieran ser bosques, praderas o desiertos, sino que incluye ambientes profundamente alterados como ciudades o campos de cultivo. De hecho, en el capítulo anterior ya hemos utilizado el término específico de *agroecosistema* para nombrar un ecosistema donde el elemento paisajístico dominante es una gran matriz agraria de origen humano.

Las sociedades humanas dependen directamente de los ecosistemas, obteniendo beneficios, en muchas ocasiones de forma gratuita, que se conocen con el nombre de “Servicios Ecosistémicos”. La valoración económica de los Servicios Ecosistémicos y el capital natural demuestra la importancia capital que tienen para el desarrollo de las sociedades humanas (Costanza *et al.* 1997). Además, la contribución de los “Servicios Ecosistémicos” al bienestar humano y sobre todo cómo los cambios en los ecosistemas afectan a las personas ha sido evaluada en diversos estudios e informes auspiciados por las Naciones Unidas a través de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio conocida habitualmente por sus siglas en inglés (MEA o MA; <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>).

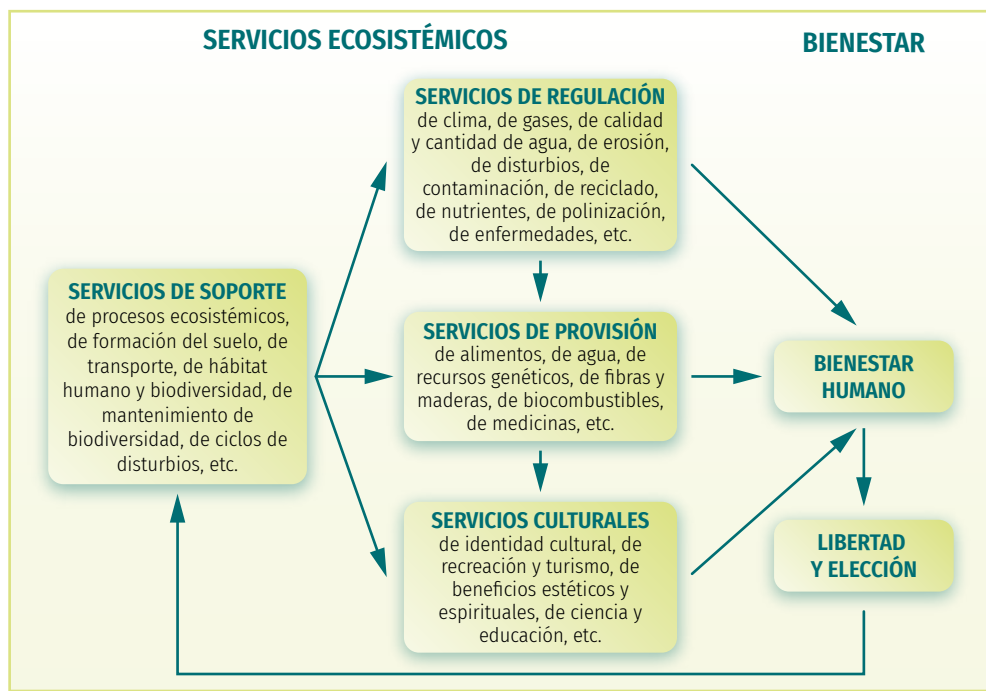
La relación de las EVL y los servicios ecosistémicos ha sido recopilada recientemente para el caso de los setos y los márgenes de cultivos (Dover 2019; Montgomery *et al.* 2020), pero los resultados resultan extrapolables a diversas estructuras vegetales. Entre los servicios prestados por los setos se incluyen aportaciones relevantes en los servicios de *soporte*, *regulación*, *provisión* y *culturales* que se conocían desde hace tiempo (Forman & Baudry 1984; Baudry *et al.* 2000). A los servicios anteriormente señalados se le unen los denominados servicios de *biodiversidad*, que si bien no aparecen reconocidos explícitamente en el MA se suele evaluar en las publicaciones que abordan esta cuestión.

En muchas ocasiones, resulta difícil separar los servicios ecosistémicos aportados por los setos y márgenes de cultivos de los aportados por los agroecosistemas en su conjunto de los que forman parte, siendo muy frecuente que se presenten juntos. Además, en la cuenca mediterránea se ha priorizado el análisis de servicios de provisión y las evaluaciones monetarias frente al resto de servicios, lo que dificulta la identificación y cuantificación del resto de servicios (Nieto-Romero *et al.* 2014).

Con carácter general y como introducción al desarrollo que se realiza en los apartados siguientes, los setos en su definición laxa adoptada al final del capítulo anterior, contribuyen a la prestación de importantes servicios de soporte y regulación (Holden *et al.* 2019), así como servicios culturales (Arnaiz-Schmitz *et al.* 2018), sin obviar los servicios de biodiversidad (Kenworthy Teather 1970).

Esquema 1. Relación entre Servicios Ecosistémicos y bienestar humano.

Fuente: <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>



Por otro lado, es preciso recordar que las EVL pueden dar lugar a servicios no deseados (dis-servicios) (Swinton *et al.* 2007) entre los que se han citado el actuar como fuente de patógenos para los cultivos (virus) (Rodríguez *et al.* 2014) o reservorio de vectores de enfermedades (roedores, lagomorfos) (Montgomery *et al.* 2020). Otros posibles efectos indeseados de los setos son el consumo de agua, la retirada de nutrientes o la proyección de sombra entrando en competencia con el cultivo (Kenworthy Teather 1970; McCollin 2000). Todos estos aspectos deben minimizarse en la fase de diseño.

En el caso concreto de los sistemas agrícolas de la Región de Murcia, se ha realizado una evaluación de los servicios ecosistémicos (13 de abastecimiento, 10 de regulación y 8 culturales) de la Huerta de Murcia a lo largo de diferentes periodos históricos, describiéndose una pérdida relevante en los servicios de provisión y regulación (Gutiérrez González *et al.* 2016).

Servicios de Soporte

Se consideran servicios de soporte aquellos que son necesarios para la producción de los demás servicios ecosistémicos, se diferencian del resto en que sus efectos sobre las personas suelen ser indirectos u ocurren a largo plazo. No obstante, algunos servicios pueden encuadrarse en dos categorías, según la escala de tiempo considerada (Millenium Ecosystem Assessment 2005).

Se consideran servicios de soporte la formación de suelos, la fotosíntesis, la producción primaria, los ciclos de nutrientes y el ciclo del agua.



Los servicios de soporte que pueden aportar los setos pasan habitualmente desapercibidos, incluso en la literatura científica. Foto: IMIDA.

En relación a los suelos, estudios realizados en un paisaje de cultivo en invernadero en Almería demostró que la presencia de vegetación introducida como EVL aumentó de forma considerable la actividad de enzimas relacionadas con los principales ciclos de nutrientes (Benítez *et al.* 2019). Adicionalmente, el efecto positivo de los setos en los procesos de formación de los suelos ha sido descrito a través de un aumento en el contenido de materia orgánica y las concentraciones de carbono orgánico, así como una mayor fertilidad de los suelos bajo los setos y mayor contenido en N y P (Holden *et al.* 2019). En cualquier caso, estos aspectos positivos de las EVL deben ponderarse en términos de su extensión. Al tratarse de estructuras lineales que cubren una proporción bastante reducida del paisaje, su impacto sobre la calidad global del suelo es moderada.

Al margen de los efectos sobre los suelos de los setos (que se aborda específicamente en el apartado de funciones), existe muy poca información sobre la contribución de los setos a los servicios de soporte, pues en la mayor parte de los estudios se han enfocado los servicios ecosistémicos de los setos a nivel local (servicios de regulación).

Servicios de Provisión

Los servicios de provisión (Millenium Ecosystem Assessment 2005) incluyen los productos obtenidos de los ecosistemas y supone un amplio rango de materias primas y recursos como alimentos (vegetales, animales o de origen microbiano), fibras vegetales y animales (madera, seda, lana, sisal, esparto), combustibles (como leña, subproductos del estiércol, etc.), recursos genéticos (empleados en mejora animal o vegetal o en biotecnología), recursos bioquímicos (aditivos, medicinas, biocidas), seres vivos (o sus res-



Los bordes de los cultivos y/o setos han aportado diversos recursos, ya sean alimentos, materias primas o medicinas, a las poblaciones humanas complementando el cultivo principal. Foto: Jorge Sánchez.

tos) empleados con fines ornamentales (pieles, conchas, flores, jardinería) y suministro de agua dulce (cuando se emplea para el abastecimiento humano).

En el caso de los setos y bordes de cultivos de la Región de Murcia, ha sido frecuente la promoción de los servicios de provisión mediante la plantación de frutales (almendros, granados, higueras, palmeras, nogales, chumberas), árboles forrajeros (moreras) o plantas productoras de materias primas (cañas, ágave) en detrimento de otros aspectos como sostenimiento de biodiversidad o prestación de servicios de regulación. Complementariamente, los ribazos y bordes de cultivos han aportado alimentos ‘silvestres’ a las poblaciones humanas, si bien estas prácticas se encuentran en regresión sino en práctico abandono en muchos lugares. Así en los bordes de los cultivos se han cosechado habitualmente caracoles, espárragos, hierbas silvestres, etc. Valga como ejemplo que en la vecina Castilla-La Mancha se ha registrado la recolección de hasta 57 especies de hierbas arvenses (comúnmente denominadas ‘malas hierbas’) en cultivos y su entorno (Rivera *et al.* 2007). En la actualidad, la recogida de frutos silvestres (moras, madroños, endrinas) parece una práctica en cierto aumento, aunque marginal, siguiendo la tendencia del consumo de “berries”. Por otro lado y relacionado con la obtención de alimentos (siendo a veces difícil de separar), se encuentra la obtención tradicional de compuestos biológicamente activos (medicinas, suplementos), aspecto de gran interés que forma parte de la dieta mediterránea (Rivera *et al.* 2005; Heinrich *et al.* 2006). Los bordes de los cultivos han sido una de las zonas habituales de recolección de estos

productos. Ocasionalmente, se han cultivado en linderos de zonas de huerta saucos (*Sambucus nigra*), como especie muy apreciada en medicina tradicional.

Por su parte, la obtención de leña ha sido uno de los aprovechamientos más habituales en los setos de Europa (Lotfi *et al.* 2010), indicándose que la biomasa potencial por hectárea de setos con predominancia de árboles puede ser mayor que en los bosques (Tsonkova *et al.* 2018). Esta práctica no ha sido muy frecuente en la Región de Murcia, aunque se ha registrado la plantación de árboles de ribera en linderos de la huerta de Murcia para la obtención de combustible (álamos) o mimbre (sauces).

Además, la ejecución de setos permite disponer de ejemplares cultivados de especies silvestres que facilitan la recogida de semillas, lo que resulta particularmente interesante para especies donde la recogida de propágulos resulta conflictiva. En las situaciones en las cuales se ejecutan los setos (habitualmente con riego y suelos profundos), las plantas suelen vegetar en condiciones óptimas, produciendo frutos y semillas en cantidad y calidad, evitando el impacto sobre poblaciones naturales (Sánchez Balibrea *et al.* 2010). Otra posibilidad relacionada con recursos genéticos, es el uso de variedades tradicionales o de frutales en vías de desaparición para la instalación de los setos.

La provisión de servicios relacionados con la ornamentación parece ser una de las principales motivaciones de los agricultores y el público en general para introducir EVL tal y como se explica en el apartado de servicios culturales.

Servicios de Regulación

En el caso de los servicios de regulación (Millenium Ecosystem Assessment 2005), los beneficios proceden de la regulación de procesos, incluyendo calidad del aire (intercambio químico con la atmósfera), regulación climática (global y localmente e incluyendo secuestro o emisión de gases de efecto invernadero, regulación hídrica, escorrentías, inundaciones, recarga de acuíferos), control de la erosión, depuración de aguas (tanto el aporte como la retirada de impurezas y tóxicos), control de enfermedades (ya sea a través de patógenos como de vectores), regulación de plagas (del ganado o los cultivos), polinización (necesaria para la reproducción de las plantas), control de riesgos naturales (ecosistemas que amortiguan daños causados por inundaciones, temporales, etc.). Adicionalmente al clásico listado de servicios de regulación específicos, se han identificado otros servicios de regulación prestados por los setos como es el caso de creación de fronteras y barreras o el aporte de sensación de bienestar (Dover 2019).

En el presente apartado, se analizan algunos ejemplos de los efectos de los setos sobre la calidad del aire, la regulación climática y el control de enfermedades (excepto plagas de los cultivos). El resto de servicios incluidos en este epígrafe, como el control de plagas (Bianchi *et al.* 2006) o control de la erosión y regulación de escorrentías, formarían parte de las funciones específicas para las cuales se diseñan los setos. Este aspecto evidencia el carácter de mecanismos de control de procesos que caracterizan a los servicios de regulación, tal y como se indicaba al principio de este apartado.

Precisamente, una parte importante de los setos plantados tienen su origen en el intento de obtener servicios de regulación particularmente de control microclimático a través de la reducción del viento (setos cortavientos) y regulación de flujos que se producen en los sistemas agrícolas. Este tipo de servicios ya venían siendo señalados desde las primeras aproximaciones científicas a la ecología de los setos (Forman &



Los setos desarrollan importantes servicios de regulación ocupando en muchas ocasiones zonas marginales como los taludes de los embalses de riego en una explotación de BF Agrícola 4G. Foto: IMIDA.

Baudry 1984). Estas primeras evidencias han sido confirmadas posteriormente, de modo que se señala a la diversidad de plantas como un factor importante para aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas al proteger los cultivos de las fluctuaciones de temperatura (Lin 2011; Altieri *et al.* 2015).

En relación a la regulación climática, se han descrito diversos efectos de regulación sobre las condiciones microclimáticas por parte de los setos (Forman & Baudry 1984), que han sido demostrados en condiciones mediterráneas (Sánchez *et al.* 2010a; Sánchez & McCollin 2015) especialmente durante el verano, registrándose una menor velocidad del viento, una menor temperatura del aire y una mayor estabilidad de la misma.

Además, los setos contribuyen a mantener la calidad del aire. En primer lugar, porque aumentan la deposición de partículas transportadas por el aire (Forman & Baudry 1984), y porque además pueden reducir la deriva de insecticidas sobre enemigos naturales en parcelas colindantes (Zande *et al.* 2004), que pueden utilizar un régimen menos agresivo de tratamientos fitosanitarios.

Por otro lado, se ha demostrado que los setos influyen en la distribución espacial de la lluvia sobre la superficie de la parcela al interceptar las gotas y, posiblemente también por escorrentía cortical, en la infiltración del agua en el suelo y en la recarga del acuífero a menudo a distancias considerables del mismo (Ghazavi *et al.* 2008). En condiciones mediterráneas, se ha detectado un mayor contenido en agua del suelo bajo los setos que en las zonas adyacentes, sin embargo, otros estudios encontraron situaciones opuestas (Holden *et al.* 2019).

En un contexto de lucha contra el cambio climático, la ejecución de infraestructuras verdes que actúen como sumideros de carbono supone una nueva oportunidad para

la ejecución de nuevas EVL. Precisamente, las plantas capturan carbono atmosférico durante la fotosíntesis retirando gases de efecto invernadero. El carbono se almacena tanto en forma de biomasa como de carbono orgánico en el suelo. Así, en Canadá, se ha promovido la plantación de setos para retirar gases de efecto invernadero de la atmósfera, encontrándose que el secuestro de carbono aumenta con la diversidad de los setos (Thiel *et al.* 2015). Debe tenerse en cuenta que los setos también pueden emitir cierta cantidad de gases de efecto invernaderos; de nuevo en Canadá (Thiel *et al.* 2017) se encontró que los setos remanentes emitían menos dióxido de carbono que los setos plantados, no encontrándose diferencias para el resto de gases. Desgraciadamente, la información disponible sobre captura de dióxido de carbono para España está muy limitada a especies arbóreas.

Aunque el papel deber ser minoritario en un contexto regional, se ha citado el efecto de los árboles (en sistemas agroforestales) en el control de determinadas enfermedades humanas al regular la incidencia y abundancia de parásitos y vectores (Kuyah *et al.* 2017).

Servicios Culturales

Entre los servicios culturales se encuentran los beneficios no materiales obtenidos por las personas de los ecosistemas, lo que incluye el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, las actividades recreativas y las experiencias de disfrute estético. Este tipo de servicios están determinados por la diversidad cultural, los valores religiosos y espirituales, los valores educativos, la inspiración artística, las relaciones sociales, la identidad y los paisajes culturales de las sociedades humanas.

La importancia ecocultural de los setos viene determinada por su larga historia. Determinados autores remontan el origen de los setos de las Islas Británicas a época romana, si bien otros apuntan a un origen neolítico (Montgomery *et al.* 2020). En ambientes mediterráneos del centro de la península ibérica, se cita un origen medieval con una regresión actual dentro y fuera de las zonas protegidas (Arnaiz-Schmitz *et al.* 2018), ya que carecen de protección a diferencia de otros lugares de Europa (Baudry *et al.* 2000).

Habitualmente, se asume que las EVL se aprecian por los beneficios ambientales que aportan en forma de refugio para especies valiosas o útiles, sin embargo, las investigaciones realizadas parecen indicar que los agricultores y el público en general están más preocupados por las aportaciones estéticas (<http://oro.open.ac.uk/30149/>). Este aspecto podría ser relevante a la hora de acometer EVL y explicaría lo habitual que resulta el empleo de especies ornamentales en detrimento de especies silvestres.

Biodiversidad

En el presente apartado se analiza la información disponible relativa a los efectos de las EVL sobre la biodiversidad, particularmente en ambientes mediterráneos. Se han abordado las posibilidades que brindan estas estructuras para la conservación de las aves, los mamíferos y las plantas, mientras que los invertebrados se analizan desde una perspectiva utilitarista en los apartados de polinización y control de plagas. El caso de los herpetos (anfibios y reptiles) merece un comentario específico, ya que la escasez de datos sobre el efecto de las EVL sobre este grupo ha sido señalado con carácter general



Muchas aves de los espacios agrícolas dependen de los setos, ribazos y bordes de cultivos. La pérdida de estos ha producido un declive importante en especies tan relevantes como la perdiz roja. Foto: Jorge Sánchez.

(Dover 2019), quizás por su dificultad para colonizar zonas restauradas (Jellinek *et al.* 2014).

La presencia de márgenes de cultivos habitualmente incrementa la diversidad de hábitats favoreciendo las especies silvestres (fauna y flora) que depende de ella. Así, el papel que pueden desarrollar las EVL, los setos o las zonas seminaturales en la conservación y sostenimiento de la biodiversidad es bien conocido, especialmente en ambientes atlánticos y centroeuropeos (Dicks *et al.* 2014; Dover 2019).

El grupo biológico de vertebrados sobre el que se dispone de mayor información son las aves. En Suiza se ha demostrado que en las áreas seminaturales consideradas “Áreas de Compensación Ecológica” han incrementado las poblaciones de triguero, tarabilla y curruca, igualmente estas áreas presentaban una mayor concentración de nidos de escribanos, alcaudones y pardillos (Knop *et al.* 2005). En la cuenca mediterránea, la importancia de los setos para la conservación de la biodiversidad ha sido recopilada más recientemente (Sokos *et al.* 2013). En California, el seguimiento de la comunidad de aves de zonas agrícolas intensivas detectó entre el doble y el triple de especies y una abundancia entre tres y seis veces mayor en las zonas con setos leñosos frente a zonas sin márgenes o con márgenes herbáceos (Heath *et al.* 2017).

Precisamente, los programas de seguimiento de aves comunes en España (SACRE) realizados por SEO/BirdLife ponen de manifiesto los problemas de conservación (declive) de las especies asociadas a medios agrícolas y espacios abiertos con un declive global del 37,2 %. Esta regresión afecta a especies asociadas a setos y márgenes de

cultivos en la Región de Murcia, encontrándose en declive el alcaudón común, cernícalo vulgar, gorrión moruno, mochuelo europeo, pardillo común, perdiz roja, pito real y tórto-la europea o fuerte declive el alcaudón real (SEO 2015). Este declive parece apuntar a la intensificación de amplias áreas agrícolas (lo que incluye la eliminación de elementos como las EVL), acompañado del abandono de áreas agrícolas marginales.

Complementariamente a la importancia de los setos para especies en declive, conviene recordar la relevancia que ostenta la cuenca mediterránea para la conservación de las poblaciones de aves insectívoras de toda Europa, ya que una parte importante de ellas, junto con el contingente de aves residentes, subsiste durante el otoño y el invierno gracias a los frutos carnosos de árboles y arbustos, incluyendo aquellos que se encuentran en los setos y márgenes (Sokos *et al.* 2013). Por esta razón, la conservación de aves frugívoras durante el invierno en los olivares de la península ibérica puede ser mejorada mediante la introducción de setos con especies productoras de frutos que suavicen los efectos de la intensificación agrícola y la selección de cultivares de olivo (Rey 2011; Castro-Caro *et al.* 2015). Otro aspecto a considerar en relación a la frugivoría es la dispersión de semillas procedentes de los setos a zonas próximas (por ejemplo, campos abandonados) y su contribución a la restauración (Méndez *et al.* 2008). Este fenómeno de actuar como zonas fuente de propágulos y favorecer la colonización no se limita únicamente a especies de frutos carnosos con dispersión principalmente ornitó-cora, sino que afecta a un amplio abanico de plantas (Buisson *et al.* 2006).

Los murciélagos constituyen un grupo biológico muy relevante su papel en la regula-ción de plagas y por su importancia conservacionista reconocida en catálogos y listados de protección. Precisamente, en viñedos mediterráneos se ha encontrado una mayor actividad de murciélagos cerca de los setos, independientemente del tipo de manejo (agricultura ecológica o convencional) del cultivo (Froidevaux *et al.* 2017). Por su parte, el murciélago mediterráneo de herradura selecciona las zonas de seto como áreas de alimentación en el norte de España (Goiti *et al.* 2003). Además, se ha indicado que los pastos y cultivos próximos a estructuras lineales podrían estar más protegidos respecto a las plagas por la mayor riqueza y actividad de los murciélagos (Heim *et al.* 2015). En definitiva, los estudios indican que, con carácter general y salvo las especies de espacios abiertos, la implantación de setos arbolados favorece a este grupo en ambientes agrícolas (Boughey *et al.* 2011).

La relevancia de las EVL para la fauna puede incrementarse adoptando medidas complementarias a la plantación como la instalación de refugios subterráneos. Este tipo de medidas parecen ser importantes para determinados grupos como los herpetos (anfibios y reptiles) (Lecq *et al.* 2017). Por su parte, las poblaciones de aves pueden verse favorecidas mediante la instalación de cajas nido (Rey Benayas *et al.* 2017) contribuyen-do al control de plagas.

Una crítica relevante a las EVL se deriva de la relación coste-beneficio pues aunque se considera que los setos y márgenes tienen una eficiencia alta en la conservación de las aves y los mamíferos, su coste de ejecución y mantenimiento resulta también ele-vado (Sokos *et al.* 2013).

Respecto a la conservación de la flora, diversas especies de plantas amenazadas (Decreto 50/2003 CARM; BORM 131, 10 den junio de 2003) tienen poblaciones en los se-tos y bordes de cultivos de la Región de Murcia. En el caso concreto de ciertas especies dependientes de agua freática y que requieren perfiles edáficos profundos como es el

Tabla 1. Especies conformadoras de EVL en situaciones naturales o con potencial para la creación de EVL incluidas en el Decreto 50/2003.

Categoría	Especies
En Peligro de Extinción	<i>Cotoneaster granatensis</i> , <i>Phyllirea media</i> ,
Vulnerables	<i>Tetraclinis articulata</i> , <i>Prunus mahaleb</i> , <i>Erophaca baetica</i> , <i>Maytenus senegalensis</i> , <i>Ziziphus lotus</i> , <i>Periploca angustifolia</i> , <i>Sideritis lasiantha</i> , <i>Sambucus nigra</i> , <i>Juniperus thurifera</i> .
Interés Especial	<i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> , <i>Aristolochia baetica</i> , <i>Clematis cirrhosa</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Lavatera triloba</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Celtis australis</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Anagyris foetida</i> , <i>Colutea sp. pl.</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Osyris lanceolata</i> , <i>Pistacia terebinthus</i> , <i>Phyllirea angustifolia</i> , <i>Lycium intricatum</i> , <i>Viburnum tinus</i> , <i>Chamaerops humilis</i>

azufaifo (*Ziziphus lotus*) (López-Rodríguez *et al.* 2020) pero cuya distribución original se encuentra en gran parte ocupada por cultivos, la implantación de ejemplares en zonas agrícolas podría contribuir a su conservación. Por otro lado, las EVL asociadas a la red de drenaje y de riego de la Huerta de Murcia han supuesto el único remanente de bosque de ribera desaparecido del cauce del río (Sánchez-Balibrea *et al.* 2015).

Sin embargo, los efectos de los setos sobre la biodiversidad no se limitan a la superficie terrestre, ya que tienen efectos considerables sobre las comunidades subterráneas. Así, estudios realizados en zonas de invernaderos de Almería (Benítez *et al.* 2019) en EVL con especies autóctonas (*Genista umbellata*, *Thymus hyemalis*, *Ephedra fragilis*, *Periploca angustifolia*, *Rosmarinus officinalis*) indicaron que se consiguió una población de bacterias para asegurar la mayoría de las funciones metabólicas relacionadas con la actividad bacteriana. Además, estudios realizados en los suelos de espacios agrícolas mostraron que las muestras tomadas bajo los setos presentaban una comunidad distinta y heterogénea respecto a otros espacios de las explotaciones, tanto para los hongos totales como para los hongos micorrícicos arbusculares (Holden *et al.* 2019).

Conviene tener presente que las preferencias sobre las características de la redes de EVL y la estructura interna varían entre las diferentes especies y grupos faunísticos (Sparks *et al.* 1996; Hinsley & Bellamy 2000), y que determinadas especies como las aves de espacios abiertos no realizan apenas uso de los setos (Guerrero *et al.* 2010). Igualmente, como se explica en el apartado de corredores, el favorecer la presencia de una especie o grupos de especies puede tener efectos negativos o inesperados sobre otras.

Capítulo 3

Funciones asignadas a los setos

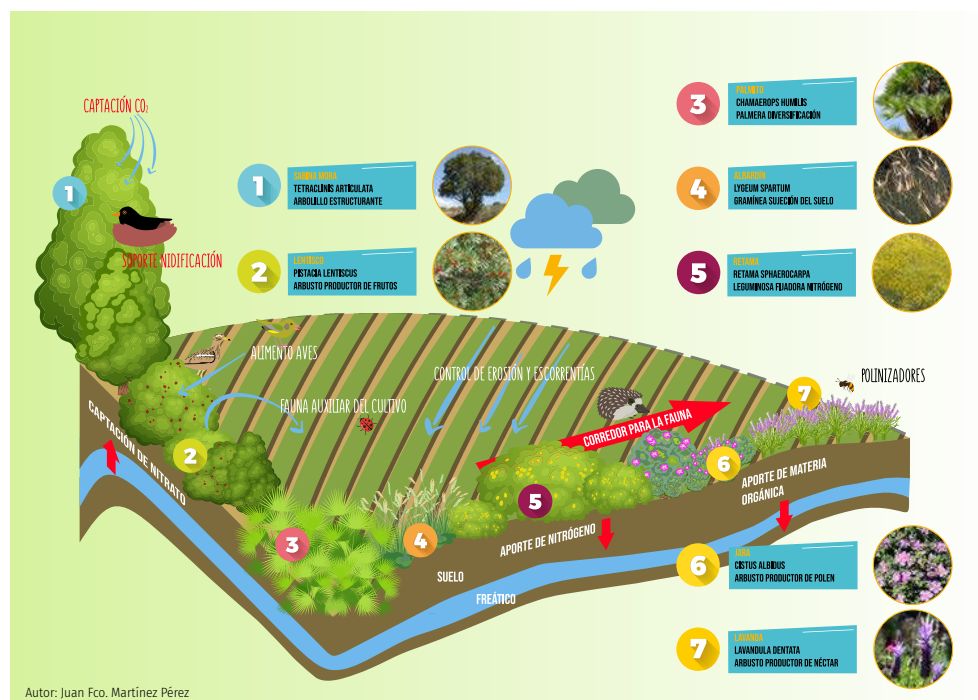
En el capítulo anterior hemos visto como las EVL contribuyen a múltiples servicios ecosistémicos. Dentro cada grupo de servicios hay un conjunto de servicios individuales o funciones que cumplen los setos (véase esquema). El diseño del GO se enfocó a la multifuncionalidad de los setos priorizando tres funciones: conservar los polinizadores, mantener reservorios de enemigos naturales cerca de los cultivos y controlar los procesos de erosión y escorrentía a nivel de campo de cultivo. Las dos primeras funciones están íntimamente ligadas al papel de los corredores ecológicos, aunque los corredores tienen implicaciones más amplias.

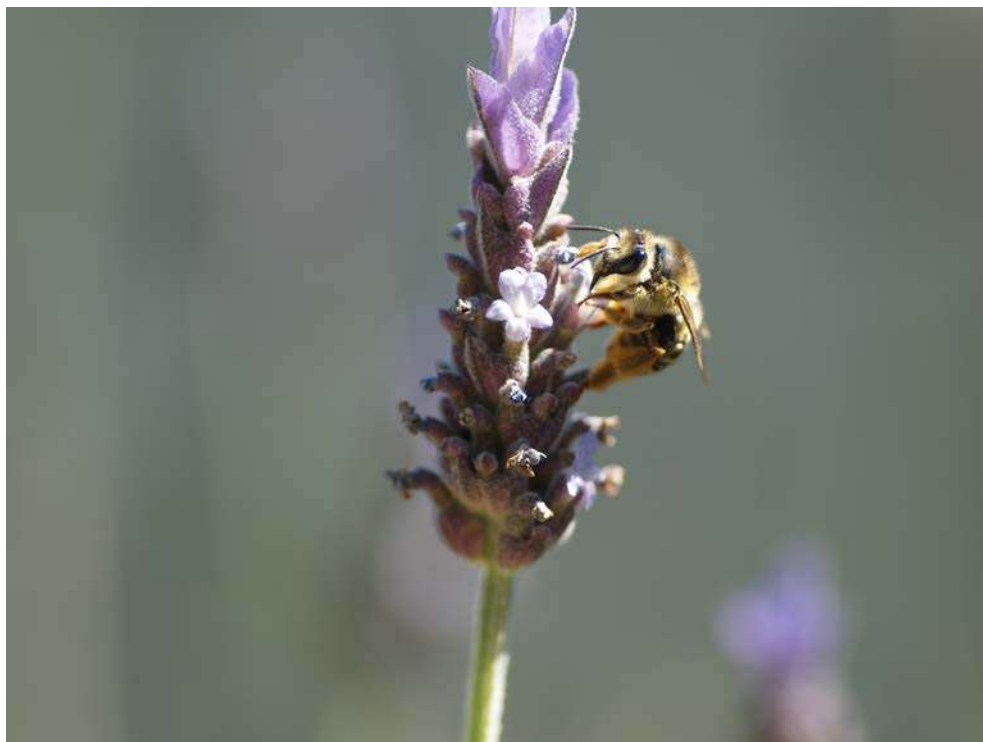
En el capítulo 2 se dio un repaso somero de todos esos aspectos pero prácticamente como cita. En este capítulo expandiremos la descripción de las funciones objetivo de los setos implantados durante el proyecto.

Conservación de polinizadores

La polinización es uno de los servicios que puede verse seriamente afectado por la pérdida de diversidad en los sistemas agrarios, si bien esta pérdida puede verse notablemente revertida mediante la implantación generalizada de setos.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y FUNCIONES DE LOS SETOS





Abeja silvestre sobre lavanda (*Lavandula dentata*), una labiada de dilatado periodo de floración. Foto: Jorge Sánchez.

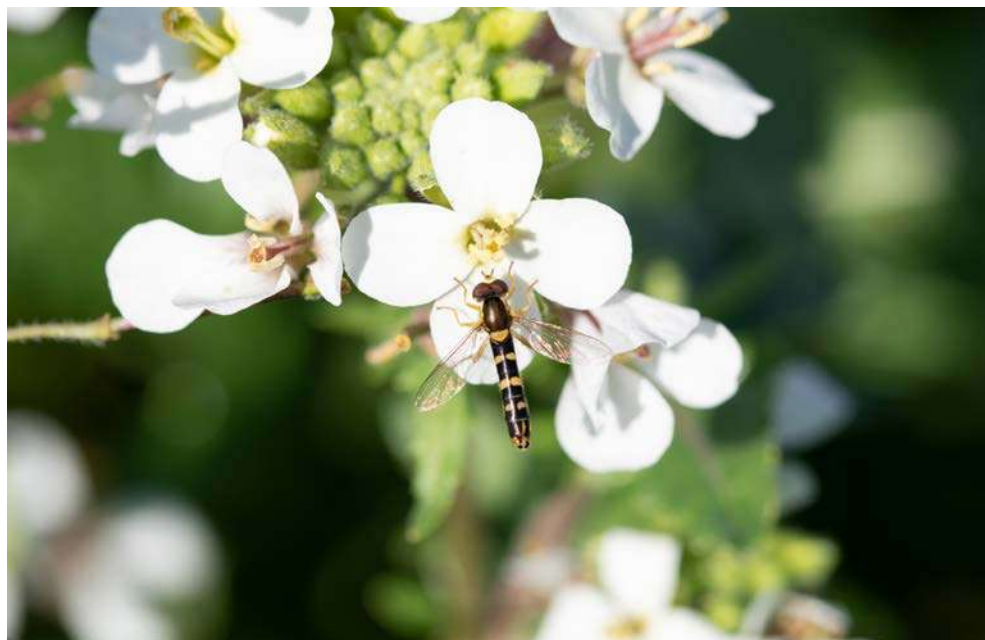
En los últimos años hemos asistido a un declive mundial en la abundancia y la diversidad de polinizadores (Potts *et al.* 2010) que se asocia, en parte, a esa pérdida de biodiversidad, así como a la intensificación de la actividad agraria (Grixti *et al.* 2009). La degradación y fragmentación del hábitat y el amplio uso de pesticidas asociados a la actividad agrícola han sido algunos de los principales factores implicados de la degradación de las comunidades de abejas (Potts *et al.* 2010). Los polinizadores, particularmente los insectos, son organismos clave para el funcionamiento de los ecosistemas y para la polinización de los cultivos, por lo que es altamente probable que su pérdida tenga un efecto negativo sobre muchas otras especies que forman parte de las comunidades naturales y sobre la producción agrícola (Kevan & Phillips 2001). Alrededor del 70 % de las plantas silvestres depende de los polinizadores para su reproducción (Kearns *et al.* 1998; Ashman *et al.* 2004), y un gran número de cultivos necesita o se beneficia de la actividad de los polinizadores (Klein *et al.* 2007). Concretamente, se estima que los polinizadores inciden sobre el 35 % de la producción agrícola mundial afectando a la calidad y cantidad del cultivo. De los 124 cultivos principales para la alimentación humana, 87 (70 %) necesitan de la polinización por insectos para la producción de semillas y para mejorar la calidad de los frutos y la cosecha (Nieto *et al.* 2014). En términos económicos, la productividad debida a la polinización por insectos se estima en 153 mil millones de euros a nivel mundial y en 22 mil millones de euros en Europa. La cantidad y calidad de la polinización dependen de la abundancia y riqueza de polinizadores, que está ligada a la complejidad ambiental a escala de paisaje (cantidad y conectividad de hábitat naturales o seminaturales) y del manejo de la vegetación a nivel de parcela (Tscharntke *et al.* 2012; Kennedy *et al.* 2013).

Sin embargo, la mayoría de los cultivos entomófilos sufre limitaciones de producción derivadas de la polinización: no logran alcanzar la producción máxima porque no reciben los aportes máximos posibles de polen, tanto en cantidad como en calidad, por parte de los insectos (Garibaldi *et al.* 2016). Evidencias en la reducción del servicio de polinización a escala regional los encontramos en cultivos como el melón o los frutales de hueso, donde los déficit de polinización se suplen con colmenas de la abeja doméstica, *Apis mellifera*.

La abundancia de polinizadores se correlaciona con la extensión de hábitat ocupado por plantas leñosas en las inmediaciones de huertos de manzano (Martínez-Sastre *et al.* 2020). El efecto de un seto sobre riqueza y abundancia de especies de abejas en cultivo de fresa es similar al de un bosque, si bien en el bosque existe más abundancia de especies de mayor tamaño, que son las que son capaces de entrar en las zonas más interiores del cultivo, mientras las pequeñas especies tienden a ser más abundantes hacia las zonas frontera (MacInnis *et al.* 2020). Esto implica que las poblaciones de polinizadores de los setos pueden tener menor capacidad de tener efecto sobre las zonas interiores del cultivo, sin embargo, esto se puede suplementar mediante la provisión de abeja doméstica. El seto es además un proveedor de recursos no florales para las abejas silvestres. Se estima que el 30 % de las especies de abejas requieren estos recursos (Requier & Leonhardt 2020).

Poblaciones de plagas y enemigos naturales

En la literatura agrícola, están bien documentados los efectos de la reducción de la diversidad de plantas sobre las erupciones de plagas de herbívoros y patógenos (Andow



Muchos insectos depredadores como este sífido depende en algún momento de su ciclo vital de los recursos que aportan las flores. Foto: Chema Catarineu.

1991). La disminución de la diversidad local ligada a la expansión de los monocultivos puede reducir la abundancia de enemigos naturales, lo que suele traducirse en problemas con organismos plaga (Altieri & Letourneau 1982). El elevado empleo de pesticidas aumenta a su vez los costes de producción y puede llegar a comprometer la viabilidad de los cultivos. Ejemplos a nivel regional los encontramos en el caso del cultivo del pimiento del Campo de Cartagena, donde los costes de control de plagas a principios de los 90 resultaban tan elevados que el cultivo habría tenido serias dificultades para sobrevivir de no haberse producido el cambio hacia estrategias de control biológico de plagas (Sanchez & Lacasa, 2006); y en el cultivo de la pera, donde los programas de control biológico basados en el aprovechamiento de la diversidad de enemigos naturales autóctonos suponen una gran reducción en el empleo de pesticidas y en los costes de producción (Sánchez *et al.* 2010b, 2011; Sanchez & Ortín-Angulo 2012; Nikolaidis *et al.* 2013). Los enemigos naturales habitan gran cantidad de sistemas de cultivo, pero su actividad pasa generalmente desapercibida hasta que no se producen desequilibrios que dan lugar a explosiones demográficas de plagas secundarias (Naranjo *et al.* 2015). Aunque difícilmente cuantificables, los beneficios globales de los servicios proporcionados por la naturaleza en términos de regulación de insectos fitófagos se han estimado en 572\$ ha (Costanza *et al.* 1997).

La implantación de setos en plantaciones de tomate resulta beneficiosa en la lucha contra plagas cuando se compara con márgenes de cultivos con vegetación arvense en los márgenes (Morandin *et al.* 2014). Hubo menor población de plagas de interés económico y menos frecuencia en la necesidad de aplicar insecticida. El número de avispas parasitoides fue mayor y aunque la abundancia de artrópodos fue similar la riqueza fue mayor en los campos con setos. El mismo autor ha calculado que los costes de instalación del seto se amortizan en 16 años por ahorro de insecticida, para un coste de implantación alto 10 \$ m⁻¹ (Morandin *et al.* 2016). Los costes de implantación de este GO han sido menores, por lo que el periodo de amortización será menor.

Los márgenes herbáceos sin seto también pueden resultar eficaces en el control de plagas. En Inglaterra, en campos sembrados con trigo de invierno, hay correlación lineal entre la longitud de margen herbáceo y el nivel de control de plagas de áfidos, control que en algunos casos se aproxima al 90 % (Holland *et al.* 2012).

Los setos con mayor continuidad espacial y más diversidad de especies leñosas también proporcionan mayor diversidad de enemigos naturales (Garratt *et al.* 2017). Como ocurre siempre que se adopta una visión de ecología espacial, las cosas resultan complejas cuando se observan a distintas escalas y con distintos patrones espaciales. En el mismo estudio se muestra que el valor de los setos como reservorio de enemigos naturales y corredor para polinizadores se incrementa conforme el paisaje agrario se intensifica. En la Región de Murcia, donde la agricultura intensiva ocupa una importante superficie, la implantación masiva de seto podría traer notables mejoras locales en el control natural de plagas.

Control de la erosión y la escorrentía

La agricultura, históricamente, ha sido una de las mayores fuentes de degradación ambiental. Casos tan famosos como las tormentas de polvo en Estados Unidos en los años 1930 causadas por el cultivo inadecuado de las praderas son clamorosos. Sin des-



Lentisco (*Pistacia lentiscus*) en un seto del entorno del Mar Menor mostrando la capacidad de retención de escorrentías. Foto: Pedro García.

plazarnos tan lejos, en todo el ámbito mediterráneo se pueden encontrar paisajes que se han degradado por las prácticas agrarias inadecuadas. No obstante, en esta agricultura tradicional el suelo era un recurso de la máxima importancia para la producción agrícola. Es por ello que junto a prácticas insostenibles abundan más los ejemplos de una agricultura con gran énfasis en la conservación del recurso suelo, e incluso en la creación de nuevas bolsas de suelo. Terrazas y taludes, muchos de ellos vegetados son la principal herramienta, especialmente en el ámbito mediterráneo. Se trata de nivelar el terreno, facilitar la infiltración de la escorrentía y disminuir la pérdida de suelo.

Un aspecto que no se conoce mucho por el público en general de este tipo gestión es que disminuye acusadamente la *conectividad* de la red drenaje. La conectividad es el atributo de la red por el cual todos sus tramos están bien conectados entre sí. Esta conexión facilita enormemente la formación de avenidas, ya que todos los pequeños hilos de escorrentía que se generan en la lluvia se unen con facilidad, incrementando exponencialmente la potencia de la avenida. Un paisaje rico en terrazas, taludes, pequeños diques en cauces cortocircuita muchos de esos flujos facilitando su infiltración sin que lleguen a conectarse con otras y limitando drásticamente la formación de avenidas.

La agricultura intensiva actual, particularmente en zonas intensivas de regadío, ha obviado en gran medida toda medida de conservación: el laboreo es extremo en zonas hortícolas, en general no se encuentran barreras ni el terreno es nivelado sino que mantiene su pendiente original. En cítricos de nuevas plantaciones no es raro que las calles se hagan a favor de pendiente. El suelo se desaparece o pierde su fertilidad y

empeora atributos tan importantes como la capacidad de infiltración. Finalmente estos procesos afectan a la sostenibilidad de la agricultura y la calidad medioambiental de la zona donde se practica (Sánchez-Picón *et al.* 2011; Arroita *et al.* 2013). La eliminación de la vegetación natural en el entorno de las parcelas, la adopción de prácticas de laboreo inadecuadas y el uso de fertilizantes en exceso ha provocado un aumento de la erosión, del arrastre de sedimentos, y de la concentración de nutrientes en acuíferos y en aguas de escorrentía superficial (Poch-Massegú *et al.* 2014; Pei *et al.* 2015; Custodio *et al.* 2016). Un ejemplo de todo esto lo tenemos en el manifiesto deterioro de la calidad de sus aguas del Mar Menor por la progresiva eutrofización de la laguna. El Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, en su “Informe integral sobre el estado ecológico del Mar Menor” (<http://canalmarmenor.es/informacion-tecnico-cientifica-del-mar-menor/>), considera la contaminación por nitratos de origen agrario y el excesivo aporte de sedimentos, como algunos de los factores que más han contribuido al desequilibrio ambiental del Mar Menor. El Campo de Cartagena no es la única zona afectada por la intensificación de la agricultura; en muchos lugares de la geografía de nuestra región son patentes los efectos de la erosión debido al mal laboreo y a la eliminación de la vegetación silvestre, siendo varias las áreas catalogadas por la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca como vulnerables a la contaminación por nitratos (Orden de 20 de diciembre de 2001, Orden de 22 de diciembre de 2003 y Orden de 26 de junio de 2009 CARM).

En áreas mediterráneas, la intensificación de la agricultura es sólo una cara de la moneda de un proceso de dualización de la explotación agraria. La otra es el abandono de cultivos y las medidas tradicionales de conservación de suelos en la agricultura marginal extensiva con un incremento del riesgo de desertificación (Barberá *et al.* 1997; Bellin *et al.* 2009b). Un tratamiento integral de la sostenibilidad de los sistemas agrarios de Murcia implica una visión integral sobre esta dualización y todas sus consecuencias negativas.

Existe una amplia tradición en el uso de EVLs para el control de la erosión en campos de cultivo, sin embargo, es una tradición distante de la del uso de los setos. Probablemente esta diferencia se debe a que las zonas donde los setos han sido históricamente importantes son de climas donde no existe sequía intraanual y las interanuales son de poca entidad y las lluvias intensas son menos habituales. En ese contexto, el objetivo de los setos no es la lucha contra la erosión.

Frente al uso de términos como seto, margen de campo de cultivo, ribazos, etc., en la lucha contra la erosión se habla de barrera. Es interesante hacer notar que respecto a los entes biológicos el objetivo de una EVL es facilitar el movimiento de las poblaciones para que percolen por el paisaje mientras que a los entes inanimados (agua, suelo) el objetivo es el contrario, es minimizar y ralentizar su movimiento. Mientras que el movimiento de los seres vivos está poco condicionado por la gravedad el del agua y los sedimentos responde estrictamente a la ley de la gravedad. De ahí que mientras que un seto puede tener cualquier tipo de implementación en el paisaje, una barrera vegetal para combatir la erosión básicamente se dispone perpendicular a la pendiente.

Quizás la tradición técnica más relevante en el uso de barreras vegetales para reducir los procesos erosivos se da en Estados Unidos donde el Departamento de Agricultura ya en los años 50 publica protocolos para establecer barreras vegetales en campos de cultivo. En este país existe una amplísima tradición en conservación de suelos agrícolas que comienza tras las catastróficas tormentas de polvo de los años 1930 citadas ante-

riormente. Así por ejemplo el modelo para estimar la erosión potencial de suelo que más ampliamente ha sido utilizado es la USLE y su secuela la RUSLE que fueron creados por el Departamento de Agricultura.

Las barreras vegetales explícitamente enfocadas para el control de la erosión son de cuatro tipos básicos (<https://extension2.missouri.edu/g1653>): (i) barreras vegetales de plantas herbáceas densas con cierta rigidez estructural (por ejemplo, albardín o esparto en nuestro contexto) que se establecen como franjas perpendiculares a la pendiente de 0.3 a 1 m de ancho dentro de los campos de cultivo; (ii) pequeñas barreras en zonas de concentración de flujo realizadas con plantas de enraizamiento profundo (por ejemplo, taray) que pueden ser reforzadas con plantas con un sistema radicular muy denso en superficie (por ejemplo, juncos); (iii) barreras en los límites de los campos de cultivo con una función similar a (i) con la peculiaridad que contribuyen a evitar el comienzo de cárcavas ya que en los límites entre campos es habitual que exista un incremento de la pendiente o un salto que favorece ese proceso; (iv) pequeñas barreras discontinuas antes de barreras de tipo (i) o (iii) que dispersan el flujo concentrado en flujos de menor caudal y energía de tal manera que cuando alcancen la barrera principal se facilita su infiltración en vez de que el flujo traspase la barrera principal lo que minimizaría el efecto de la barrera en el control de la erosión y la escorrentía. Una clasificación útil de especies típicas de la región de Murcia para controlar los distintos procesos erosivos (erosión laminar, formación de cárcavas, etc.) se puede encontrar en De Baets *et al.* (2007).

El efecto de una barrera vegetal raramente resulta de un bloqueo total de los flujos que intercepta. Un aspecto muy importante, que normalmente se pierde de vista es que lo que sí consigue una barrera vegetal es disminuir la velocidad de un flujo de agua que la atraviesa. Un flujo de agua no puede transportar una cantidad ilimitada de sedimentos en suspensión sino que tiene un límite máximo que depende de la velocidad del flujo. Cuando un flujo de agua llega a una barrera vegetal su velocidad disminuye y ello provoca una sedimentación inmediata de una parte de la carga de sedimentos. En Bélgica se ha observado que la transición entre un cultivo con baja cobertura del suelo (como remolacha; aguas arriba) y otro con gran cobertura en su máximo desarrollo (trigo de invierno; aguas abajo) produce cuñas de sedimentación de 5 a 20 m de anchura en el borde entre ambos cultivos (Takken *et al.* 1999).

Las barreras vegetales pueden ser diseñadas no sólo para tener un efecto físico sino también sobre los procesos químicos y biogeoquímicos. Particularmente, en ciertos lugares como algunos lugares sensibles en los Estados Unidos, se ha convertido en obligatorio la creación de barreras vegetales entre los campos de cultivo y la red de drenaje que lo atraviesa. La motivación responde a mantener la calidad del agua. Por un lado, el efecto de retención física disminuye la carga de sedimentos que alcanza la red de drenaje durante los episodios lluviosos, pero más importante, en contextos de intensificación progresiva de la agricultura con un elevado input de fertilizantes el motivo principal es disminuir la cantidad de nitrógeno y fósforo que alcanza la red de drenaje y, por tanto, reducir la eutrofización de los cuerpos de agua. Estos nutrientes pueden llegar en forma particulada (es decir, adheridos a partículas de sedimentos) que en parte son físicamente retenidos por la barrera o bien disueltos en el agua que al perder velocidad aumenta su infiltración en la zona de barrera que retiene esos nutrientes en el suelo que son posteriormente adquiridos por la vegetación de la barrera. Una revisión general de este tipo de barreras se puede encontrar en Stutter *et al.* (2012).

La eficacia de las barreras vegetales basadas en herbáceas puede ser muy alta, sobre todo si se trata de herbáceas con un cierto grado de rigidez. En un experimento con lluvia artificial (Blanco-Canqui *et al.* 2004) en un campo con un 5 % de pendiente la barrera con hierbas rígidas consiguió reducir un 90 % la pérdida de sedimentos mientras que con otro tipo de hierbas se redujo al 70 %. Más importante respecto al uso de hierbas con cierto grado de rigidez es que resultaron especialmente eficaces atrapando nutrientes: 5 veces más de nitrógeno orgánico, 2 veces más de amonio y 4 veces más fósforo.

Dabney *et al.* (2006) han revisado una gestión integral de la erosión en campos agrícolas mediante barreras vegetales. Encontraron que los suelos bajo las barreras vegetales tenían más carbono, mayor capacidad de infiltración y mayor actividad microbiana que los suelos agrícolas adyacentes. Esto no es una sorpresa sino algo absolutamente esperable ya que el laboreo es un proceso que produce la pérdida de carbono en el suelo. Lo importante para lo que nos ocupa es el aumento de la capacidad de infiltración, que para un suelo de una textura determinada depende básicamente de su contenido en carbono. Este hecho redunda en la eficacia de la barrera, que además tiende a incrementarse en el largo plazo. Los sedimentos pueden ser atrapados con barreras relativamente estrechas, si bien barreras más anchas son más eficaces para retener contaminantes. Las barreras de vegetación de hierbas densas y con cierto grado de rigidez son eficaces en retener sedimentos pero otro aspecto muy interesante es que son muy eficaces en disminuir la velocidad del flujo que las atraviesa y descomponer flujos concentrados en un número de flujos desconectados de menor caudal. Anteriormente hemos aludido en su importancia para facilitar la deposición de sedimentos en suspensión. La dispersión de un flujo en otros de menor entidad es también muy importante.

Los dos principales procesos erosivos en una superficie son la erosión laminar, que se produce por un arrastre difuso de sedimento por una lámina más o menos continua de agua, y la erosión en regueros y cárcavas que se da cuando se concentran los flujos lo que hace aumentar su energía. La erosión en regueros y cárcavas da cuenta de proporciones muy importantes del total de la erosión, facilita la generación de avenidas (hay más conectividad de los flujos) y produce efectos en los campos que requieren más gasto para ser revertidos. En este sentido, que una barrera consiga dispersar los flujos concentrados es del máximo interés ya que incluso si el caudal es el mismo en la suma de nuevos flujos que en el inicial la capacidad individual de cada uno de ellos para iniciar un reguero o una cárcava disminuye radicalmente respecto al flujo concentrado original.

Corredores ecológicos

Precisamente, el potencial como corredor para la biodiversidad en ambientes agrícolas ha sido una de las principales funciones reconocidas para las EVL. Obviamente, su eficacia varía en función del grupo biológico evaluado, diseño del seto y tipo de cultivo o paisaje en el que se inserta. Además, el funcionamiento de los corredores constituye a día de hoy un debate en la comunidad científica sobre el equilibrio de los aspectos positivos frente a los efectos negativos (Dover 2019).

En este sentido, conviene señalar que los corredores pueden tener tanto efectos positivos (favorecer colonización, permitir flujo genético) como negativos (favorecer llegada de patógenos, actuar como trampas ecológicas) (Simberloff *et al.* 1992). Además,



Los setos pueden actuar como corredores ecológicos en paisajes muy fragmentados para diversos grupos faunísticos.
Foto: IMIDA.

una EVL puede actuar como corredor para una especie de apetencias forestales o de mosaicos agrícolas, pero puede actuar como barrera para especies de espacios abiertos (Dover & Settele 2009). No obstante, con carácter general, se recomienda que los esquemas agroambientales incluyan, para favorecer la conservación de aves y murciélagos, la introducción de elementos lineales para aumentar la heterogeneidad ambiental en zonas agrícolas.

Respecto a las plantas, se ha demostrado que los elementos lineales del paisaje suponen un habitat potencial para las plantas en Europa, incluyendo especies especialistas de colonización lenta (Vanneste *et al.* 2020) y que los setos pueden actuar como corredores para el polen (Van Geert *et al.* 2010).

Volviendo a la relación existente entre los arbustos productores de frutos carnosos y las aves invernantes en la cuenca mediterránea, se ha indicado que estas son capaces de detectar al abundancia de frutos a escala de paisaje. Por tanto, las pequeñas manchas de matorral y bosques, así como los setos son elementos clave para el mantenimiento de las aves frugívoras, favoreciendo su migración en ambientes muy transformados (Rey 1995; González-Varo 2010).

En el apartado de biodiversidad ya se adelantó la importancia de las EVL para la actividad de organismos clave en la regulación de plagas, concretamente en la alimentación de los murciélagos. Esta relevancia se acentúa con el uso que realizan determinadas especies (*Plecotus*, *Myotis* y *Pipistrellus*) para sus movimientos por el territorio, lo que permite concluir que una red muy densa de elementos de conexión dentro del paisaje



Los murciélagos como este Orejudo gris (*Plecotus austriacus*) emplean los elementos lineales de vegetación en sus desplazamientos.

es beneficiosa para promover la actividad en áreas abiertas y así asegurar la función del ecosistema en el paisajes agrícolas (Toffoli 2016).

El efecto de corredor también afecta a las poblaciones de invertebrados, básicos para el funcionamiento de los ecosistemas. Así, la diversidad funcional de las arañas y la proporción de carábidos depredadores en los EVL leñosos se incrementaron al aumentar la conectividad de los hábitats (Schirmel *et al.* 2016). En el Reino Unido se encontró que los setos también eran usados por polillas, ya que aportaban plantas nutricias y fuentes de néctar (Coulthard *et al.* 2016).

Además, los efectos positivos para la conservación de un grupo pueden tener efectos de signo contrario sobre otras especies. Así, carnívoros como la gineta y el meloncillo (Pereira *et al.* 2012) emplean los setos y bandas de vegetación riparia para sus desplazamientos en ambientes mediterráneos. Esta afinidad del movimiento de los predadores por los setos y otras estructuras lineales podría explicarían la menor supervivencia encontrada en aves que nidifican en el suelo próximo a los setos (Morris & Gilroy 2008).

Capítulo 4

Diseño de EVL, con especial atención a los agroecosistemas

En zonas de ámbito atlántico y centroeuropeo existe una amplia información sobre el diseño de EVL basada, en gran parte, en la tradición secular de manejo de las mismas. Sin embargo, esta información resultaba más escasa para el ámbito mediterráneo, aunque en fechas recientes se ha elaborado diversos manuales técnicos (Earnshaw 2004; Long & Anderson 2010; Sánchez Balibrea *et al.* 2010; Rey-Benayas *et al.* 2016) y se empieza a disponer de información científica aplicable al diseño de las EVL (Sánchez *et al.* 2016; Rodríguez *et al.* 2018; Benítez *et al.* 2019), incluyendo que especies deben rechazarse por cuestiones sanitarias (reservorio de virus) (Rodríguez *et al.* 2014). Además, ya se dispone de herramientas para el diseño de EVL (<https://www.diseñen.es/>, https://coecmarmenor.es/wp-content/uploads/2018/01/barreras_vegetales.pdf), incluso a escala de paisaje con el uso de sistemas de información geográfica SIG (Groot *et al.* 2010; Meyer *et al.* 2012).

El diseño de las EVL debe realizarse con cautela debido a que van a persistir en la explotación durante un largo periodo de tiempo, en ocasiones, incluso a perpetuidad, determinando en buena medida la futura gestión de la parcela. En el diseño deben integrarse una serie de criterios tales como funciones previstas de la EVL, diseño de la explotación, posibles interferencias con el cultivo y/o cuidados culturales, desplazamientos de la maquinaria, etc.

Una de las cuestiones básicas a la hora de establecer una EVL es qué extensión debe tener y qué efectos tendrá sobre el rendimiento económico de la explotación. En la literatura científica, se ha descrito que es posible retirar hasta un 6 % de la extensión de una explotación sin que esto tenga efectos económicos (Lütz & Bastian 2002).

Además, y al tratarse de una estructura viva, la EVL irá evolucionando con el tiempo de modo que especies que dominan en las primeras fases (generalmente pioneras tales como labiadas o cistáceas en el caso de ambientes mediterráneos) pueden verse sustituidas en el medio o largo plazo por especies de más crecimiento lento (por ejemplo, árboles y grandes arbustos). Por su parte y como se comentó anteriormente, los procesos de abandono de la actividad agrícola en la EVL y los consiguientes procesos de colonización aumentarán con el tiempo el número de especies que forman parte del seto.

Metodología para el diseño de la EVL

En el contexto del GO Setos multifuncionales se han diseñado un total de 14 tipos de intervenciones que han seguido la siguiente metodología:

- 1. Opinión previa de los agricultores.** El éxito, y sobre todo el mantenimiento a largo plazo de la estructura vegetal, depende en buena medida de la implicación de los gestores de la finca. Por esta razón, para el diseño de los setos se recorrieron las explotaciones previamente para localizar las zonas disponibles para las actuaciones, recibir una primera opinión de los agricultores y recabar

su experiencia y expectativas. Esta fase introduce numerosas limitaciones previas al diseño óptimo del seto, que viene determinado por las imposiciones del cultivo de la parcela.

2. **Equipo multidisciplinar.** El diseño contó con las opiniones de un investigador en conservación de suelos, expertos en control biológico y polinizadores, y de un técnico especializado en restauración. En esta fase se tuvieron en consideración los problemas de conservación de suelos de la parcela, el tipo de cultivo existente en la parcela (leñoso/herbáceo, regadío/secano), características climáticas y ecológicas de la parcela.
3. **Elaboración de un borrador de diseño basado en módulos.** Con la información anterior se elaboró un borrador de diseño muy sencillo e intuitivo, fácil de aplicar en campo y basado en diferentes módulos básicos divididos en celdas, pero evitando patrones periódicos que den sensación de artificialidad a la EVL, tal y como se explica en detalle en la siguiente sección.
4. **Consulta al agricultor del borrador.** El diseño se consulta nuevamente con el agricultor/gestor de la finca para resolver dudas, señalar las especies que se van a introducir y seleccionar el método de implantación.
5. **Replanteo y ejecución en campo.** A pesar de la observación de los pasos anteriores en la ejecución de las EVL suceden situaciones inesperadas (ausencia de suelo, error en los cálculos, ejecución errónea de la preparación) que obligan al replanteo y ajuste de la intervención (este aspecto es desarrollado en el siguiente capítulo).



La bocha (*Dorycnium pentaphyllum*) es un arbusto de importancia tanto para el fomento de enemigos naturales como de polinizadores. Foto: Jorge Sánchez.

Diseño modular

Las EVL diseñadas en el marco del proyecto consisten en 15 módulos diferentes de entre 2 y 16 metros que se repetían sucesivamente hasta cubrir la zona de restauración. Cada módulo estaba compuesto por un número variable (2-8) de celdas o plantones separados entre 0,6 y 2 metros.

Tabla 2. Actuaciones diseñadas en el marco del GO Setos.

Diseño	Localidad	Ubicación	Bandas	Nº celdas	Distancia entre celdas	Dimensión módulo
CC4	Águilas	Borde camino	1	7	2	14
ET6	Águilas	Base pantano	1	5	2	10
CC4 y ET5	Águilas	Taludes cultivos	1	5	2	10
CP 6, 7 y 8	Jumilla	Olivo	1	7	2	14
CP 1, 2 y 3	Jumillas	Hortalizas	1	8	2	16
CP-4, 5	Jumilla	Olivos (derivas)	1	5	1	5
FVG1	Jumilla	Talud embalse	varias	5	3	15
FVG 2, 3 y 4	Jumilla	Frutales (derivas)	1	5	1	5
FVG13	Jumilla	Frutales	1	7	2	14
W1.1	Mazarrón	Perímetro hortalizas	1	7	2	14
W1.2. y W2.2.	Mazarrón	Bandas hortalizas	2 ¹	6	0,6	3,6
W2.1	Mazarrón	Seto pre-existente	2	8	0,6	4,8
W4.4	Mazarrón	Perímetro hortalizas	2 ²	7	2	14
W4.4	Mazarrón	Perímetro hortalizas	2 ³	5	10	10
Islas de vegetación	Mazarrón	Entorno de llaves	2	2	1	2

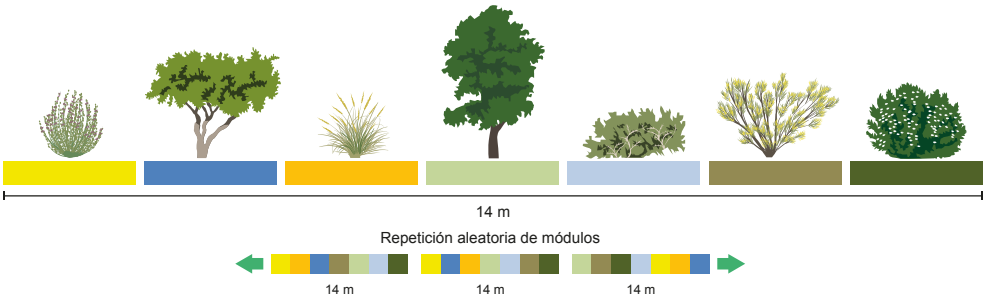
1 Un seto de gramíneas y otro de plantas con floración atractiva.

2 Seto de gramíneas acompañado con plantas de floración atractiva.

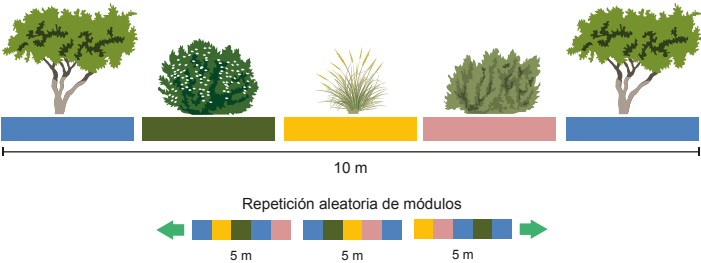
3 Seto de arbustos y arbolillos.

Castillo de Chuecos y Ecotalayón (Águilas)

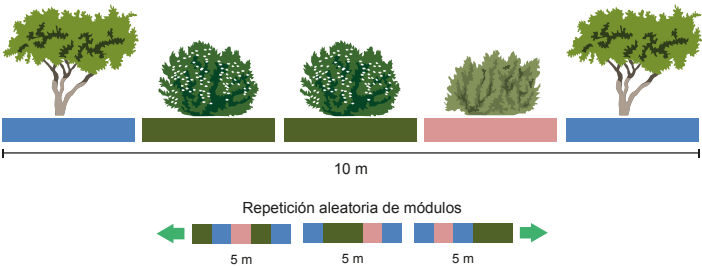
CC4 Águilas Borde camino



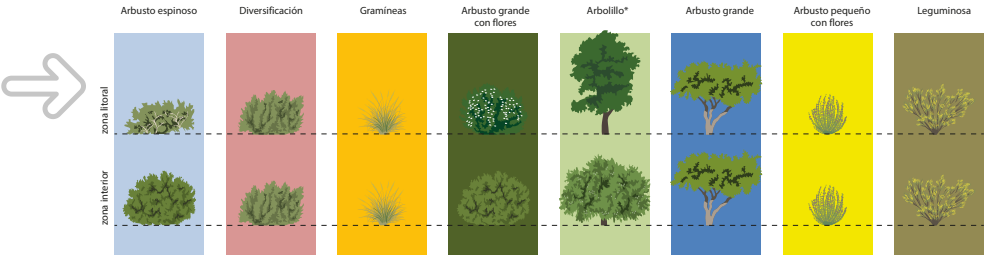
ET6 Águilas Base pantano



CC4 y ET5 Águilas Taludes cultivos



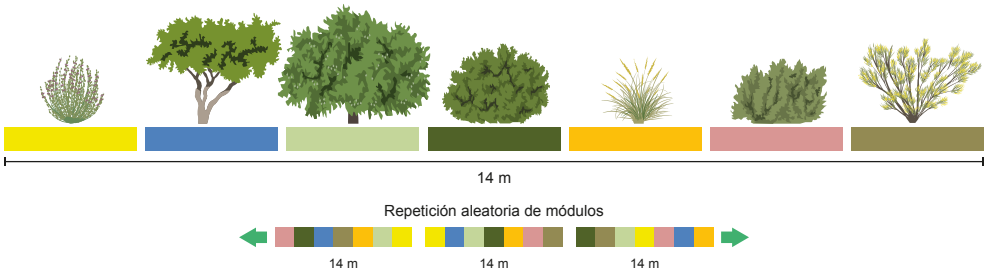
LEYENDA



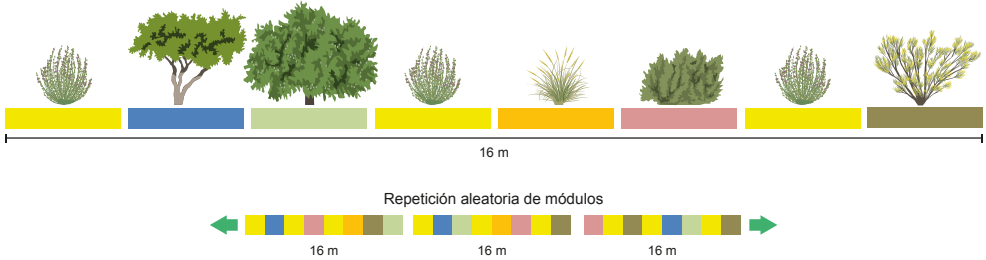
*Para estructura más abierta: un arbolillo cada 2-3 módulos. Un módulo puede repetir celda para reforzar función

Casa Pareja (Jumilla)

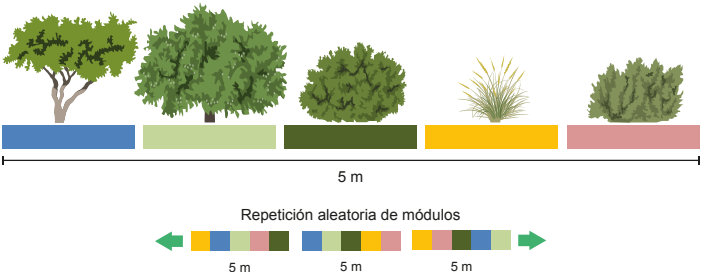
CP 6, 7 y 8 Jumilla Olivo



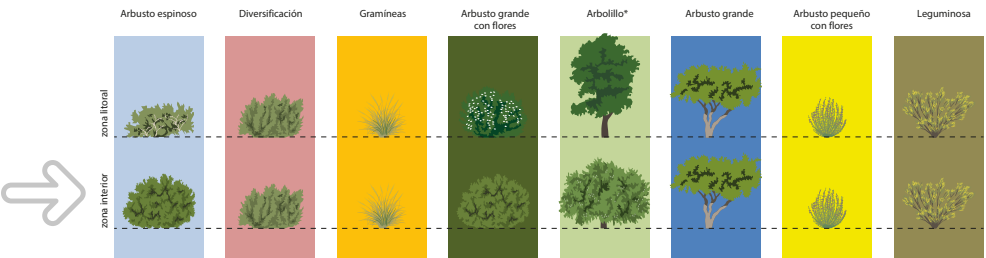
CP 1, 2 y 3 Jumillas Hortalizas



CP-4, 5 Jumilla Olivos

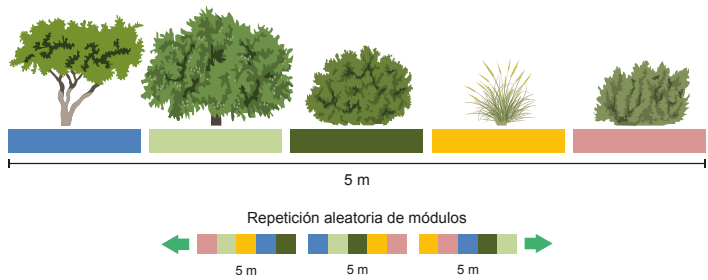


LEYENDA

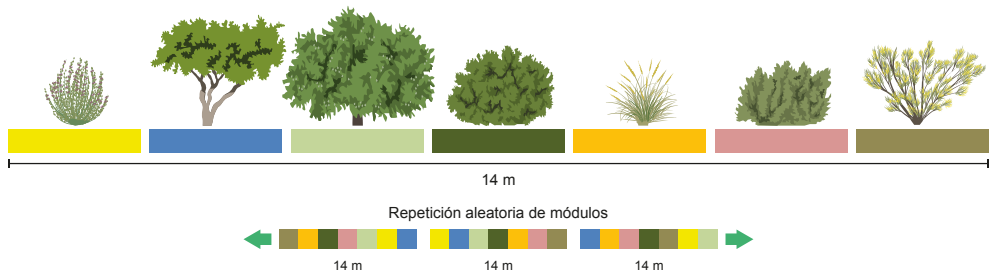


García Vargas (Jumilla)

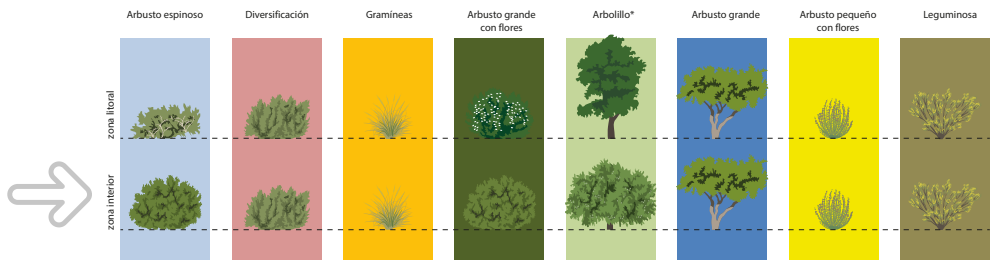
FVG 2, 3 y 4 Jumilla Frutales derivas



FVG13 Jumilla Frutales

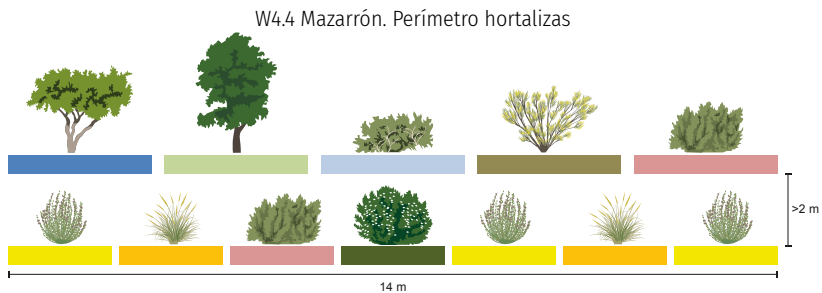
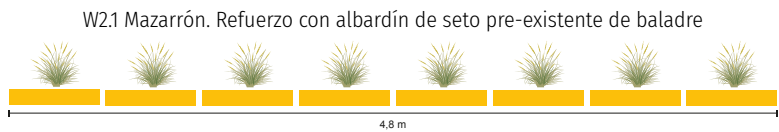
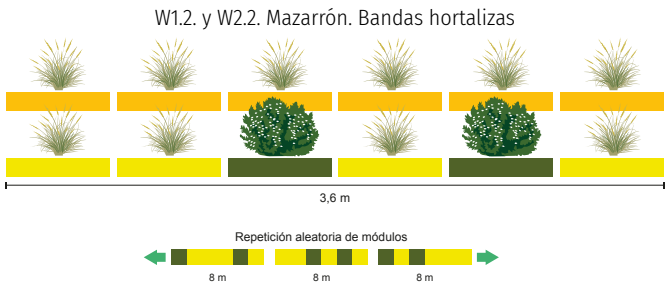
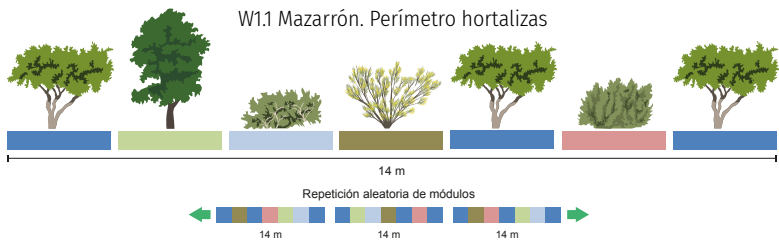


LEYENDA

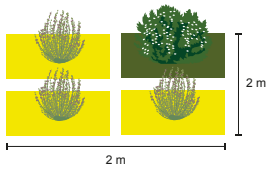


*Para estructura más abierta: un arbolillo cada 2-3 módulos. Un módulo puede repetir celda para reforzar función

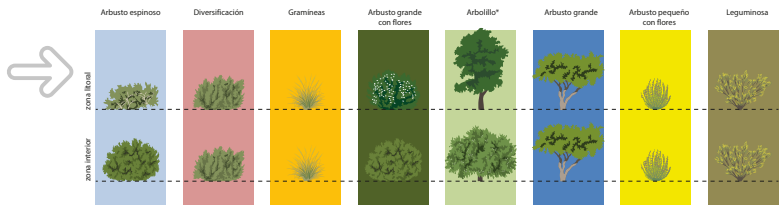
Worlmark (Mazarrón)



Islas de vegetación. Mazarrón. Entorno de llaves



LEYENDA



Cada celda incluía una serie de opciones de plantas agrupadas por “grupos funcionales” que “a priori” podrían desarrollar funciones similares en el seto. En total, se crearon 8 grupos funcionales que incluía arbolillos (árboles de pequeño tamaño o de crecimiento lento que no compitiesen de forma intensa con el cultivo), arbustos grandes (generalmente arbustos que corresponden a formaciones vegetales en buen estado de conservación y productoras de frutos carnosos), arbustos espinosos (aquellos que poseen espinas u hojas punzantes y que pueden suponer un refugio de alto valor para la fauna pero que deben excluirse de zonas de paso), leguminosas (por su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico y por tanto de aumentar la fertilidad el suelo), arbustos grandes con flor (incluye aquellos arbustos que poseen una floración muy atractiva y que pueden ofrecer recursos adicionales a los insectos en época desfavorable), arbustos pequeños con flor (incluye pequeños arbustos generalmente de formaciones vegetales producto de la degradación de la cubierta vegetal como tomillos y romeros), gramíneas (incluye hierbas perennes de esta familia reconocidas por su papel en la conservación de los suelos) y por último una categoría denominada como diversificación (actuando como cajón de sastre para incluir más especies que incrementase la biodiversidad y complejidad estructural de los setos).

Tabla 3. Grupos funcionales considerados en el diseño del GO Setos.

Grupo funcional	Zona litoral (Mazarrón/Águila)	Zona interior (Jumilla)
Arbolillo	<i>Ficus carica</i> <i>Punica granatum</i> <i>Quercus rotundifolia</i> <i>Tamarix canariensis</i> <i>Tetraclinis articulata</i>	<i>Celtis australis</i> <i>Ficus carica</i> <i>Quercus faginea</i> <i>Quercus rotundifolia</i> <i>Sorbus domestica</i> <i>Tamarix gallica</i> <i>Cydonia oblonga</i> <i>Sambucus nigra</i>
Arbusto grande	<i>Arbutus unedo</i> <i>Olea europea</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Rhamnus alaternus</i> <i>Withania frutescens</i>	<i>Arbutus unedo</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Rhamnus alaternus</i>
Arbustos espinosos	<i>Lycium intricatum</i> <i>Quercus coccifera</i> <i>Rhamnus lycioides</i> <i>Smilax aspera</i> <i>Ziziphus lotus</i>	<i>Quercus coccifera</i> <i>Rhamnus lycioides</i> <i>Crataegus monogyna</i>
Leguminosas	<i>Anagyris foetida</i> <i>Colutea sp.pl.</i> <i>Dorycnium pentaphyllum</i> <i>Retama sphaerocarpa</i>	<i>Colutea sp.pl.</i> <i>Dorycnium pentaphyllum</i> <i>Retama sphaerocarpa</i>

Arbusto grande flor	<i>Myrtus communis</i> <i>Phlomis purpurea</i> <i>Vitex agnus-castus</i>	<i>Cotoneaster granatensis</i> <i>Myrtus communis</i> <i>Rosa pouzinii</i> <i>Vitex agnus-castus</i>
Arbusto pequeño con flor	<i>Asteriscus maritimus</i> <i>Ballota hirsuta</i> <i>Cistus albidus, C.clusii</i> <i>Crithmum maritimum</i> <i>Lavandula dentata</i> <i>Limonium caesium</i> <i>Lobularia maritima</i> <i>Lotus creticus</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Santolina chamaecyparissus</i> <i>Thymbra capitata</i> <i>Thymus zygis</i>	<i>Ballota hirsuta</i> <i>Cistus albidus, C.clusii</i> <i>L.latifolia/(L.dentata)</i> <i>Phlomis purpurea</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Salvia officinalis</i> <i>Santolina chamaecyparissus</i>
Gramínea	<i>Hyparrhenia hirta</i> <i>Lygeum spartum</i> <i>Stipa tenacissima</i>	<i>Lygeum spartum</i> <i>Stipa tenacissima</i>
Diversificación	<i>Arundo micrantha</i> <i>Asparagus albus</i> <i>Atriplex halimus</i> <i>Chamaerops humilis</i> <i>Ephedra fragilis</i> <i>Nerium oleander</i>	<i>Asparagus acutifolius</i> <i>Atriplex halimus</i> <i>Ephedra fragilis</i>

Cada módulo se repetía sucesivamente hasta completar la longitud de la EVL, si bien el orden de las celdas dentro del módulo, así como las especies seleccionadas en cada celda variaba aleatoriamente para dotar de naturalidad a la masa. Este diseño permite ajustar la plantación de forma sencilla a la disponibilidad de planta, realizar cambios sin necesidad de replantar o recalcular todo el diseño o reforzar determinadas funciones en un punto determinado (por ejemplo, concentrar las gramíneas en un reguero que pretenda corregirse con el seto).

Este diseño modular contribuye a garantizar la complejidad de la EVL que constituye un atributo básico para garantizar el sostenimiento de una rica biodiversidad, incluida una comunidad interesante de enemigos naturales (Altieri & Letourneau 1982).

La selección de las especies que configuran la EVL constituye quizás la decisión más trascendental para el resultado de la misma, existiendo diversos manuales que abordan esta cuestión. En el caso de las EVL, algunos de los criterios que se han manejado se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Objetivos de diseño de los setos y atributos para la selección de especies.

Objetivo	Atributos
Biodiversidad	
Favorecer polinizadores	Especies autóctonas (Corbet <i>et al.</i> 2001). Evitar cultivares, especialmente de flor doble (Corbet <i>et al.</i> 2001). Floración escalonada y en periodos desfavorables (Menz <i>et al.</i> 2011). Labiadas, cistáceas, leguminosas (Sanchez <i>et al.</i> 2019).
Fauna auxiliar del cultivo anual	Priorización de especies herbáceas y arbustos pequeños.
Fauna auxiliar de cultivo leñoso	Priorización de arbustos grandes y arbolillos.
Alimento para la fauna	Árboles y arbustos productores de frutos carnosos (Herrera 1995) o semillas consumidas por la fauna. Importancia de la complejidad de setos para las aves (Hinsley & Bellamy 2000).
Refugios de fauna vertebrada (cobijo, soporte nidos, atracción)	Arbolillos (Debussche <i>et al.</i> 1982; Hinsley & Bellamy 2019). Especies espinescentes.
Suelos	
Captación de Nitratos	Taray, por su enraizamiento profundo, rápido crecimiento y capacidad de extraer agua de acuíferos salobres.
Fijación de N	Leguminosas.
Control de la erosión	Introducción de gramíneas (De Baets <i>et al.</i> 2009) y arbustos pequeños (plantas con porte de tomillo) (Raya <i>et al.</i> 2006).
Control de derivas	Fomento de arbolado y arbustos de gran tamaño/crecimiento rápido (Zande <i>et al.</i> 2004).
Aporte de materia orgánica al suelo	Especies herbáceas con denso enraizamiento superficial y gran proporción de raíces de pequeño diámetro como albar-dín y esparto (De Baets <i>et al.</i> , 2007). En el largo plazo arbolillos y grandes arbustos.
Captación de CO2 atmosférico	Arbolillos y arbustos de gran tamaño.

Tabla 5. Evaluación de especies vegetales usadas en EVL.

	Biodiversidad					Suelos					
	Polinizadores	Fauna auxiliar cult anual	Fauna auxiliar de cultivo leñoso	Alimento para la fauna	Refugio para la fauna	Captación N	Fijación N	Control erosión	Control de derivas	Aporte materia orgánica	Fijación CO2
<i>Anagyris foetida</i>	●		●				●		●		●
<i>Arbutus unedo</i>	●		●	●					●		●
<i>Arundo micrantha</i>						●		●	●		
<i>Asparagus acutifolius</i> , <i>A. albus</i>	●	●		●							
<i>Atriplex halimus</i>			●	●					●		
<i>Ballota hirsuta</i>	●	●						●			
<i>Celtis australis</i>			●	●	●				●		●
<i>Chamaerops humilis</i>			●	●	●						
<i>Cistus albidus</i> , <i>C. clusii</i>	●	●									
<i>Colutea sp.pl.</i>	●		●				●		●		
<i>Cotoneaster granatensis</i>	●		●	●					●		
<i>Crataegus monogyna</i>	●		●	●	●				●		●
<i>Crithmum maritimum</i>	●	●						●			
<i>Cydonia oblonga</i>	●		●	●	●				●		
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	●	●					●		●		
<i>Ephedra fragilis</i>			●	●							●
<i>Ficus carica</i>			●	●	●				●		●
<i>Hyparrhenia hirta</i>		●								●	
<i>Laurus nobilis</i>	●		●	●	●				●		●
<i>Lavandula dentata</i> , <i>L. latifolia</i>	●	●						●			
<i>Limonium caesium</i>	●	●						●			
<i>Lobularia maritima</i>	●	●						●			
<i>Lotus creticus</i>	●	●					●	●			
<i>Lycium intricatum</i>	●		●	●	●			●			
<i>Lygeum spartum</i>		●						●		●	
<i>Myrtus communis</i>	●		●	●					●		●
<i>Nerium oleander</i>	●		●						●		●
<i>Olea europaea</i>			●	●					●		●
<i>Phlomis purpurea</i>	●	●						●			
<i>Phyllirea angustifolia</i>			●	●					●		●

<i>Pistacia lentiscus</i>			●	●					●		●
<i>Punica granatum</i>	●		●	●	●				●		●
<i>Q.coccifera</i>			●	●	●				●		●
<i>Q.faginea, Q.rotundifolia</i>			●	●	●				●		●
<i>Retama sphaerocarpa</i>	●		●				●		●		●
<i>Rhamnus alaternus</i>	●		●	●					●		●
<i>Rhamnus lycioides</i>	●		●	●	●				●		●
<i>Rosa pouzinii, R.canina</i>	●		●	●	●				●		●
<i>Rosmarinus officinalis</i>	●	●						●			
<i>Salvia officinalis</i>	●	●						●			
<i>Sambucus nigra</i>	●		●	●	●				●		
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	●	●						●			
<i>Smilax aspera</i>	●	●		●	●						
<i>Sorbus domestica</i>	●		●	●	●				●		
<i>Stipa tenacissima</i>		●						●		●	
<i>Tamarix sp.pl.</i>	●		●		●	●			●		
<i>Tetraclinis articulata</i>			●	●	●				●		●
<i>Thymbra capitata</i>	●	●						●			
<i>Thymus vulgaris, T.zygis</i>	●	●						●			
<i>Vitex agnus-castus</i>	●		●	●					●		
<i>Withania frutescens</i>	●		●	●					●		
<i>Ziziphus lotus</i>	●		●	●	●	●			●		

Periodos de floración

Uno de los principios para el diseño de setos es ofrecer recursos alimentarios (básicamente polen y néctar) a las poblaciones de insectos durante la mayor parte del periodo anual. Esto resulta imprescindible para los insectos polinizadores, pero además determinados grupos de enemigos naturales dependen de esos recursos en algún momento de su ciclo vital. Por esta razón, a la hora de diseñar un seto conviene tener presente el calendario de floración de las especies productoras de néctar y polen para conseguir tanto una floración prolongada y consecutiva, como disponer de recursos florales en épocas desfavorables (invierno, verano), especialmente en los momentos donde el cultivo no ofrece estos recursos. Con este objetivo se ha elaborado una tabla donde se recogen los periodos de floración descritos en el sur de España para diversas especies silvestres o de cultivo tradicional y que tienen potencial para su empleo en setos. Debe tenerse en cuenta que esos periodos de floración son orientativos y van a depender tanto de la zona de implantación (básicamente altitud) como del manejo que se realice del seto (en muchos casos se puede forzar la floración a través del riego).

Tabla 6. Floración descrita para la especies con potencial uso para la ejecución de setos.

Especie	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<i>Anagyris foetida</i>	●	●	●	●	●							
<i>Anthyllis cytisoides</i>			●	●	●	●	●					
<i>Arbutus unedo</i>	●	●								●	●	●
<i>Asparagus acutifolius</i>								●	●			
<i>Asparagus albus</i>									●	●		
<i>Asteriscus maritimus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●				
<i>Atriplex halimus</i>						●	●	●	●	●	●	●
<i>Ballota hirsuta</i>					●	●	●	●	●	●		
<i>Celtis australis</i>		●	●	●	●							
<i>Chamaerops humilis</i>			●	●	●							
<i>Cistus albidus</i>			●	●	●	●						
<i>Cistus clusii</i>				●	●	●						
<i>Colutea arborescens</i>			●	●	●	●	●					
<i>Coronilla juncea</i>			●	●	●	●						
<i>Cotoneaster granatensis</i>						●	●					
<i>Crataegus azarollus</i>			●	●	●	●	●					
<i>Crataegus lacinata</i>				●	●	●						
<i>Crataegus monogyna</i>			●	●	●	●	●					
<i>Crithmum maritimum</i>				●	●	●	●					
<i>Cydonia oblonga</i>			●	●	●							
<i>Cytisus spp.</i>		●	●	●	●	●	●					
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>				●	●	●	●	●				
<i>Ephedra fragilis</i>				●	●	●						
<i>Erica multiflora</i>	●							●	●	●	●	●
<i>Eryobotrya japonica</i>	●									●	●	●
<i>Ficus carica</i>				●	●	●	●	●	●			
<i>Genista spp.</i>			●	●	●	●	●					
<i>Hedera helix</i>									●	●	●	●
<i>Helichrysum stoechas</i>	●	●	●	●	●	●	●	●				
<i>Juniperus thurifera</i>	●	●	●	●	●							
<i>Laurus nobilis</i>		●	●	●								
<i>Lavandula dentata</i>	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●
<i>Lavatera maritima</i>	●	●	●	●	●	●						
<i>Limonium caesium</i>				●	●	●						

Especie	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<i>Lithodora fruticosa</i>			●	●	●	●	●					
<i>Lonicera biflora</i>						●	●	●	●			
<i>Lotus creticus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Lycium intricatum</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Lygeum spartum</i>			●	●	●							
<i>Malus sp. pl.</i>				●	●	●						
<i>Maytenus senegalensis</i>						●	●	●	●	●		
<i>Medicago arborea</i>			●	●	●							
<i>Mespilus germanica</i>				●	●	●						
<i>Myrtus communis</i>				●	●	●	●	●				
<i>Nerium oleander</i>			●	●	●	●	●	●	●			
<i>Olea europaea</i>				●	●	●						
<i>Phillyrea angustifolia</i>			●	●	●							
<i>Phlomis purpurea</i>			●	●	●	●	●					
<i>Pistacia lentiscus</i>		●	●	●	●							
<i>Portulaca oleracea</i>					●	●	●	●	●	●		
<i>Prunus dulcis</i>	●	●	●	●	●	●	●					
<i>Prunus avium</i>			●	●	●							
<i>Prunus insititia</i>		●	●	●								
<i>Prunus mahaleb</i>			●	●	●	●						
<i>Prunus spinosa</i>			●	●	●							
<i>Punica granatum</i>				●	●	●	●					
<i>Pyrus communis</i>				●	●	●						
<i>Quercus coccifera</i>			●	●	●	●						
<i>Quercus faginea</i>				●	●	●						
<i>Quercus rotundifolia</i>			●	●	●	●						
<i>Retama monosperma</i>		●	●	●								
<i>Retama sphaerocarpa</i>				●	●	●	●					
<i>Rhamnus alaternus</i>	●	●	●	●								
<i>Rhamnus lycioides</i>			●	●	●							
<i>Rosa micrantha</i>			●	●	●	●	●					
<i>Rosa pouzinii</i>			●	●	●	●	●					
<i>Rosmarinus officinalis</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Rubus spp.</i>					●	●	●	●				
<i>Salix atrocinerea</i>	●	●	●	●	●							
<i>Salvia lavandulifolia</i>				●	●	●	●					

Especie	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<i>Sambucus nigra</i>			●	●	●	●	●					
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●				
<i>Scabiosa atropurpurea</i>				●	●	●	●	●				
<i>Smilax aspera</i>								●	●	●	●	
<i>Stipa tenacissima</i>		●	●	●	●	●						
<i>Tamarix canariensis</i>				●	●	●	●	●	●	●	●	
<i>Tetraclinis articulata</i>		●		●	●	●	●					
<i>Teucrium fruticans</i>			●	●	●	●						
<i>Thymbra capitata</i>				●	●	●	●	●	●	●		
<i>Thymus vulgaris</i>		●	●	●	●	●	●	●	●			
<i>Thymus hyemalis</i>	●	●	●	●						●	●	
<i>Thymus mastichina</i>				●	●	●	●					
<i>Thymus zigys</i>				●	●	●	●	●				
<i>Vitex agnus-castus</i>						●	●	●	●	●		
<i>Withania frutescens</i>				●	●	●	●	●	●			
<i>Ziziphus lotus</i>					●	●	●					

Fuente: Elaboración propia a partir de Blanca G., Cabezudo B., Cueto M., Salazar C. & Morales Torres C. (2011, eds.). Flora Vascular de Andalucía Oriental. 2ª Edición corregida y aumentada. 1751 pp. Editan las Universidades de Almería, Granada, Jaén y Málaga.

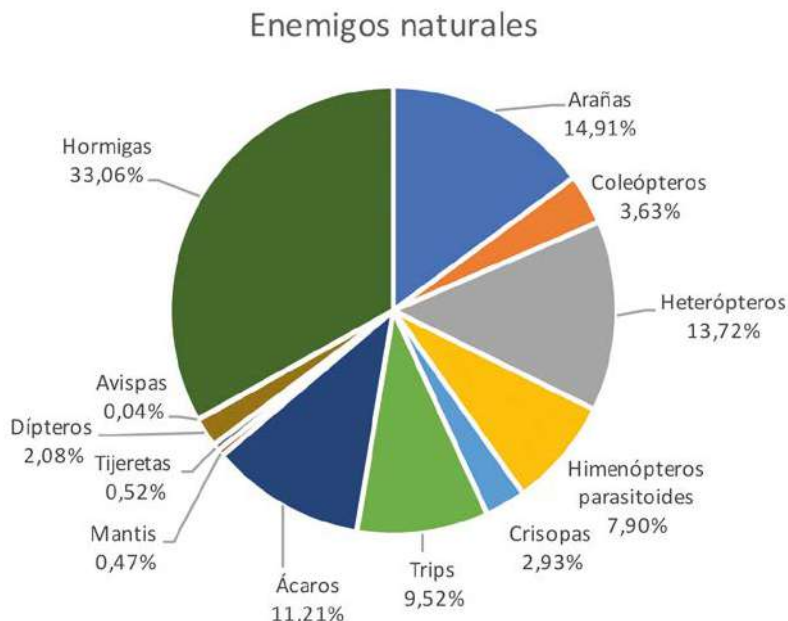
Importancia de plantas arbustivas mediterráneas para la conservación de enemigos naturales e insectos polinizadores

En el marco del proyecto y durante la primavera de 2019 y 2020, el IMIDA realizó una serie de seguimientos (Águilas, Cartagena, Jumilla y Mazarrón) encaminados a evaluar la importancia de las especies de flora en la abundancia y diversidad tanto de los enemigos naturales e insectos polinizadores. Para la evaluación de enemigos naturales se muestrearon 10 individuos de cada especie de planta en cada localidad y fecha de muestreo. Los muestreos se realizaron mediante golpeo de la vegetación sobre embudos entomológicos de 30 cm de diámetro. Se muestrearon un total de 55 especies de plantas pertenecientes a 24 familias.

a) Enemigos naturales

Los principales grupos de enemigos naturales de interés para el control de plagas en agricultura fueron: heterópteros (13,72 %), hormigas (33,06 %), arañas (14,91 %), y trips depredadores (9,52 %), himenópteros parasitoides (7,90 %), coleópteros (3,63 %) y crisopas (2,93 %) (Figura 1).

Figura 1. Porcentaje total de los principales enemigos naturales capturados por planta en las cuatro localidades muestreadas.

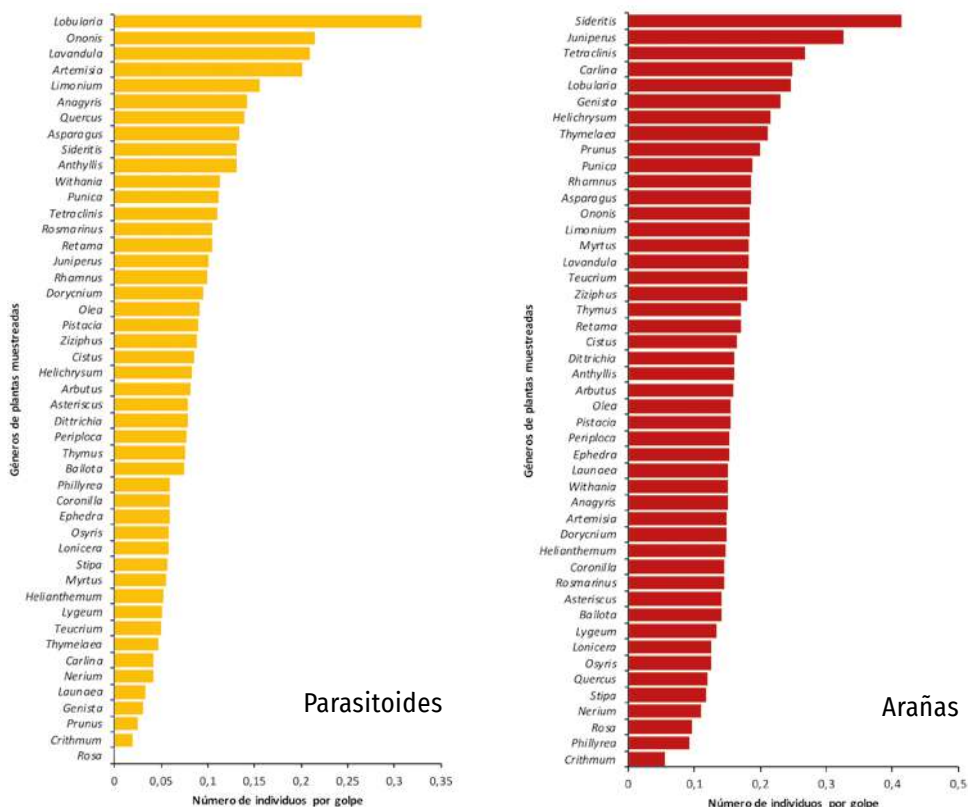


Los heterópteros o chinches depredadoras presentan un papel clave como depredadores generalistas, tanto en cultivos hortícolas como en frutales. En los muestreos, los heterópteros se encontraron fundamentalmente representados por las familias *Anthocoridae* y *Miridae*. La familia *Anthocoridae* estuvo mayormente representada por especies de los géneros *Orius* y *Anthocoris*, y la familia *Miridae* por especies de los géneros *Macrolophus*, *Campylomma*, *Deraeocoris* y *Pilophorus*. Las arañas estuvieron representadas por una gran cantidad de familias, siendo las más importantes, ordenadas según su abundancia, las familias *Theridiidae*, *Philodromidae*, *Salticidae*, *Linyphiidae*, *Thomisidae*, *Araneidae*, *Oxiopidae* y *Tetragnathidae*. Los coleópteros de importancia en el control de plagas estuvieron representados en las muestras por los géneros *Coccinella*, *Adalia*, *Scymnus* y *Stethorus*. Los himenópteros parasitoides e hiperparasitoides, al igual que las arañas, presentaron una elevada diversidad de familias siendo las más importantes en el control de plagas, según abundancia, las familias *Eulophidae*, *Encyrtidae*, *Braconidae*, *Aphelinidae*, *Mymaridae*, *Figitidae*, *Megaspilidae*, *Ichneumonidae*, *Ceraphronidae* y *Trichogrammatidae*. Las hormigas estuvieron representadas por los géneros *Camponotus*, *Cardiocondyla*, *Cataglyphis*, *Crematogaster*, *Lasius* y *Tapinoma*. El grupo de los neurópteros, estuvo representado por las familias *Chrysopidae*, compuesta por los géneros *Chrysopa*, *Chrysoperla*, *Mallada*, *Pseudomallada* y *Tjederina*, y las familias *Coniopterygidae*, *hemerobiidae*, *Myrmeleontidae* y *Raphidiidae*. Los trips depredadores fueron todos del género *Aeolothrips*.

En relación a la abundancia de los diferentes grupos de enemigos naturales en función de la planta hospedante (Figura 2), algunas de las especies donde mayores abundancias de heterópteros se encontraron fueron *Lobularia maritima*, *Dittrichia viscosa*, *Ononis natrix*, *Whitania frutescens* y *Ballota hirsuta*. La abundancia de arañas destacó en *Sideritis ibanyezii*, *Juniperus oxycedrus* y *Tetralclinis articulata*. Los coccinélidos aparecieron de manera más abundante en plantas como *Thymelaea hirsuta*, *Olea europaea* o *Prunus spp.* Las plantas donde aparecieron más parasitoides fueron *Lobularia marítima*, *Ononis natrix* y *Artemisia spp.*. Las crisopas se encontraron en bajo número en plantas como *Prunus sp.*, *Quercus coccifera*, *Ziziphus spp.* o *Punica granatum*. Por último, encontramos trips depredadores en plantas como *Helianthemum sp.* y *Genista umbellata*.

A modo de resumen de los resultados anteriores, se han recogido los 10 primeros géneros de plantas con las mayores abundancias para los principales grupos de enemigos naturales (tabla 7), y se han seleccionado 19 plantas que destacan por la abundancia de enemigos naturales que albergan (tabla 8).

Figura 2. Abundancia de himenópteros parasitoides, arañas, coleópteros de la familia Coccinellidae, Crisopas, heterópteros y *Aeolothrips sp.* según géneros de plantas. Medias del número de capturas por golpe en muestreo con embudos entomológicos de 30 cm de diámetro.



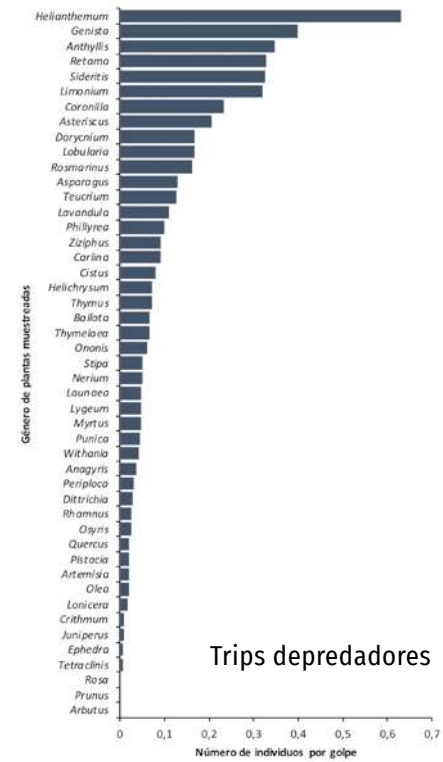
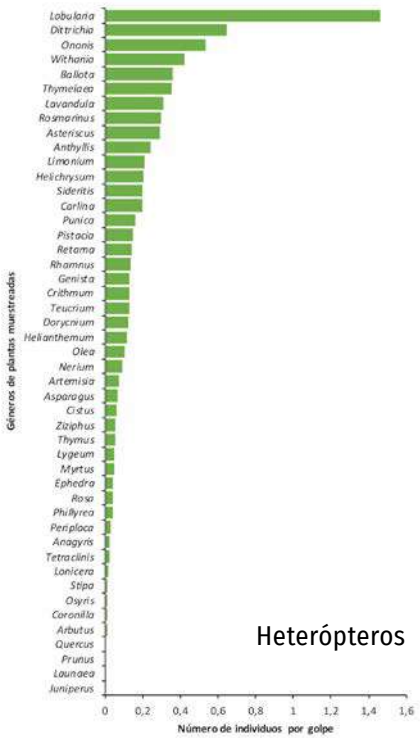
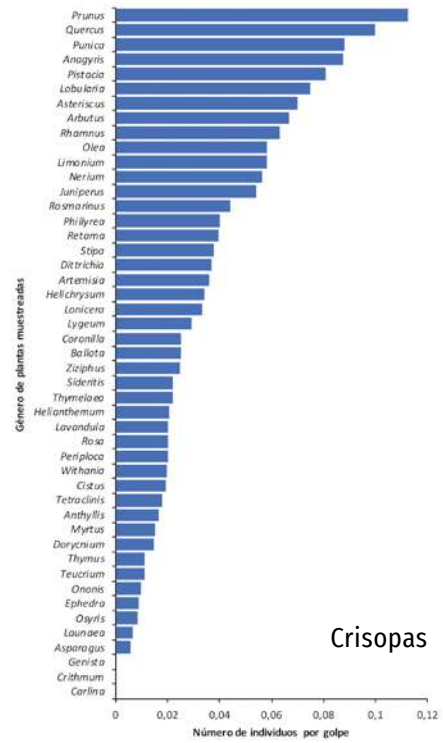
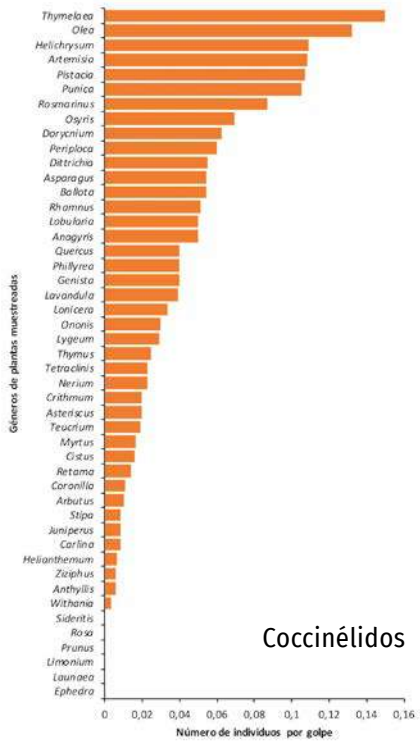


Tabla 7. Resumen de los 10 primeros géneros de plantas con mayor abundancia para enemigos naturales.

POSICIÓN	ARAÑAS	COCCINÉLIDOS	CHINCHES DEPREDADORAS	PARASITOIDES	CRISOPAS	TRIPS DEPREDADORES
1	<i>Sideritis</i>	<i>Thymelaea</i>	<i>Lobularia</i>	<i>Lobularia</i>	<i>Prunus</i>	<i>Helianthemum</i>
2	<i>Juniperus</i>	<i>Olea</i>	<i>Dittrichia</i>	<i>Ononis</i>	<i>Quercus</i>	<i>Genista</i>
3	<i>Tetraclinis</i>	<i>Helichrysum</i>	<i>Ononis</i>	<i>Lavandula</i>	<i>Punica</i>	<i>Anthyllis</i>
4	<i>Carlina</i>	<i>Artemisia</i>	<i>Withania</i>	<i>Artemisia</i>	<i>Anagyris</i>	<i>Retama</i>
5	<i>Lobularia</i>	<i>Pistacia</i>	<i>Ballota</i>	<i>Limonium</i>	<i>Pistacia</i>	<i>Sideritis</i>
6	<i>Genista</i>	<i>Punica</i>	<i>Thymelaea</i>	<i>Anagyris</i>	<i>Lobularia</i>	<i>Limonium</i>
7	<i>Helichrysum</i>	<i>Rosmarinus</i>	<i>Lavandula</i>	<i>Quercus</i>	<i>Asteriscus</i>	<i>Coronilla</i>
8	<i>Thymelaea</i>	<i>Osyris</i>	<i>Rosmarinus</i>	<i>Asparagus</i>	<i>Arbutus</i>	<i>Asteriscus</i>
9	<i>Prunus</i>	<i>Dorycnium</i>	<i>Asteriscus</i>	<i>Sideritis</i>	<i>Rhamnus</i>	<i>Dorycnium</i>
10	<i>Punica</i>	<i>Periploca</i>	<i>Anthyllis</i>	<i>Anthyllis</i>	<i>Olea</i>	<i>Lobularia</i>

Tabla 8. Géneros de plantas que destacan como hospedantes de diferentes grupos de enemigos naturales.

		ENEMIGOS NATURALES					
Familia Planta	Género Planta	Arañas	Coccinélicos	Chinches	Parasitoides	Crisopas	Trips
Anacardiáceas	<i>Pistacia</i>		●			●	
Compuestas	<i>Artemisia</i>		●		●		
	<i>Asteriscus</i>			●		●	
	<i>Helichrysum</i>	●	●				
Crucíferas	<i>Lobularia</i>	●		●	●	●	●
Fagáceas	<i>Quercus</i>				●	●	
	<i>Lavandula</i>			●			
	<i>Rosmarinus</i>		●	●			
	<i>Sideritis</i>	●			●		●
Leguminosas	<i>Anagyris</i>				●	●	
	<i>Anthyllis</i>			●		●	●
	<i>Dorycnium</i>		●				●
	<i>Genista</i>	●					●
	<i>Ononis</i>			●	●		
Oleáceas	<i>Olea</i>		●			●	
Plumbagináceas	<i>Limonium</i>				●		●
Rosáceas	<i>Prunus</i>	●				●	
	<i>Punica</i>	●	●			●	
Timeleáceas	<i>Thymelaea</i>	●	●	●			

b) Polinizadores

Para la evaluación de la abundancia y diversidad de insectos polinizadores, se muestreó, en cada planta en floración, mediante observación directa utilizando cuadrados de muestreo de 1x1 m. Cada muestreo consistió en registrar durante 5 minutos el número de individuos de cada grupo de polinizadores que visitaban las flores de la planta. Se observaron un total de 2.666 insectos polinizadores, de los cuales los más abundantes fueron, abejas (60 %), coleópteros (17 %), dípteros – no sírfidos (13 %), sírfidos (4 %), himenópteros - no abejas (4 %), y lepidópteros (2 %) (Figura 3).

Las abejas son el grupo más importante de polinizadores ya que su supervivencia está estrechamente ligada al polen y néctar que producen las plantas. En los muestreos estuvieron representadas por la abeja doméstica, *Apis mellifera*, que constituyó un 47 % de las observaciones, y por abejas silvestres (13 %). Las abejas silvestres estuvieron representadas principalmente por las familias *Halictidae*, *Megachilidae* y otros *Apidae*, distintos de la abeja doméstica, y en menor abundancia las familias *Colletidae* y *Andrenidae*. Por otro lado, entre los coleópteros observados en los setos, el más abundante fue *Heliotaurus ruficollis* (Tenebrionidae), que representó el 60% de los escarabajos.

Los géneros donde se encontraron mayores abundancias de *Apis mellifera* fueron *Retama*, *Limonium*, *Dorycnium* y *Rhamnus* (Figura 4). Los coleópteros, a su vez, aparecieron en mayor abundancia en *Helichrysum* y *Dorycnium*. La mayor abundancia de abejas silvestres se registró en *Lobularia* y *Dorycnium* mientras que la de otros dípteros se observó en *Periploca*. Otros himenópteros, los sírfidos y los lepidópteros se observaron con mayores abundancias en *Dittrichia*. Los sírfidos se observaron de manera abundante también en *Retama*.

Figura 3. Porcentajes de los distintos grupos de insectos polinizadores que aparecieron en los setos.

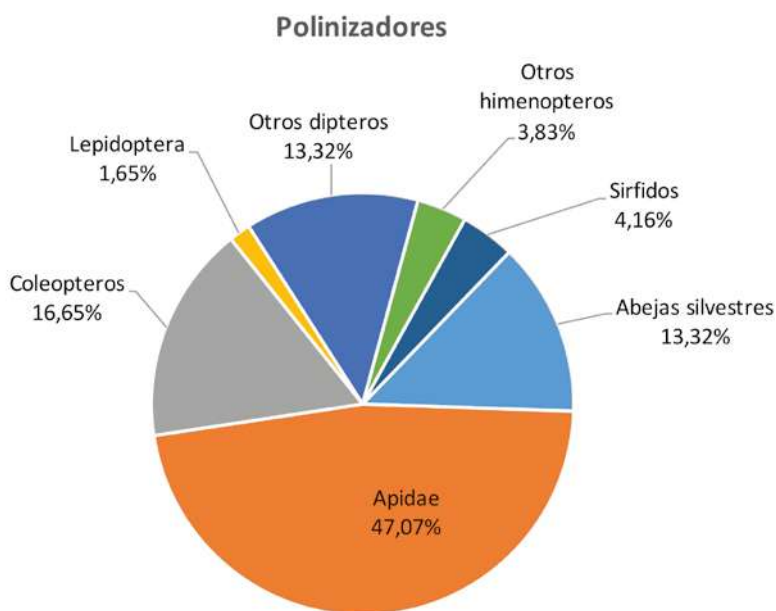
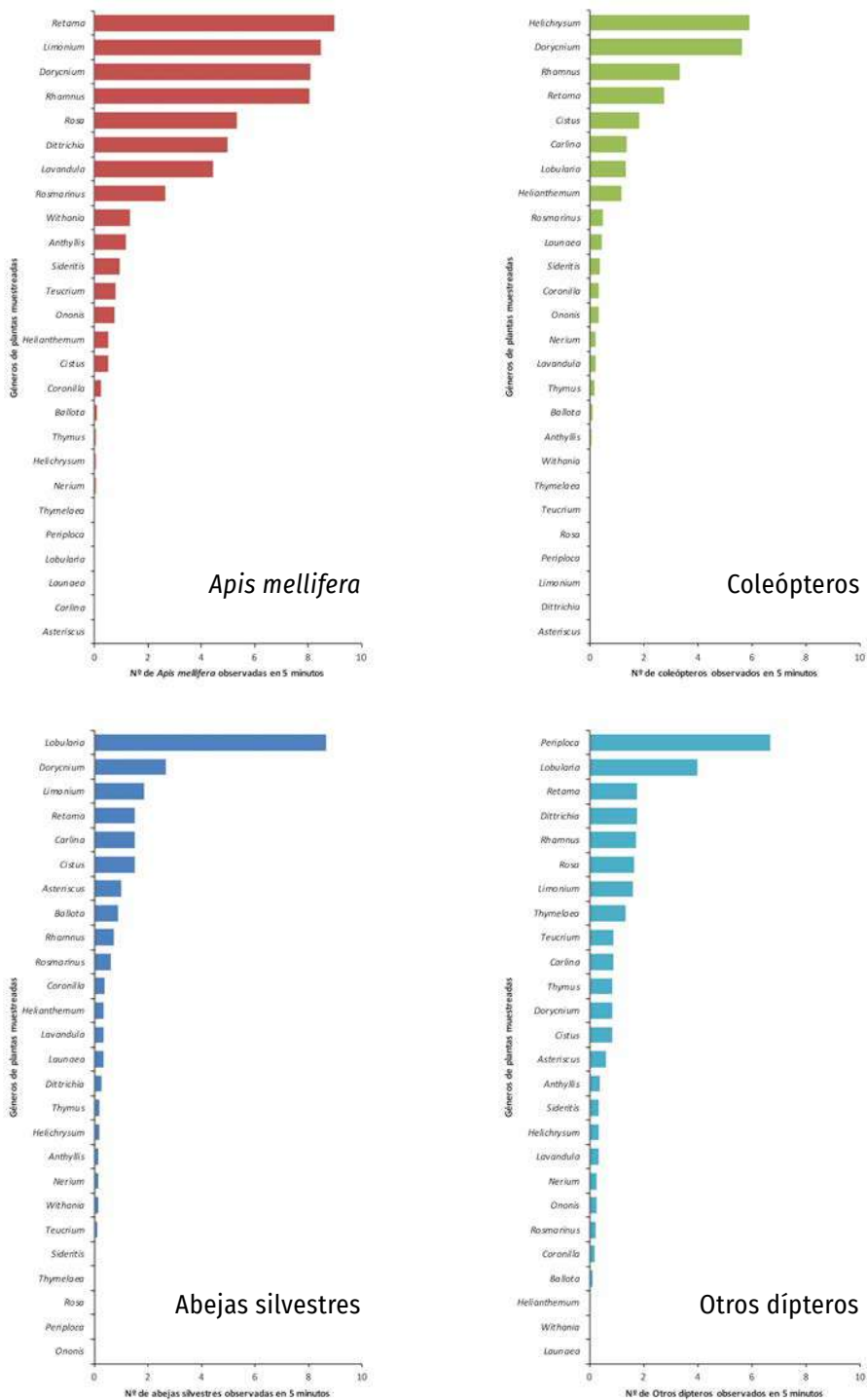
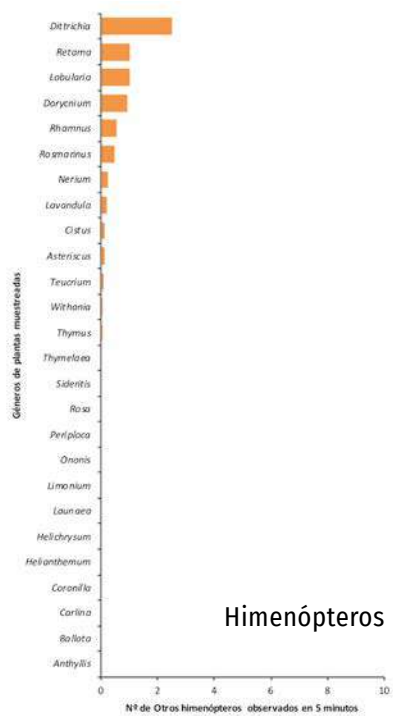


Figura 4. Abundancias medias de *Apis mellifera*, coleópteros, abejas silvestres, dípteros (no Sífidos), himenópteros y sírfidos observados en cada género de planta.



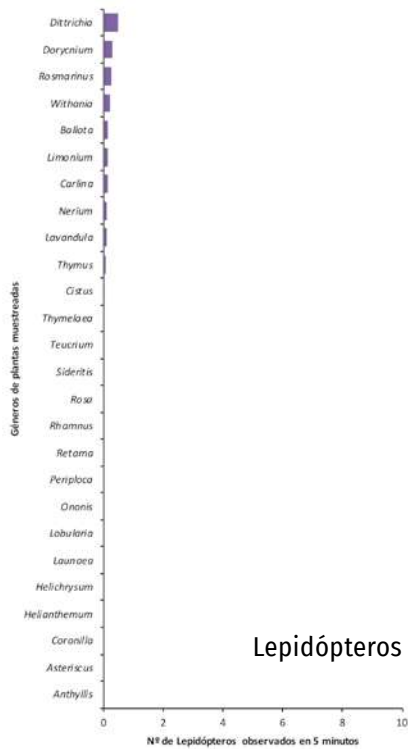


La margarita marítima (*Asteriscus maritimus*) resulta una especie interesante para fomentar las poblaciones de enemigos naturales como crisopas, trips depredadores y chinches depredadores, así como de polinizadores como abejas silvestres y otros himenópteros. Foto: IMIDA.



Sífido sobre flores de *Helichrysum*. Foto: IMIDA.

Figura 5. Abundancias medias de los lepidópteros observados en cada género de planta.





Araña acechando presas en una flor de jara (*Cistus albidus*). Foto: IMIDA.

A modo de resumen de los resultados anteriores, se han recogido los 10 primeros géneros de plantas que más destacan por su abundancia de los distintos grupos de insectos polinizadores (Tabla 9) y se ha indicado la relevancia de 25 géneros de plantas para los distintos grupos de insectos polinizadores (Tabla 10).

Tabla 9. Listado de los 10 primeros géneros de plantas según su importancia en relación a la abundancia de los principales grupos de insectos polinizadores.

POSICIÓN	ABEJAS SILVESTRES	<i>Apis mellifera</i>	COLEÓPTEROS	LEPIDÓPTEROS	OTROS Dípteros	OTROS HIMENÓPTEROS	SÍRFIDOS
1	<i>Lobularia</i>	<i>Retama</i>	<i>Helichrysum</i>	<i>Dittrichia</i>	<i>Periploca</i>	<i>Dittrichia</i>	<i>Retama</i>
2	<i>Dorycnium</i>	<i>Limonium</i>	<i>Dorycnium</i>	<i>Dorycnium</i>	<i>Lobularia</i>	<i>Lobularia</i>	<i>Dittrichia</i>
3	<i>Limonium</i>	<i>Dorycnium</i>	<i>Rhamnus</i>	<i>Rosmarinus</i>	<i>Dittrichia</i>	<i>Retama</i>	<i>Rhamnus</i>
4	<i>Carlina</i>	<i>Rhamnus</i>	<i>Retama</i>	<i>Withania</i>	<i>Retama</i>	<i>Dorycnium</i>	<i>Lobularia</i>
5	<i>Retama</i>	<i>Rosa</i>	<i>Cistus</i>	<i>Ballota</i>	<i>Rhamnus</i>	<i>Rhamnus</i>	<i>Limonium</i>
6	<i>Cistus</i>	<i>Dittrichia</i>	<i>Carlina</i>	<i>Carlina</i>	<i>Rosa</i>	<i>Rosmarinus</i>	<i>Helianthemum</i>
7	<i>Asteriscus</i>	<i>Lavandula</i>	<i>Lobularia</i>	<i>Limonium</i>	<i>Limonium</i>	<i>Nerium</i>	<i>Carlina</i>
8	<i>Ballota</i>	<i>Rosmarinus</i>	<i>Helianthemum</i>	<i>Nerium</i>	<i>Thymelaea</i>	<i>Lavandula</i>	<i>Coronilla</i>
9	<i>Rhamnus</i>	<i>Withania</i>	<i>Rosmarinus</i>	<i>Lavandula</i>	<i>Teucrium</i>	<i>Cistus</i>	<i>Nerium</i>
10	<i>Rosmarinus</i>	<i>Anthyllis</i>	<i>Launaea</i>	<i>Thymus</i>	<i>Carlina</i>	<i>Asteriscus</i>	<i>Lavandula</i>

Tabla 10. Relevancia de los géneros de plantas para los diferentes grupos de polinizadores.

		POLINIZADORES						
Familia Planta	Género Planta	Abejas silvestres	Apis mellífera	Coleópteros	Lepidópteros	Otros dípteros	Otros himenópteros	Sírfidos
Apocynaceae	Nerium				●		●	●
	Periploca					●		
Asteraceae	Dittrichia		●		●	●	●	●
	Carlina	●			●	●		●
	Asteriscus	●					●	
	Helichrysum			●				
	Carlina			●				
	Launaea			●				
Brassicaceae	Lobularia	●		●		●	●	●
Cistaceae	Cistus	●		●			●	
	Helianthemum			●				●
Fabaceae	Retama	●	●	●		●	●	●
	Dorycnium	●	●	●	●		●	
	Anthyllis		●					
	Coronilla							●
Lamiaceae	Rosmarinus	●	●	●	●		●	
	Lavandula		●		●		●	●
	Ballota	●			●			
	Thymus				●			
	Teucrium					●		
Plumbaginaceae	Limonium	●	●		●	●		●
Rhamnaceae	Rhamnus	●	●	●		●	●	●
Rosaceae	Rosa		●			●		
Solanaceae	Withania		●		●			
Thymelaeaceae	Thymelaea					●		

ERRORES EN EL DISEÑO DE SETOS Y CÓMO EVITARLOS

Olvidar las labores agrícolas de la finca.

Un seto perfecto desde el punto de vista ecológico puede ser nefasto para el aprovechamiento agrícola y esta situación conducirá a su eliminación en el corto plazo. Antes de diseñar, inventariar zonas disponibles, recopilar problemas a resolver y tener en consideración las opiniones de los agricultores.

No mirar alrededor. El efecto de los setos va más allá de su mera ubicación, por esta razón conviene tener presente el entorno inmediato de los setos para evitar efectos indeseados sobre vecinos, caminos y servidumbres.

En muchos casos, resulta necesaria la autorización de Administraciones o las distancias están reguladas en Código Civil o en normativas municipales.

Obviar la disponibilidad de planta. Antes de diseñar un seto y sobre todo si su ejecución es inminente, debe comprobarse previamente la disponibilidad de especies adecuadas en los viveros que van a suministrar el material.

Excesiva linealidad. Los setos naturales tienden a presentar formas curvas, adaptándose a las pequeñas variaciones topográficas. Por el contrario, los setos procedentes de plantación suelen tener formas muy lineales. Para dotar de mayor naturalidad al seto se recomienda diseñarlo con formas que se adapten a la topografía del terreno. En la disposición de las plantas en el seto debe evitarse la linealidad, desplazando cada plantón hacia dentro o hacia fuera de la posición que le correspondería si siguieran una línea recta.

Setos mono-específicos o unifuncionales. Muy raramente un seto natural va a estar compuesto por una sola especie o por un solo tipo biológico (árboles, arbustos). Un seto con diferentes especies y tipos biológicos (grupos funcionales) combinados resultará más complejo y presentará mayor naturalidad. Se recomienda combinar distintas épocas de floración, fructificación y familias de plantas.

Combinación repetitiva. En la combinación de las especies deben imitarse patrones naturales o aleatorios, evitándose en cualquier caso patrones repetitivos.

Marcos de plantación demasiado pequeños. En el diseño, resulta conveniente tener prevista la talla final de cada ejemplar, considerando que los plantones darán lugar, en muchos casos, a arbustos y árboles de cierto tamaño que desplazan a los plantones de menor talla. No obstante, el crecimiento intrincado de dos plantas puede dar lugar a formaciones de mayor naturalidad. En ocasiones, puede resultar interesante introducir dos plantones en el mismo punto (por ejemplo, un arbusto y un árbol, un arbusto y una liana).



Capítulo 5

Técnicas de implantación y mantenimiento

La correcta implantación supone el primer paso sobre el terreno para establecer una EVL en un paisaje agrícola. Las técnicas de ejecución van a venir determinadas tanto por el diseño de la estructura, como por los condicionantes de la finca y los recursos materiales, económicos y humanos disponibles. La ejecución, junto con los cuidados culturales de los setos, tiene por objetivo garantizar el arraigo de los plantones que se enfrentan, frecuentemente, a situaciones de estrés hídrico (particularmente en el entorno mediterráneo), competencia con hierbas nitrófilas y daños por herbívoros (conejos, principalmente).

Implantación de EVL en le GO Setos

En el marco del GO Setos se ha procedido a la plantación de unos 14.000 m lineales de EVL repartidos por los municipios de Jumilla, Águilas y Mazarrón, abarcando una amplia representación de explotaciones, tipos de cultivos y técnicas de ejecución lo que suponen un marco de referencia para la ejecución de setos en diferentes explotaciones de la Región de Murcia. Además, se ha colaborado en el diseño de barreras vegetales en el Campo de Cartagena.

Atendiendo a las tipologías de ejecución, las EVL pueden agruparse en los siguientes grupos según el factor considerado, que son básicamente tres: riego, método de plantación y ubicación respecto al nivel del suelo, tal y como se recoge en la tabla 11.



Ejecución de un seto en Castillo de Chuecos (Águilas): plantación manual con riego frecuente y a nivel del suelo. Foto: Jorge Sánchez.



Operarios de Worlmark plantando un seto sobre un lomo de tierra en Mazarrón. Foto: Jorge Sánchez.

Tabla 11. Tipología en la ejecución de setos.

Factor	Subtipos y descripción
Riego	Con riego habitual durante los primeros años, básicamente se trata de setos dotados de riego por goteo, pueden regarse bien como el cultivo en el que están integrados, o bien recibir un riego diferenciado (si cuentan con líneas independientes o con llaves para regular el aporte de agua). Otras posibilidades incluirían setos que reciben aportes de agua procedentes de riegos por inundación o aquellos que se ejecutan apoyados en la red de drenaje o de riego de sistemas tradicionales de irrigación, aunque ninguna de estas dos opciones se han contemplado en el proyecto. Disponer de riego para la ejecución del seto permite alargar el periodo de plantación incluso hasta el verano con resultados más que destacados si se mantiene la humedad del suelo durante el primer estío. Igualmente, permite un crecimiento muy importante de los plantones, ampliar los periodos de floración, etc. Por el contrario, el riego favorece también el desarrollo de la hierba que puede afectar al seto, llegando incluso a “asfixiarlo” por competencia con la luz. El aporte de riegos excesivos o el uso de aguas muy cargadas en sales pueden suponer riesgos a determinadas labiadas (tomillos y lavandas). El crecimiento acelerado como consecuencia del riego suele reducir la longevidad de determinadas especies de ciclo corto de vida como las jaras. La futura retirada del riego debe hacerse de forma paulatina para evitar efectos en el seto. Sin riego habitual, incluye tanto setos que se ejecutaron con tempero en el suelo como a aquellos que se riegan sólo en el momento de la plantación (riegos de implantación) con cuba. Otra opción adicional que se incluiría en este tipo son los setos con riegos de socorro durante el primer verano, que tienen por objeto aumentar la supervivencia. En estos casos, no existen los riesgos comentados en el apartado anterior (exceso de humedad, acortamiento de ciclo vital), pero el seto dependería principalmente de la meteorología del año y se requieren plantaciones otoño-invernales en suelos con tempero en zonas bajas, pudiendo llegar al principio de la primavera en zonas altas.

Plantación	En la plantación manual, los plantones son introducidos en el suelo por operarios con el único apoyo de herramientas (azadas principalmente) pero sin preparación previa del suelo. Esta técnica se ha empleado en el marco del proyecto en diferentes circunstancias tales como existencia previa de un relieve en la finca sobre el que se planta el seto (por ejemplo, lomo de tierra a revegetar como estructura con control de la erosión), establecimiento de setos discontinuos al final de las líneas de plantación o setos ejecutados sobre zonas laboreadas como cultivos. En este tipo de plantaciones se requiere un esfuerzo importante de mano de obra y sólo resulta viable sobre suelos fácilmente deleznable, pero resulta adaptable a diferentes situaciones muy diversas. En la plantación mecanizada se cuenta siempre con el auxilio de maquinaria principalmente para la preparación del suelo y más raramente para la plantación. En el caso del GO, se emplearon para setos lineales principalmente tractores con apero que realizaban un laboreo profundo del suelo dejando un surco para posteriormente realizar la plantación con operarios sobre el terreno previamente removido. El surco puede realizarse tanto de manera perpendicular a la línea de máxima pendiente como siguiendo la pendiente del terreno, siendo preferida la primera opción al interceptar las escorrentías. En el caso de que el surco se realice siguiendo la pendiente conviene ejecutar periódicas obstrucciones en el surco con rocas y tierra para favorecer la infiltración del agua y evitar que el agua circule por el mismo generando problemas de erosión. En determinadas situaciones como cuando los plantones no se disponen de forma lineal sino aleatoria o al tresbolillo, los marcos de plantación son amplios y/o el terreno cuenta con pendientes relevantes se realizaron hoyos con la intervención de una retroexcavadora de pequeñas dimensiones.
Ubicación respecto al nivel de suelo	A nivel del suelo, en plantaciones manuales cuando no existe ni relieve, ni surco o alcorque. En estos casos, habitualmente se trata de plantaciones con riego frecuente, ya que los plantones no capturan escorrentías. Elevadas sobre el nivel de suelo, se encuentran tanto aquellas EVL que se ejecutan, generalmente por medios manuales sobre relieves pre-existentes de las fincas (lomos de tierra), como aquellas plantaciones sobre caballones ejecutados específicamente para implantar el seto aprovechando maquinaria agrícola estándar de determinados cultivos. Evidentemente, en esta situación los plantones se encuentran en una situación desfavorable desde el punto de vista del acceso al agua del suelo, por lo que estas plantaciones se realizan bajo condiciones de riego frecuente. No obstante, presentan una ventaja en cuanto a su eficacia como herramienta de control de escorrentías y de erosión, al interceptar los flujos de agua. Por debajo del nivel del suelo sería la opción más habitual de ejecución. Esta preferencia se debe a que permite a la EVL recién ejecutada capturar escorrentías, iniciando antes la captura de flujos de sedimentos y agua, aumentando la infiltración y, por tanto, el agua disponible para los plantones. Además, reduce en buena medida la competencia con la hierba al retirar la capa superficial de suelo donde suele concentrarse el banco de semillas y, según la experiencia de los agricultores, reduce los daños por conejo y liebre. Todo lo anterior se traduce en una mayor supervivencia y crecimiento de los plantones. Esta técnica resulta obligada en situaciones sin riego por las razones anteriormente comentadas.

ERRORES Y LIMITACIONES FRECUENTES EN LA EJECUCIÓN DE SETOS Y CÓMO EVITARLOS

Empleo de variedades y plantas ornamentales.

En la ejecución de setos resulta habitual el empleo de variedades cultivadas de especies silvestres o de plantas ornamentales ajenas al paisaje, en algunos casos incluso se llegan a emplear especies exóticas invasoras. Este tipo de intervenciones da lugar a EVL con un aspecto artificial (ajardinado). Para evitar esta situación el material vegetal debe adquirirse en viveros comerciales especializados en planta forestal y autóctona.

Utilización de material vegetal de menor calidad.

Resulta muy habitual emplear plántones de menor calidad o de campañas anteriores para la ejecución de EVL, puesto que las condiciones de partida resultan más favorables y supone una salida digna a saldos y plantas pasadas. Esto resulta asumible en situaciones dotadas de riego frecuente, pero en situaciones sin riego deben emplearse plántones de calidad.

Acopio inadecuado de los plántones en la finca. Desde el envío procedente del vivero hasta la plantación en la parcela, la planta se enfrenta a situaciones de déficit hídrico, ya que los plántones cultivados sobre turba en alvéolo forestal requieren de riegos frecuentes y profundos. Sin embargo, resulta muy habitual que se les riegue sin comprobar el estado de hidratación del cepellón, lo que puede dar lugar a daños en los plántones. Para ello se recomienda minimizar el tiempo de permanencia en la finca.

Mezcla incorrecta de especies no siguiendo el diseño previo. Este problema surge debido a que, en ocasiones, los operarios trabajan siguiendo el patrón de plantaciones agrícolas empleando bandejas completas de una especie para posteriormente saltar a la siguiente. Para evitar esta situación de difícil corrección posterior resulta necesario que el capataz o encargado vele porque la ejecución siga el diseño, depositando previamente los plántones en la ubicación exacta solo unos minutos antes (las raíces expuestas al aire durante un periodo de tiempo medio pueden dañarse con facilidad especialmente en situaciones de sol intenso o viento).

Plantación insuficientemente profunda. En ocasiones, los plántones no quedan adecuadamente enterrados, quedando la parte superficial del cepellón por encima del nivel del suelo, incluso sin enterrar o simplemente con un poco de tierra que antes o después queda al descubierto.



Plantones desprotegidos frente a los herbívoros y ganado. En el día de la plantación deben tomarse medidas para proteger los plantones de los herbívoros (conejos) o del ganado, en su caso. Protectores o cierres con malla de gallinero son las opciones preferidas, pero debe tenerse en cuenta que deben quedar instalados en el momento de la plantación y comprobarse que no existen daños a las plantas en las primeras semanas. En el caso de la presencia de caracoles en la parcela conviene comprobar que no afectan a los plantones.

Obviar el control de las hierbas arvenses. En la mayor parte de los casos deberán realizarse tareas de control de hierba que pueden suponer unos costes bastante elevados en términos de personal o de materiales. Antes de la ejecución del seto debe tenerse presente qué técnicas van a emplearse (ver apartado Mantenimiento de las EVL).

Ejemplos de EVL realizadas en el contexto del GO Setos

A continuación se presentan una serie de imágenes con los resultados de algunos de los setos ejecutados en el marco del proyecto. A pesar del limitado periodo de ejecución del GO Setos, se han obtenido en muchos casos resultados muy favorables, especialmente cuando se ha dispuesto de riego frecuente, lo que permite ser optimistas respecto a la funcionalidad futura de las intervenciones, en términos de enemigos naturales, conservación de polinizadores, sostenimiento de biodiversidad y control de erosión y escorrentías.



Antes y después de ejecución de un seto en Worlmark (Mazarrón): plantación en surco con riego frecuente y malla antihierba. Foto: IMIDA y Sacha Dauriac.



Setos a ambos lados del camino en explotación de Worlmark (Mazarrón). En el margen derecho y pegado al talud, arbolillos y grandes arbustos destinados a favorecer la biodiversidad. En el margen izquierdo, plantas con flores atractivas para albergar fauna útil y polinizadores. Foto: Jorge Sánchez.



Seto ejecutado al borde de un camino en Casa Pareja (Jumilla). Foto: Jorge Sánchez.



Seto antiderivas perimetral a la explotación Casa Pareja (Jumilla). Se aprecian madroños, almeces, rosales silvestres y otros arbustos de gran porte. Foto: Jorge Sánchez.



Seto antiderivas perimetral en perales biodinámicos de García Vargas (Jumilla). Se emplearon árboles y arbustos con un estrecho marco de plantación. Foto: Jorge Sánchez.



Plantación de talud de embalse de riego sobre hoyos abiertos con retroexcavadora en la explotación García Vargas (Jumilla). Foto Sacha Dauriac.



Cuando no existe espacio suficiente para establecer un seto continuo, se puede diversificar el cultivo introduciendo dos arbustos al final de cada línea de árboles. En este caso, se observa un ejemplar de *Vitex agnus-castus* floreciendo en pleno verano, un año después de su plantación. Explotación García Vargas (Jumilla).



Seto ejecutado por ArcoSur (Cartagena) con diseño elaborado por el GO Setos. Se aprecia la diversidad de especies y de tipos biológicos que configuran el seto. Foto: Jorge Sánchez.



Lavandula dentata en seto de Castillo de Chuecos (Águilas). Esta especie presenta un dilatado periodo de floración, por lo que ha sido empleada masivamente en el contexto del proyecto. Foto: Antonio García.

Mantenimiento de las EVL

El mantenimiento de las EVL incluye tareas tales como el control de la hierba, el riego, la poda, la reposición de marras y la retirada de protectores, entre otras.

Respecto al control de la hierba, conviene tener prevista la técnica que se va a emplear, especialmente si se trata de actuaciones con riego frecuente, donde el desarrollo de la hierba suele ser importante. En el marco del GO Setos, el mantenimiento fue desarrollado por los propios agricultores y cada uno aplicó técnicas que consideró más adecuadas para su explotación. Algunos agricultores optaron por el uso de mantas anti-hierbas de forma que minimizaban las intervenciones. Sin embargo, la retirada manual de hierba (que requiere grandes cantidades de mano de obra) fue la opción preferida. En este último caso, debe formarse previamente a los operarios, ya que la diversidad de especies en los setos hace que en ocasiones sea difícil reconocer la especie objetivo que pueden ser arrancadas por error, sobre todo en las primeras fases de desarrollo.

El aporte de agua mediante riego va a depender de la tipología de seto que hayamos implantado. En el caso de riegos frecuentes es necesario vigilar para evitar problemas de exceso de riego, especialmente durante el invierno y cuando la línea está conectada al cultivo. En el caso de riegos puntuales estos deben realizarse cada 15-20 días durante el periodo desfavorable (mayo-septiembre). La retirada del riego, como se comentaba anteriormente, debe realizarse de forma paulatina y nunca en verano.

En líneas generales, no resulta necesaria la poda de los arbustos que configuran las EVL salvo que esa intervención tenga un objetivo relacionado con la explotación. Evitan-



Malla antihierbas y protección contra herbívoros en un seto establecido en Worlmark (Mazarrón). Foto: Jorge Sánchez.



Seto tres años después de su plantación. La implantación se realizó previamente al GO Setos en el ámbito de la CR Arco Sur dentro del Parque Regional de Calblanque. Foto: Pedro García.

do la poda creamos setos con una mayor naturalidad, pero en el caso de actuaciones con riego frecuente puede ser necesario reducir los setos para permitir el paso de la maquinaria o el trasiego de personas, así como para evitar la competencia con el cultivo. Se ha descrito que las podas de los setos tienen efectos en la diversidad biológica que soportan los setos, ya que afectan a la floración y a la fructificación. Por esta razón, se recomienda que en caso de ser necesarias estas no sean ni intensas, ni frecuentes. En setos anti-derivas o cortavientos puede ser necesario podar para aumentar la densidad de los arbustos. En esos casos, el auxilio de una cortasetos puede resultar útil.

En los setos donde resulta importante la densidad de plantación habitualmente se realizan reposiciones de marras para mantener el marco de plantación inicial. Sin embargo, si el porcentaje de plantas arraigadas es elevado puede ser interesante no realizar la reposición de marras, ya que esos huecos contribuyen a incrementar la naturalidad del seto (al variar de forma aleatoria el marco de plantación) y acabarán muy probablemente cubiertos por el desarrollo de otras plantas del seto (especialmente si este incluye árboles o arbustos de gran tamaño).

Una vez que el seto ha alcanzado cierto desarrollo conviene retirar los protectores, pues dependiendo de la especie pueden llegar a enredarse con las ramas de las plantas haciendo difícil sino imposible su retirada. Este hecho resulta especialmente problemático en especies de escaso porte con hojas y ramas pequeñas y también con arbustos espinosos. El momento de retirada de los protectores debe decidirse con cautela, especialmente si el arbusto presenta un tronco muy accesible a los conejos.

Referencias

- Altieri, M.A. & Letourneau, D.K. (1982). Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Prot.*, 1, 405–430.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I., Henao, A. & Lana, M.A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agron. Sustain. Dev.*, 35, 869–890.
- Andow, D.A. (1991). Vegetational Diversity and Arthropod Population Response. *Annu. Rev. Entomol.*, 36, 561–586.
- Arnaiz-Schmitz, C., Herrero-Jáuregui, C. & Schmitz, M.F. (2018). Losing a heritage hedgerow landscape. Biocultural diversity conservation in a changing social-ecological Mediterranean system. *Sci. Total Environ.*, 637–638, 374–384.
- Arroita, M., Causapé, J., Comín, F.A., Díez, J., Jimenez, J.J., Lacarta, J., *et al.* (2013). Irrigation agriculture affects organic matter decomposition in semi-arid terrestrial and aquatic ecosystems. *J. Hazard. Mater.*, 263, 139–145.
- Ashman, T.-L., Knight, T.M., Steets, J.A., Amarasekare, P., Burd, M., Campbell, D.R., *et al.* (2004). POLLEN LIMITATION OF PLANT REPRODUCTION: ECOLOGICAL AND EVOLUTIONARY CAUSES AND CONSEQUENCES. *Ecology*, 85, 2408–2421.
- De Baets, S., Poesen, J., Knapen, A., Barberá, G.G. & Navarro, J.A. (2007). Root characteristics of representative Mediterranean plant species and their erosion-reducing potential during concentrated runoff. *Plant Soil*, 294.
- De Baets, S., Poesen, J., Reubens, B., Muys, B., De Baerdemaeker, J. & Meersmans, J. (2009). Methodological framework to select plant species for controlling rill and gully erosion: application to a Mediterranean ecosystem. *Earth Surf. Process. Landforms*, 34, 1374–1392.
- Barberá, G.G., López-Bermúdez, F. & Romero Díaz, A. (1997). Cambios de usos del suelo y desertificación en el Mediterráneo: El caso del Sureste Ibérico. In: *Acción Humana y Desertificación en ambientes Mediterráneos* (eds. García Ruiz, J.M. & López García, P.). Instituto Pirenaico de Ecología, Zaragoza, pp. 9–37.
- Baudry, J., Bunce, R.G. & Burel, F. (2000). Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *J. Environ. Manage.*, 60, 7–22.
- Bellin, N., van Wesemael, B., Meerkerk, A., Vanacker, V. & Barbera, G.G. (2009a). Abandonment of soil and water conservation structures in Mediterranean ecosystems. A case study from south east Spain. *Catena*, 76.
- Bellin, N., van Wesemael, B., Meerkerk, A., Vanacker, V. & Barbera, G.G. (2009b). Abandonment of soil and water conservation structures in Mediterranean ecosystems. A case study from south east Spain. *Catena*, 76, 114–121.
- Benítez, E., Moreno, B., Paredes, D., González, M., Campos, M. & Rodríguez, E. (2019). Ecological Infrastructures among greenhouses: revegetation and soil quality. *Ecosistemas*, 28, 54–62.

- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H. & Tscharntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 273, 1715–1727.
- Blanco-Canqui, H., Gantzer, C.J., Anderson, S.H. & Alberts, E.E. (2004). Grass Barriers for Reduced Concentrated Flow Induced Soil and Nutrient Loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 68, 1963–1972.
- Boughey, K.L., Lake, I.R., Haysom, K.A. & Dolman, P.M. (2011). Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features by bats. *Biol. Conserv.*, 144, 1790–1798.
- Buisson, E., Dutoit, T., Torre, F., Römermann, C. & Poschlod, P. (2006). The implications of seed rain and seed bank patterns for plant succession at the edges of abandoned fields in Mediterranean landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 115, 6–14.
- Burel, F. & Baudry, J. (2002). *Ecología del Paisaje. Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. Mundi-Prensa, Madrid.
- Castro-Caro, J.C., Barrio, I.C. & Tortosa, F.S. (2015). Effects of Hedges and Herbaceous Cover on Passerine Communities in Mediterranean Olive Groves. *Acta Ornithol.*, 50, 180–192.
- Corbet, S.A., Bee, J., Dasmahapatra, K., Gale, S., Gorringer, E., La Ferla, B., *et al.* (2001). Native or Exotic? Double or Single? Evaluating Plants for Pollinator-friendly Gardens. *Ann. Bot.*, 87, 219–232.
- Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., *et al.* (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260.
- Coulthard, E., McCollin, D. & Littlemore, J. (2016). The use of hedgerows as flight paths by moths in intensive farmland landscapes. *J. Insect Conserv.*, 20, 345–350.
- Custodio, E., Cabrera, M. del C., Poncela, R., Puga, L.-O., Skupien, E. & del Villar, A. (2016). Groundwater intensive exploitation and mining in Gran Canaria and Tenerife, Canary Islands, Spain: Hydrogeological, environmental, economic and social aspects. *Sci. Total Environ.*, 557–558, 425–437.
- Dabney, S.M., Moore, M.T. & Locke, M.A. (2006). Integrated management of in-field, edge-of-field, and after-field buffers. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 42, 15–24.
- Debussche, M., Escarré, J. & Lepart, J. (1982). Ornithochory and plant succession in mediterranean abandoned orchards. *Vegetatio*, 48, 255–266.
- Deckers, B., Kerselaers, E., Gulinck, H., Muys, B. & Hermy, M. (2005). Long-term spatio-temporal dynamics of a hedgerow network landscape in Flanders, Belgium. *Environ. Conserv.*, 32, 20–29.
- Dicks, L., Ashpole, J., Dänhardt, J., James, K., Jonsson, A., Randall, N., *et al.* (2014). *Farmland Conservation. Evidence for the effects of interventions in northern and western Europe*.
- Dover, J. & Settele, J. (2009). The influences of landscape structure on butterfly distribution and movement: a review. *J. Insect Conserv.*, 13, 3–27.
- Dover, J.W. (Ed.). (2019). *The Ecology of Hedgerows and Field Margins*. Routledge, Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge, 2019.

- Earnshaw, S. (2004). Hedgerows for California agriculture: a resource guide. *Community Alliance with Fam. Farmers*, 95616, 1–18.
- Forman, R.T.T. & Baudry, J. (1984). Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environ. Manage.*, 8, 495–510.
- Froidevaux, J.S.P., Louboutin, B. & Jones, G. (2017). Does organic farming enhance biodiversity in Mediterranean vineyards? A case study with bats and arachnids. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 249, 112–122.
- Garibaldi, L.A., Carvalheiro, L.G., Vaissiere, B.E., Gemmill-Herren, B., Hipolito, J., Freitas, B.M., et al. (2016). Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science (80-.)*, 351, 388–391.
- Garratt, M.P.D., Senapathi, D., Coston, D.J., Mortimer, S.R. & Potts, S.G. (2017). The benefits of hedgerows for pollinators and natural enemies depends on hedge quality and landscape context. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 247, 363–370.
- Van Geert, A., Van Rossum, F. & Triest, L. (2010). Do linear landscape elements in farmland act as biological corridors for pollen dispersal? *J. Ecol.*, 98, 178–187.
- Ghazavi, G., Thomas, Z., Hamon, Y., Marie, J.C., Corson, M. & Merot, P. (2008). Hedgerow impacts on soil-water transfer due to rainfall interception and root-water uptake. *Hydrol. Process.*, 22, 4723–4735.
- Goiti, U., Aihartza, J.R., Garin, I. & Zabala, J. (2003). Influence of Habitat on the Foraging Behaviour of the Mediterranean Horseshoe Bat, *Rhinolophus euryale*. *Acta Chiropterologica*, 5, 75–84.
- González-Varo, J.P. (2010). Fragmentation, habitat composition and the dispersal/predation balance in interactions between the Mediterranean myrtle and avian frugivores. *Ecography (Cop.)*, 33, 185–197.
- Grixti, J.C., Wong, L.T., Cameron, S.A. & Favret, C. (2009). Decline of bumble bees (*Bombus*) in the North American Midwest. *Biol. Conserv.*, 142, 75–84.
- Groot, J.C.J., Jellema, A. & Rossing, W.A.H. (2010). Designing a hedgerow network in a multifunctional agricultural landscape: Balancing trade-offs among ecological quality, landscape character and implementation costs. *Eur. J. Agron.*, 32, 112–119.
- Guerrero, I., Martínez, P., Morales, M.B. & Oñate, J.J. (2010). Influence of agricultural factors on weed, carabid and bird richness in a Mediterranean cereal cropping system. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 138, 103–108.
- Gutiérrez González, P., Suárez-Alonso, M.L. & Gutiérrez-Abarca, M.R. (2016). Analizando los servicios ecosistémicos desde la historia socio-ecológicaEl caso de la Huerta de Murcia. *Cuad. Geográficos la Univ. Granada*, 55, 198–220.
- Heath, S.K., Soykan, C.U., Velas, K.L., Kelsey, R. & Kross, S.M. (2017). A bustle in the hedgerow: Woody field margins boost on farm avian diversity and abundance in an intensive agricultural landscape. *Biol. Conserv.*, 212, 153–161.
- Heim, O., Treitler, J.T., Tschapka, M., Knörnschild, M. & Jung, K. (2015). The Importance of Landscape Elements for Bat Activity and Species Richness in Agricultural Areas. *PLoS One*, 10, e0134443.

- Heinrich, M., Nebel, S., Leonti, M., Rivera, D. & Obón, C. (2006). Local Food-Nutraceuticals': Bridging the Gap between Local Knowledge and Global Needs. In: *Local Mediterranean Food Plants and Nutraceuticals*. KARGER, Basel, pp. 1–17.
- Herrera, C.M. (1995). Dispersal systems in the Mediterranean: Ecological, Evolutionary, and Historical Determinants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 26, 705–727.
- Hinsley, S. & Bellamy, P. (2000). The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: A review. *J. Environ. Manage.*, 60, 33–49.
- Hinsley, S.A. & Bellamy, P.E. (2019). Birds of hedgerows and other field boundaries. In: *The Ecology of Hedgerows and Field Margins* (ed. Dover, J.W.). Routledge, Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge, 2019., pp. 210–232.
- Holden, J., Grayson, R.P., Berdeni, D., Bird, S., Chapman, P.J., Edmondson, J.L., *et al.* (2019). The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 273, 1–12.
- Holland, J.M., Oaten, H., Moreby, S., Birkett, T., Simper, J., Southway, S., *et al.* (2012). Agri-environment scheme enhancing ecosystem services: A demonstration of improved biological control in cereal crops. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 155, 147–152.
- Hooper, M.D. (1970). Hedges and history. *New Sci.*, 31, 589–600.
- Jellinek, S., Parris, K.M., McCarthy, M.A., Wintle, B.A. & Driscoll, D.A. (2014). Reptiles in restored agricultural landscapes: the value of linear strips, patches and habitat condition. *Anim. Conserv.*, 17, 544–554.
- Kearns, C.A., Inouye, D.W. & Waser, N.M. (1998). Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 29, 83–112.
- Kennedy, C.M., Lonsdorf, E., Neel, M.C., Williams, N.M., Ricketts, T.H., Winfree, R., *et al.* (2013). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecol. Lett.*, 16, 584–599.
- Kenworthy Teather, E. (1970). The Hedgerow: An Analysis of a Changing Landscape Feature. *Geography*, 55, 146–155.
- Kevan, P.G. & Phillips, T.P. (2001). The economic impacts of pollinator declines: An approach to assessing the consequences. *Ecol. Soc.*, 5.
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., *et al.* (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 274, 303–313.
- Knop, E., Kleijn, D., Herzog, F. & Schmid, B. (2005). Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *J. Appl. Ecol.*, 43, 120–127.
- Kuyah, S., Öborn, I. & Jonsson, M. (2017). Regulating Ecosystem Services Delivered in Agroforestry Systems. In: *Agroforestry*. Springer Singapore, Singapore, pp. 797–815.
- Lecq, S., Loisel, A., Brischoux, F., Mullin, S.J. & Bonnet, X. (2017). Importance of ground refuges for the biodiversity in agricultural hedgerows. *Ecol. Indic.*, 72, 615–626.

- Lin, B.B. (2011). Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *Bioscience*, 61, 183–193.
- Long, R.F. & Anderson, J.H. (2010). Establishing Hedgerows on Farms in California. *Establ. Hedgerows Farms Calif.*
- López-Rodríguez, M.D., Salinas-Bonillo, M.J., Torres, M.T., Pacheco-Romero, M., Guirado, E., Castro Nogueira, H., *et al.* (2020). Launching collective science-policy-society strategies to conserve the *Ziziphus lotus* habitat (Priority Habitat 5220). *Ecosistemas*, 29.
- Lotfi, A., Javelle, A., Baudry, J. & Burel, F. (2010). Interdisciplinary Analysis of Hedgerow Network Landscapes' Sustainability. *Landsc. Res.*, 35, 415–426.
- Lütz, M. & Bastian, O. (2002). Implementation of landscape planning and nature conservation in the agricultural landscape—a case study from Saxony. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 92, 159–170.
- MacInnis, G., Buddle, C.M. & Forrest, J.R.K. (2020). Small wild bee abundance declines with distance into strawberry crops regardless of field margin habitat. *Basic Appl. Ecol.*, 44, 14–23.
- Martínez-Sastre, R., Miñarro, M. & García, D. (2020). Animal biodiversity in cider apple orchards: Simultaneous environmental drivers and effects on insectivory and pollination. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 295, 106918.
- McCollin, D. (2000). Editorial: Hedgerow policy and protection—changing paradigms and the conservation ethic. *J. Environ. Manage.*, 60, 3–6.
- Méndez, M., García, D., Maestre, F.T. & Escudero, A. (2008). More Ecology is Needed to Restore Mediterranean Ecosystems: A Reply to Valladares and Gianoli. *Restor. Ecol.*, 16, 210–216.
- Menz, M.H.M., Phillips, R.D., Winfree, R., Kremen, C., Aizen, M.A., Johnson, S.D., *et al.* (2011). Reconnecting plants and pollinators: challenges in the restoration of pollination mutualisms. *Trends Plant Sci.*, 16, 4–12.
- Meyer, B.C., Wolf, T. & Grabaum, R. (2012). A multifunctional assessment method for compromise optimisation of linear landscape elements. *Ecol. Indic.*, 22, 53–63.
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC.
- Montgomery, I., Caruso, T. & Reid, N. (2020). Hedgerows as Ecosystems: Service Delivery, Management, and Restoration. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 51, annurev-ecolsys-012120-100346.
- Morandin, L.A., Long, R.F. & Kremen, C. (2014). Hedgerows enhance beneficial insects on adjacent tomato fields in an intensive agricultural landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 189, 164–170.
- Morandin, L.A., Long, R.F. & Kremen, C. (2016). Pest Control and Pollination Cost–Benefit Analysis of Hedgerow Restoration in a Simplified Agricultural Landscape. *J. Econ. Entomol.*, 109, 1020–1027.
- Morris, A.J. & Gilroy, J.J. (2008). Close to the edge: predation risks for two declining farmland passerines. *Ibis (Lond. 1859)*, 150, 168–177.
- Müller, G. (2013). *Europe's field boundaries*. Neuer Kunstverlag, Waiblingen.

- Naranjo, S.E., Ellsworth, P.C. & Frisvold, G.B. (2015). Economic value of biological control in integrated pest management of managed plant systems. *Annu. Rev. Entomol.*, 60, 621–645.
- Nieto-Romero, M., Oteros-Rozas, E., González, J.A. & Martín-López, B. (2014). Exploring the knowledge landscape of ecosystem services assessments in Mediterranean agroecosystems: Insights for future research. *Environ. Sci. Policy*, 37, 121–133.
- Nieto, A., Roberts, S.P.M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., García Criado, M., et al. (2014). European Red List of Bees. *IUCN Glob. Species Program*.
- Nikolaidis, N.P., Demetropoulou, L., Froebrich, J., Jacobs, C., Gallart, F., Prat, N., et al. (2013). Towards sustainable management of Mediterranean river basins: Policy recommendations on management aspects of temporary streams. *Water Policy*, 15.
- Pei, H., Scanlon, B.R., Shen, Y., Reedy, R.C., Long, D. & Liu, C. (2015). Impacts of varying agricultural intensification on crop yield and groundwater resources: comparison of the North China Plain and US High Plains. *Environ. Res. Lett.*, 10, 044013.
- Pereira, P., Alves da Silva, A., Alves, J., Matos, M. & Fonseca, C. (2012). Coexistence of carnivores in a heterogeneous landscape: habitat selection and ecological niches. *Ecol. Res.*, 27, 745–753.
- Poch-Massegú, R., Jiménez-Martínez, J., Wallis, K.J., Ramírez de Cartagena, F. & Candela, L. (2014). Irrigation return flow and nitrate leaching under different crops and irrigation methods in Western Mediterranean weather conditions. *Agric. Water Manag.*, 134, 1–13.
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. & Kunin, W.E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.*, 25, 345–353.
- Raya, A.M., Zuazo, V.H.D. & Martínez, J.R.F. (2006). Soil erosion and runoff response to plant-cover strips on semiarid slopes (SE Spain). *L. Degrad. Dev.*, 17, 1–11.
- Requier, F. & Leonhardt, S.D. (2020). Beyond flowers: including non-floral resources in bee conservation schemes. *J. Insect Conserv.*, 24, 5–16.
- Rey-Benayas, J.M., Gómez Crespo, J.I. & Mesa Fraile, A.V. (2016). Guía para la plantación de setos e islotes forestales en campos agrícolas mediterráneos. *Fire, Fund. Int. para la Restauración Ecosistemas*.
- Rey Benayas, J.M., Meltzer, J., de las Heras-Bravo, D. & Cayuela, L. (2017). Potential of pest regulation by insectivorous birds in Mediterranean woody crops. *PLoS One*, 12, e0180702.
- Rey, P.J. (1995). Spatio-Temporal Variation in Fruit and Frugivorous Bird Abundance in Olive Orchards. *Ecology*, 76, 1625–1635.
- Rey, P.J. (2011). Preserving frugivorous birds in agro-ecosystems: lessons from Spanish olive orchards. *J. Appl. Ecol.*, 48, 228–237.
- Risser, P.G., Karr, J.R. & Forman, R.T.T. (1983). *Landscape Ecology. Directions and Approaches*. Illinois Natural History Survey, Champaign, Illinois.
- Rivera, D., Obon, C., Inocencio, C., Heinrich, M., Verde, A., Fajardo, J., et al. (2005). The ethnobotanical study of local Mediterranean food plants as medicinal resources in Southern Spain. *J. Physiol. Pharmacol. Suppl.*, 56, 97–114.

- Rivera, D., Verde, A., Fajardo, J., Obón, C., Inocencio, C. & Valdés, A. (2007). Modelos etnobiológicos como alternativa al control de las malas hierbas en agricultura biológica: los criptocultivos. In: *La Malherbología en los nuevos sistemas de producción agraria* (eds. Mansilla, J., Artigao, A. & Monreal, J.A.). Albacete, pp. 149–154.
- Rodríguez, E., van der Blom, J., González, M., Sánchez, E., Janssen, D., Ruiz, L., *et al.* (2014). Plant viruses and native vegetation in Mediterranean greenhouse areas. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, 165, 171–174.
- Rodríguez, E., González, M., Paredes, D., Campos, M. & Benítez, E. (2018). Selecting native perennial plants for ecological intensification in Mediterranean greenhouse horticulture. *Bull. Entomol. Res.*, 108, 694–704.
- Sánchez-Balibrea, J.M., López, P., García, P., Montoya, C., A.M., Carpe Ristol, F. & Martínez-Cachá, A. (2015). Recuperación ambiental de un tramo de río mediterráneo encauzado: el caso del corredor fluvial periurbano Murcia-Contraparada (Río Segura, Murcia). In: *II Congreso Ibérico de Restauración Fluvial*.
- Sánchez-Picón, A., Aznar-Sánchez, J.A. & García-Latorre, J. (2011). Economic cycles and environmental crisis in arid southeastern Spain. A historical perspective. *J. Arid Environ.*, 75, 1360–1367.
- Sánchez Balibrea, J., García Moreno, P., Martínez Pérez, J.F., López Barquero, P. & Navia-Orsorio Pascual, R. Martínez Saura, C. (2010). *Manual básico para la recuperación de la flora de interés ecológico en espacios agrícolas*. ANSE, Murcia.
- Sánchez, I.A., Lassaletta, L., McCollin, D. & Bunce, R.G.H. (2010a). The effect of hedgerow loss on microclimate in the Mediterranean region: an investigation in Central Spain. *Agrofor. Syst.*, 78, 13–25.
- Sánchez, I.A. & McCollin, D. (2015). A comparison of microclimate and environmental modification produced by hedgerows and dehesa in the Mediterranean region: A study in the Guadarrama region, Spain. *Landsc. Urban Plan.*, 143, 230–237.
- Sánchez, J., Acosta, M.A., Ortín, M.C., López, E. & Trancón, N.I. (2010b). El control biológico de *Cacopsylla pyri* (Homoptera : Psyllidae) en los cultivos de pera del Noreste de la Región de Murcia, España. *Bol. Sanid. Veg. Plagas* 36, 197–207.
- Sanchez, J., Carrasco, A., La Spina, M., Pérez-Marcos, M. & Ortiz-Sánchez, F. (2019). How Bees Respond Differently to Field Margins of Shrubby and Herbaceous Plants in Intensive Agricultural Crops of the Mediterranean Area. *Insects*, 11, 26.
- Sánchez, J., Ortín, M., López, E., La Spina, M., Carrasco, A. & Acosta, M. (2011). Estrategias para el control biológico de la psila del peral (*Cacopsylla pyri*) mediante enemigos naturales autóctonos en I Región de Murcia. *Phytoma España La Rev. Prof. Sanid. Veg.*, 50–54.
- Sanchez, J.A., Marcos, M.P., Ibáñez, H., La-Spina, M., Carrasco, A., López-Gallego, E., *et al.* (2016). Los setos de vegetación aumentan la abundancia y diversidad de los polinizadores en el entorno de los cultivos en zonas de agricultura intensiva. *Phytoma*, 53–56.
- Sanchez, J.A. & Ortín-Angulo, M.C. (2012). Abundance and population dynamics of *Cacopsylla pyri* (Hemiptera: Psyllidae) and its potential natural enemies in pear orchards in southern Spain. *Crop Prot.*, 32, 24–29.

- Schirmel, J., Thiele, J., Entling, M.H. & Buchholz, S. (2016). Trait composition and functional diversity of spiders and carabids in linear landscape elements. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 235, 318–328.
- SEO. (2015). *Programas de Seguimiento de Avifauna y Grupos de Trabajo*. 2015. Madrid.
- Simberloff, D., Farr, J.A., Cox, J. & Mehlman, D.W. (1992). Movement Corridors: Conservation Bargains or Poor Investments? *Conserv. Biol.*, 6, 493–504.
- Sokos, C.K., Mamolos, A.P., Kalburtji, K.L. & Birtsas, P.K. (2013). Farming and wildlife in Mediterranean agroecosystems. *J. Nat. Conserv.*, 21, 81–92.
- Sparks, T.H., Parish, T. & Hinsley, S.A. (1996). Breeding birds in field boundaries in an agricultural landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 60, 1–8.
- Stutter, M.I., Chardon, W.J. & Kronvang, B. (2012). Riparian Buffer Strips as a Multifunctional Management Tool in Agricultural Landscapes: Introduction. *J. Environ. Qual.*, 41, 297–303.
- Swinton, S.M., Lupi, F., Robertson, G.P. & Hamilton, S.K. (2007). Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecol. Econ.*, 64, 245–252.
- Takken, I., Beuselinck, L., Nachtergaele, J., Govers, G., Poesen, J. & Degraer, G. (1999). Spatial evaluation of a physically-based distributed erosion model (LISEM). *CATENA*, 37, 431–447.
- Thiel, B., Krzic, M., Gergel, S., Terpsma, C., Black, A., Jassal, R., *et al.* (2017). Soil CO₂, CH₄ and N₂O emissions from production fields with planted and remnant hedgerows in the Fraser River Delta of British Columbia. *Agrofor. Syst.*, 91, 1139–1156.
- Thiel, B., Smukler, S.M., Krzic, M., Gergel, S. & Terpsma, C. (2015). Using hedgerow biodiversity to enhance the carbon storage of farmland in the Fraser River delta of British Columbia. *J. Soil Water Conserv.*, 70, 247–256.
- Toffoli, R. (2016). The Importance of Linear Landscape Elements for Bats in a Farmland Area: The Influence of Height on Activity. *J. Landsc. Ecol.*, 9, 49–62.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J., Rand, T., Didham, R., Fahrig, L., Batary, P., *et al.* (2012). Tscharntke *et al.* 2012 Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses.
- Tsonkova, P., Böhm, C. & Hübner, R. (2018). *The biomass potential of existing linear woody features in the agricultural landscape*.
- Vanneste, T., Govaert, S., De Kesel, W., Van Den Berge, S., Vangansbeke, P., Meeussen, C., *et al.* (2020). Plant diversity in hedgerows and road verges across Europe. *J. Appl. Ecol.*, 57, 1244–1257.
- Wu, J. (2013). Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. *Landsc. Ecol.*, 28, 1–11.
- Zande, van de Zande, J., Michielsen, J.M.G.P., Stallinga, H., Wenneker, M. & Heijne, B. (2004). Hedgerow filtration and barrier vegetation.



Setos multifuncionales para agricultura y biodiversidad en la Región de Murcia

SOCIOS



EQUIPO REDACTOR



ISBN-13: 978-84-09-23564-3



9 788409 235643