

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
Máster Universitario Oficial de
Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo**



**MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD PARA LA MEJORA
DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**



TRABAJO FIN DE MASTER

Convocatoria – Septiembre, 2019

AUTOR: Inmaculada Hernández Ortega

DIRECTOR: Pedro Luis Guirao Moya



Máster Oficial en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo

Se autoriza a la alumna **D^a Inmaculada Hernández Ortega** a realizar el Trabajo Fin de Máster titulado: “Manejo de la biodiversidad para la mejora de los sistemas de producción agrícola” realizado bajo la dirección de **D. Pedro Luis Guirao Moya**, debiendo cumplir las directrices para la redacción del mismo que están a su disposición en la asignatura.

Orihuela, 2 de septiembre de 2019



Fdo.: Esther Sendra Nadal

Directora del Máster Universitario en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo





**MASTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE AGROECOLOGÍA,
DESARROLLO RURAL Y AGROTURISMO**

VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2018/2019

Director/es del trabajo
Pedro Luis Guirao Moya

Da su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
Manejo de la biodiversidad para la mejora de los sistemas de producción agrícola.
Alumno
Inmaculada Hernández Ortega

Orihuela, a 05 de Septiembre de 2019

Firma director trabajo



MASTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE AGROECOLOGÍA, DESARROLLO RURAL Y AGROTURISMO

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Manejo de la biodiversidad para la mejora de los sistemas de producción agrícola.

Modalidad (proyecto/experimental/bibliográfico/caso práctico): Bibliográfico.

Autor: Inmaculada Hernández Ortega

Director/es: Pedro Luis Guirao Moya

Convocatoria: Septiembre 2019

Número de referencias bibliográficas: 103

Número de tablas: 9

Número de figuras: 9

Palabras clave (5 palabras): Restauración, biodiversidad, infraestructura ecológica, manejo hábitat, biodiversidad funcional.

Resumen:

RESUMEN

Las infraestructuras ecológicas del tipo “seto vivo” constituyen un manejo de la biodiversidad mediante el uso de especies vegetales autóctonas las cuales van a proveer de recursos alimenticios a la fauna auxiliar beneficiosa siendo refugio de la misma durante todo el año. El número de plagas que afectan a los cultivos continúa aumentando y el uso de setos es una herramienta que puede colaborar en el control dichas plagas de forma ecológica y sostenible.

La revisión bibliográfica que se realiza en el presente Trabajo Fin de Máster, nos ayudará a entender cuáles han sido las especies entomológicas encontradas en estos setos, la selección de especies vegetales empleadas y las técnicas de manejo para poder realizar infraestructuras que regularán poblaciones de insectos fitófagos ayudando a la conservación y restauración de la biodiversidad para una agricultura más sostenible.

Palabras clave: restauración, biodiversidad, infraestructura ecológica, manejo hábitat, biodiversidad funcional.

TITLE

Biodiversity management for the improvement of agricultural production systems.

ABSTRACT

The ecological infrastructures of the “hedgerow” type establish a biodiversity handling through the use of indigenous plant species which will provide food resources for the beneficial auxiliary wildlife, being shelter for said wildlife throughout the year. The number of pests that affect the crops keeps rising and the use of hedges is a tool that can cooperate in the control of said pests in an ecologically friendly and sustainable way.

The bibliographic review that is performed in this final dissertation will help us understand which ones have been the entomological species found in these hedges, the selection of plant species used and the handling techniques to be able to carry out infrastructures that will regulate phytophagous insect stocks, helping the conservation and restoration of the biodiversity for a more sustainable agriculture.

Key words: restoration, biodiversity, ecological infrastructure, handling habitat, functional biodiversity.

Resumen.....	5
Índice.....	6
1. Introducción.....	8
1.1. Control biológico por conservación.....	8
1.2. Manejo del hábitat.....	10
1.3. Hábitat seminaturales en el control biológico.....	11
1.4. Infraestructuras ecológicas para la biodiversidad	13
1.5. Ecología química combinada con el manejo del hábitat	14
2. Justificación.....	16
3. Objetivos.....	17
3.1. Objetivo 1	17
3.2. Objetivo 2.....	18
3.3. Objetivo 3.....	18
4. Metodología.....	18
4.1. Análisis multicriterio	18
4.2. Muestreos de campo periódicos para la evaluación de la artropodofauna... 19	
4.3. Trabajo de laboratorio.....	22
5. Control biológico por conservación con la disponibilidad de infraestructuras vegetales dentro y fuera de la explotación agrícola	22
6. Evaluación de especies botánicas para la conformación del seto.....	24
6.1. Criterios para realizar la selección de especies.....	25
6.2. Especies para setos en cultivos hortícolas bajo invernadero.....	29
7. Enemigos naturales asociados a las especies para el control de plagas.....	33
8. Diseño de setos en función de complementariedades y sinergias de la explotación agrícola.....	36
8.1. Diseño y establecimiento de plantas en zonas de producción hortícola bajo invernadero.....	37
8.1.1. Diseño tipo invernadero de tomate.....	37
8.1.2. Diseño tipo invernadero de pimiento.....	38
8.1.3. Diseño tipo control de malezas.....	39
8.1.4. Diseño tipo zonas de umbría.....	39
8.1.5. Diseño seto tipo generalista.....	39
8.1.6. Diseño seto tipo zonas erosionadas o taludes	39
8.2. Diseño de setos según la disponibilidad de espacio.....	40
8.2.1. Seto tipo A. Tapizantes. Plantas rastrera y pequeñas arbustivas	40
8.2.2. Seto tipo B. Tapizante. Bordura subarbustivas.....	41
8.2.3. Seto tipo C. Seto arbustivo	41
8.2.4. Corredor verde o bosque-isla.....	42

8.3. Manejo del hábitat fuera del invernadero	42
9. Conclusiones.....	44
Referencias bibliográficas	46

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. HIPVs capaces de atraer a diferentes enemigos naturales	15
Tabla 2. Criterios utilizados para seleccionar las mejores plantas candidatas a conformar setos para el control biológico.....	19
Tabla 3. Listado de especies tapizantes, bulbosas y rastreras	19
Tabla 4. Listado de especies subarbusivas , leñosas y gramíneas de porte	30
Tabla 5. Listado de especies arbustivas	31
Tabla 6. Listado de especies arbustivas de porte alto y árboles autóctonos.....	32
Tabla 7. Calendario de floración	33
Tabla 8. Plantas para seto, usos y enemigos naturales favorecidos	35
Tabla 9. Cálculo de necesidades de plantas de cada grupo en función del tipo de seto	40
Figura 1. Diagrama de diseño muestral mediante observación directa.....	20
Figura 2. Diagrama de diseño muestral mediante bandas de cartón corrugado....	20
Figura 3. Diagrama de diseño muestral mediante succión con aspirador entomológico para estrato arbóreo	21
Figura 4. Muestreo en cubiertas herbáceas.....	21
Figura 5. Seto tipo A. Tapizante.....	41
Figura 6. Seto tipo B. Bordura subarbustiva	41
Figura 7. Seto tipo C. Arbustivo.....	42
Figura 8. Seto tipo D. Corredor verde o bosque-isla	42
Figura 9. Ejemplos de esquemas de plantación	43

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. CONTROL BIOLÓGICO POR CONSERVACIÓN.

DeBach define control biológico como “*el uso de organismos para suprimir la densidad de población o el impacto de un organismo plaga específico, haciéndolo menos abundante de lo que sería si no se usaran dichos organismos*”. (DeBach 1964).

Cuando hablamos de control biológico frecuentemente se utilizan vocablos como fauna auxiliar, enemigos naturales, fauna asociada o insectos beneficiosos para denominar a los diferentes actores que pueden intervenir en el control de plagas agrícolas. Podemos encontrar procesos de parasitismo o de depredación como es el caso en el que un artrópodo actúa como agente biológico de control de la plaga causada por otro artrópodo, actuando como depredadores, contra diferentes plagas agrícolas, especies pertenecientes a los órdenes *Araneae*, *Coleóptera*, *Díptera*, *Hemíptera*, *Hymenóptera*, *Neuroptera* y *Odonata*. (Paredes *et al.* 2013b).

Como bien señala Paredes *et al.*, “*los artrópodos depredadores se alimentan de todos los estados de la presa: huevos, larvas (o ninfas), pupas y adultos. Los principales grupos de parasitoides utilizados en el control biológico de plagas pertenecen a los órdenes Hymenoptera (la mayoría son avispa de las superfamilias Chalcidoidea, Ichneumonoidea y Proctotrupoidea) y Díptera (moscas, especialmente de la familia Tachinidae)*”. (2013b:56).

Para Eilenberg *et al.*, existen cuatro estrategias a la hora de aplicar el control biológico en la lucha contra las plagas agrícolas: control biológico clásico, en el que se trata de introducir un organismo exótico de control de forma permanente, control biológico por inoculación, es decir la suelta intencionada pero no permanente, control biológico por inundación, en el que solamente intervienen en el control de la plaga los organismos soltados de forma intencionada. Y finalmente el control biológico por conservación, en el que lo importante es el manejo de los parámetros medioambientales con el objeto de favorecer el establecimiento de enemigos naturales que colaboren eficazmente en el control de las plagas. (Eilenberg *et al.* 2001)

Como se observa en las estrategias anteriores, el control biológico por conservación se diferencia de las otras tres estrategias en que no se realiza ningún tipo de suelta sino de lo que se trata es de manejar diferentes parámetros medioambientales para establecer un entorno medioambiental adecuado para el cultivo (Barbosa 1998). Es decir, se trataría de crear condiciones adecuadas para el establecimiento de los enemigos naturales autóctonos que ayuden en el control de las plagas.

Como señala Paredes *et al.*, citando a Sweetman (1958) “*la conservación de enemigos naturales es, probablemente, la forma más antigua de control biológico de plagas. Ya en el año 900 DC, citricultores chinos emplazaban nidos de la hormiga tejedora *Oecophylla**

smaragdina F. en campos de cultivo de naranjos para reducir las poblaciones de insectos que se alimentaban de las hojas”. (2013b:58).

Otros autores como van den Bosch & Telford en 1964 o Rabb *et al.* en 1976 propusieron y revisaron algunas técnicas destinadas a la promoción del control biológico por conservación como la construcción de estructuras artificiales para dar refugio a los enemigos naturales, la provisión de alimentos suplementarios o el cambio de algunas prácticas agrícolas.

Pero como bien señala Paredes *et al.*, “la llegada de Miguel Ángel Altieri al panorama científico da una vuelta de tuerca al paradigma del control biológico por conservación. Altieri y sus colaboradores enfocan el problema desde una nueva óptica: la perspectiva agroecológica. Este nuevo enfoque surge como respuesta al cambio que están sufriendo las prácticas agrícolas en occidente, con una tendencia clara hacia el monocultivo, un incremento de la superficie del mismo y una pérdida de la diversidad local del hábitat, hecho que repercute de manera directa en la abundancia, diversidad y eficacia de los enemigos naturales”.(2013b:58).

Para Altieri y Nicholls “las estrategias de diversificación agroecológica tienden a incrementar la biodiversidad funcional de los agroecosistemas: una colección de organismos que juegan papeles ecológicos claves en el agroecosistema. Las tecnologías promovidas son multifuncionales en tanto su adopción implica, por lo general, cambios favorables simultáneos en varios componentes y procesos agroecológicos”. (2007:3).

En sentido contrario los sistemas agrícolas modernos se caracterizan por el monocultivo y la especialización, lo que ha llevado a una pérdida de biodiversidad en los cultivos que promueve una menor resistencia de estos frente a las plagas (Altieri y Letourneau 1982).

La agroecología es una ciencia globalizadora que define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva agronómica, ecológica y socioeconómica. Su objetivo es proporcionar la base ecológica para el manejo de los recursos a través de promover tecnologías de producción estables y de alta adaptabilidad ambiental y social (Altieri 1992).

Existe una idea preconcebida de que en el control biológico por conservación no se hace necesario realizar acciones puntuales sino que se trataría de fomentar las condiciones necesarias para que la relación entre el cultivo, las especies que causan las plagas y sus enemigos naturales se desarrollen en un entorno estable, de modo que se minimicen las fluctuaciones en las poblaciones de los diferentes agentes que hagan perder la producción (Altieri y Letourneau 1982; Gliessman 2007). Los diferentes métodos utilizados han ido evolucionando desde las primeras prácticas de control biológico por conservación hasta la actualidad, basados fundamentalmente en la combinación entre el manejo del hábitat y la ecología química (Paredes *et al.* 2013).

Una alternativa que va tomando fuerza frente al uso de plaguicidas químicos de síntesis para el control de plagas producidas por artrópodos es el control biológico por conservación, de modo que procesos ecológicos como la depredación intragremial, la redundancia funcional y la complementariedad de nichos podrían explicar el fracaso o el éxito de las prácticas de control biológico por conservación (Paredes *et al.* 2013b).

1.2. MANEJO DEL HABITAT.

“Control biológico por conservación” y “manejo de hábitat” son dos conceptos que van con frecuencia de la mano. Como indican Paredes *et al.*, “*el manejo del hábitat como un método del control biológico por conservación que se basa en la modificación del hábitat para mejorar la disponibilidad de los recursos requeridos por los enemigos naturales para que su acción contra las plagas sea óptima. Esta mejora es realizada mediante la instalación o el manejo de las infraestructuras ecológicas adecuadas, tanto en el campo de cultivo como en el paisaje en el que se encuentra inmerso, para proporcionar a los enemigos naturales alimento, presas o huéspedes alternativos, y refugio cuando las condiciones del cultivo sean adversas*”. (2013b:58). Estas infraestructuras ecológicas se encuentran tanto dentro como fuera de la finca y pueden ser setos, manchas de vegetación leñosa o herbácea, cubiertas vegetales o incluso muros de piedra (Boller *et al.* 2004).

Los diferentes estudios sobre la relación entre abundancia y diversidad de fauna auxiliar y manejo de hábitat indican que las técnicas utilizadas varían en función del cultivo, teniendo en cuenta también las diferencias entre cultivos anuales y perennes, pues el manejo varía (Paredes *et al.* 2013b).

En el caso de los cultivos anuales las variaciones que se producen de forma periódica influyen negativamente en el establecimiento de los enemigos naturales (Altieri 1991b). Por tanto, dotar a los cultivos de infraestructuras ecológicas que contribuyan a atraer a los enemigos naturales hacia el cultivo y ayudar a éstos a sobrevivir y recolonizar en el cultivo cuando las condiciones ambientales no son favorables (Thomas *et al.* 1992).

Un método empleado para atraer a la fauna auxiliar son las franjas de herbáceas con flor. Se han estudiado la relación entre especies de herbáceas, cultivos y enemigos naturales favorecidos. Por ejemplo: *Fagopyrum esculentum*, atrae parasitoides en cultivos de repollo y coccinélidos en los de soja (Lee y Heimpel 2005, Woltz *et al.* 2012), *Phacelia tanacetifolia*, que aumenta las poblaciones de sírfidos en cultivos de trigo (Hickman y Wratten 1996), *Panicum maximum*, favorece diferentes enemigos naturales en maíz (Koji *et al.* 2007).

Para Paredes *et al.*, “*los cultivos perennes son potencialmente más adecuados para llevar a cabo un control biológico por conservación, debido a que están sujetos a menor grado de perturbación que los anuales. En ellos la aproximación más frecuentemente utilizada ha sido la instalación y el manejo de una cubierta vegetal entre las calles del cultivo*”. (2013b:58).

Esta cubierta vegetal está compuesta, frecuentemente, por plantaciones lineales de especies pertenecientes a las familias *Poaceae* y *Fabaceae* (Paredes *et al.* 2013b), aunque otros autores también recomiendan dejar crecer una cubierta vegetal de forma natural y espontánea (Rieux *et al.* 1999, Silva *et al.* 2010, Paredes *et al.* 2013a).

Continuando con los cultivos perennes diversos autores han obtenido resultados controvertidos en relación a la presencia de cubiertas vegetales y el control biológico por conservación. Mientras se han observado resultados satisfactorios en cuanto al nivel de las poblaciones y la diversidad de enemigos naturales en cultivos como; peral (*Pyrus communis* L.) (Rieux *et al.* 1999, Song *et al.* 2010), nuez pacana *Carya illinoensis* (Wangenh) K.Koch, (Smith *et al.* 1996), viñas (*Vitis vinifera* L.) (Danne *et al.* 2010), cítricos (*Citrus sp.*) (Silva *et al.* 2010) y olivar (*Olea europea* L.) (Paredes *et al.* 2013a), por otro lado en estudios realizados en viñedos (Costello y Daane 1998) o en manzanos (*Malus domestica* Borkh) (Bone *et al.* 2009) no se ha observado ningún efecto positivo.

De la misma forma, la influencia de las cubiertas vegetales en la abundancia de plagas genera controversias (Simon *et al.* 2010). Por ejemplo, el uso de cubierta vegetal en melocotoneros puede reducir la abundancia de plagas (Dong *et al.* 2005, Wan *et al.* 2011) al igual que puede aumentarla (McClure *et al.* 1982, Meagher y Meyer 1990a). Asimismo, la presencia de esta infraestructura ecológica en otros cultivos perennes (manzano, pera, cítricos, olivo) no siempre consigue reducir la abundancia de las especies plaga.

Otra forma de favorecer las poblaciones de enemigos naturales, especialmente útil en cultivos herbáceos, es el uso de infraestructuras perennes alrededor del cultivo. Cómo esta vegetación es de crecimiento lento, lo habitual no es sembrarla, sino hacer uso de la diversidad paisajística que existe de forma natural en torno al campo de cultivo, en todo caso favoreciéndola.

1.3. HÁBITAT SEMINATURALES EN EL CONTROL BIOLÓGICO.

La intensificación de la agricultura comenzó a principios de 1960 bajo el nombre de “Revolución Verde” mediante un aumento de la mecanización y el empleo de insumos externos como riego, semillas mejoradas, fitosanitarios y fertilizantes, que ha derivado en el incremento de los servicios productivos (alimentos, forraje, fibras y combustible) y la conversión del paisaje agrícola en extensos monocultivos (Evenson and Gollin 2003). Sin embargo estas prácticas agrícolas han generado una serie de problemas medioambientales de carácter local, regional y global (Matson *et al.* 1997, Robinson and Sutherland 2002). Entre estos problemas se encuentra la disminución de los hábitats naturales y la biodiversidad (Altieri and Nicholls 2004), que ha conllevado la pérdida de servicios ecosistémicos de regulación y soporte como son el control natural de plagas, la polinización, la fertilidad y la estructura del suelo o el reciclaje de nutrientes (Zhang *et al.* 2007). Además, existen claras evidencias del efecto perjudicial de los plaguicidas sobre la salud humana (Mostafalou and Abdollahi 2013, Bernieri *et al.* 2019). Entre los grandes desafíos globales a los que se enfrenta la agricultura en el siglo XXI está el de

incrementar su sostenibilidad medioambiental y reducir su dependencia de los insumos externos (McIntyre *et al.* 2009). Conway (2000) asegura que será necesaria una “segunda revolución verde”, en la cual seamos más productivos que en la primera, para alimentar a una población creciente, y más “verde” en la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente. Además, los consumidores cada día demandan del sistema agroalimentario alimentos más saludables y seguros (Howard and Allen 2010, GFK Emer Ad Hoc Research 2017).

Todo ello ha llevado a que los estados miembros de la Unión Europea implementen programas medioambientales a través de la Política Agraria Común (PAC), para mantener y restaurar la biodiversidad mediante la creación o protección de hábitats seminaturales (HSNs), que se definen como “cualquier hábitat dentro o fuera del cultivo que contenga una comunidad de plantas no ligadas al cultivo” (Science for Environment Policy 2017). Además, los estados de la Unión Europea en virtud de la directiva (CE) no. 128/2009 por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas están obligados a adoptar los principios de la gestión integrada de plagas, entre los cuales está la “protección y mejora de los organismos beneficiosos importantes” entre los que se encuentran diferentes depredadores y parasitoides, de modo que los HSNs pueden contribuir a su conservación mejorando el control biológico (Holland *et al.* 2017). La mayoría de los invertebrados en las regiones agrícolas son dependientes de la presencia de HSNs (Duelli and Obrist 2003), porque les proveen de recursos esenciales como néctar, polen, presas alternativas y lugares de refugio, reproducción e hibernación (Holland *et al.* 2016). Los HSNs deben ser integrados en el paisaje de modo que sean espacial y temporalmente favorables para los enemigos naturales y prácticos de implementar por el agricultor (Landis *et al.* 2000). Además, los HSNs promueven otros servicios ecosistémicos como la polinización y la conservación del suelo (Wratten *et al.* 2012).

En el paisaje agrícola europeo existe una amplia variedad de HSNs, que difieren en las especies que lo componen, la estructura vegetal, el área, forma, edad y función, algunos ejemplos son las franjas de arbustos y/o árboles, bordes de bosques y cubiertas herbáceas (Holland *et al.* 2017). Hay evidencias que muestran como un incremento de la complejidad del paisaje, definido como la cantidad y diversidad o heterogeneidad de hábitats naturales o seminaturales adyacentes al cultivo está asociado con un aumento en la abundancia y diversidad de los enemigos naturales y el control natural de plagas (Thies and Tscharntke 1999, Östman *et al.* 2001, Bianchi *et al.* 2006, Chaplin-Kramer *et al.* 2011, Veres *et al.* 2013, Rusch *et al.* 2016, Carpio *et al.* 2019). No obstante, otros estudios muestran que una alta diversidad de enemigos naturales y paisajes complejos pueden comprometer el control biológico por conservación por el aumento de procesos ecológicos como la competencia por la presa e incluso la depredación entre competidores, la redundancia funcional y la complementariedad de nichos ecológicos (Rosenheim 1998, Martin *et al.* 2013, Paredes *et al.* 2013b). Además, la importancia de los HSNs puede variar dependiendo del tipo de cultivo, plaga, depredador, el manejo del hábitat y

la estructura del paisaje (Tschardtke *et al.* 2016). Por ello, mejorar el conocimiento de las relaciones entre los recursos disponibles y la composición de artrópodos en los diferentes tipos de HSNs, la distribución espacial y temporal de los recursos en el paisaje y las interacciones con otros factores que juegan un papel en el control de plagas, puede contribuir a optimizar el manejo de los HSNs y el control biológico por conservación (Holland *et al.* 2016).

1.4. INFRAESTRUCTURAS ECOLÓGICAS PARA LA BIODIVERSIDAD.

Es bien conocido que la biodiversidad es el motor de la dinámica de los ecosistemas “naturales”, la cubierta vegetal de un bosque o de una pradera previene la erosión del suelo, controla su régimen hídrico, mantiene la cantidad de materia orgánica, etc. Cada sistema agrícola es un reservorio particular de un grado diferente de biodiversidad. Estas diferencias dependerán (Southwood y Way, 1970):

- De la diversidad de la vegetación dentro y alrededor del agroecosistema,
- De la permanencia de determinadas secuencias de cultivos,
- De la intensidad de manejo dado al sistema agrícola,
- Del grado de aislamiento del agroecosistema respecto de los ecosistemas “naturales” circundantes.

Esta biodiversidad va a tener influencia a nivel de todos los componentes del agroecosistema, es especialmente en algunos de ellos en donde podemos apreciar la importancia del mantenimiento de la misma para lograr la “sustentabilidad” del sistema agrícola. Estos estarán relacionados preferentemente con el reciclaje de nutrientes, el control de plagas y patógenos y el control de adventicias.

El resultado de numerosas experiencias confirma que la biodiversidad puede ser utilizada como una herramienta de optimización del manejo de plagas en un agroecosistema, mediante el diseño y la construcción de “arquitecturas vegetales” específicas que mantengan poblaciones de enemigos naturales o que posean efectos disuasivos sobre determinados insectos-plaga tales como asociación de cultivos, los policultivos, el uso de sistemas agroforestales, implantación de setos, etc. Evidentemente, optimizar el control de patógenos en agroecosistemas sustentables, estaría en relación directa con la restauración de la diversidad genética dentro del agroecosistema, principalmente mediante el manejo de la vegetación, natural y cultivada, y de las técnicas agronómicas.

Una cuestión importante la influencia del contexto paisajístico en la eficacia del control biológico por conservación. Para Paredes *et al.*, “*el hecho de que el contexto paisajístico influya en la calidad del control biológico por conservación ha sido normalmente obviado*” (2013b:59), de modo que no se valoran las posibles sinergias, ya sean en un sentido u otro, entre las cubiertas naturales espontáneas y las que son plantadas presentes

en el cultivo (Altieri *et al.* 2005). No obstante otros autores si han estudiado estos efectos tanto en cultivos anuales (Woltz *et al.* 2012) como en perennes (Paredes *et al.* 2013a).

Los espacios y paisajes de ámbito rural si son sometidos a una gestión por los agricultores está demostrado que pueden perseverar la biodiversidad (Biurrun *et al.* 2014). *A priori* se puede pensar que un aumento en la diversidad de los enemigos naturales presentes en un cultivo debe de garantizar un control más efectivo de las plagas ya que alguna de las especies presentes será responsable del control (Straub *et al.* 2008). Sin embargo, esta relación entre diversidad de enemigos naturales y control biológico con éxito, en muchos casos no se cumple (Moonen y Barberi 2008, Sans 2007), de hecho, en los casos en que se cumple es un solo enemigo natural el responsable del control (Dennoth 2002). Cuando la diversidad de enemigos naturales es alta se producen efectos ecológicos, comentados anteriormente, como la depredación intragremial (Polis *et al.* 1989, Finke y Denno 2004) o la redundancia funcional (Walker 1992), que alteran la relación entre biodiversidad y control de plagas.

Una infraestructura ecológica proporciona a un agroecosistema varios servicios tales como la protección contra el viento, reducción de la erosión del suelo e incremento de poblaciones de polinizadores y fauna auxiliar como enemigos naturales (Biurum 2014).

Los setos poseen objetivos agrícolas reduciendo los vientos, derivas, reteniendo auxiliares y objetivos medioambientales ya que cumple con los requisitos de la agricultura ecológica y reduce la aplicación de fitosanitarios utilizando plantas perennes, nativas que sirvan como refugio contra las plagas alimentándose ahí ayudando para combatir a las plagas.

El uso de setos con fines agronómicos tanto de setos perennes o leñosos y setos de bandas floridas o florales aporta además un aumento de la producción agrícola, originado por una protección contra los efectos mecánicos y fisiológicos del viento; reducción de la evapotranspiración en los cultivos; disminución de los efectos erosivos; influencia sobre la temperatura; filtro verde; control biológico de plagas.

1.5. ECOLOGÍA QUÍMICA COMBINADO CON EL MANEJO DE HÁBITAT.

El control biológico por conservación se apoya en otra serie de técnicas, como aquellas derivadas de la aplicación de sustancias sintéticas precedentes del estudio de la ecología química, que tratan de entender el lenguaje que utilizan las plantas y los artrópodos para comunicarse y modificar sus comportamientos en nuestro beneficio.

Las plantas pueden emitir compuestos volátiles que son inducidas por el ataque de un herbívoro a la planta (Herbivore induced plant volatiles HIPVs), capaces de atraer o repeler a determinados artrópodos. Khan *et al.* (2008) revisaron estos compuestos y en base a los estudios de James (2005), establecieron la relación entre HIPVs y los enemigos naturales atraídos (Tabla 1). En definitiva una herramienta de mejora del control biológico.

Tabla 1. HIPVs capaces de atraer a diferentes enemigos naturales (Khan *et al.* 2008).

Especie, género, familia o grupo	HIPVs sintéticos												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
<i>Chysopa nigricornis</i>				X									
<i>Stethorus p. picipes</i>	X		X	X								X	
<i>Orius tristicolor</i>	X		X	X							X	X	
<i>Geocoris pallens</i>		X		X	X								
<i>Deraeocoris brevis</i>				X	X								
<i>Anagrus saanei</i>	X										X	X	
<i>Thaumatomyia glabra</i>						X							
<i>Hemerobius sp.</i>				X									
<i>Syrphidae</i>	X			X									
<i>Braconidae</i>	X			X	X		X	X	X				
<i>Empididae</i>					X								
<i>Sarcophagidae</i>					X			X		X	X		X
<i>Agromyzidae</i>					X								
<i>Micro-Hymenoptera</i>	X				X	X							

HIPVs producidos por plantas: A, cis-3-hexen-1-ol; B, 2-hexen-1-al; C, cis-3-acetato de hexenilo; D, salicilato de metilo; E, indol; F, antranilato de metilo; G, cis-jasmonato; H, geranio; I, nonanal; J, octilaldehído; k, benzaldehído; L, farneseno.

La combinación del manejo de hábitat junto con la ecología química están orientadas a establecer sinergias siendo hasta el momento dos tipos de estrategias las que se han utilizado: Según Simpson *et al.*, estas estrategias serían: “*attract and reward*” y “*push-pull*” (2011:584), es decir la “atracción y recompensa” y el “reclutamiento y retirada”.

Simpson *et al.* (2011), utilizando compuestos volátiles han obtenido buenos resultados en la técnica de atracción y recompensa. Sus estudios sugieren que la aplicación de HIPVs de síntesis es una técnica que permite aumentar la persistencia y la abundancia de los enemigos naturales en los cultivos.

Mediante la técnica de push-pull, se desplazan a los insectos plaga hacia un recurso atractivo distinto del cultivo, de modo que el cultivo se hace menos atractivo para la plaga (Miller y Cowles 1990). Se dispone de estímulos con efectos antagónicos: estímulos repelentes y estímulos atrayentes. Los estímulos repelentes se sitúan en el interior del cultivo, mientras que los atrayentes se colocarán en la periferia del cultivo, modificando, de este modo, la distribución, diversidad y tamaño de poblaciones tanto de insectos plaga como de la fauna auxiliar asociada.

2. JUSTIFICACIÓN.

Los paisajes agrícolas que son diversos contienen una gran cantidad de elementos naturales como manchas de vegetación natural, suelen poseer una mayor abundancia y más diversidad de enemigos naturales de las plagas lo que ayuda a mantener unos niveles poblacionales de las plagas bajo un nivel determinado. Sin embargo, los paisajes agrícolas más simplificados, muy intensificados, donde el hábitat natural está desaparecido prácticamente, las poblaciones de los enemigos naturales que nos ayudan a regular las plagas es muy bajo y poco diversas.

El desarrollo de agricultura ha supuesto la desaparición de una vegetación natural que había estado ofreciendo durante miles de años refugio y alimento a una ingente cantidad de fauna depredadora de plagas. Unas plagas que al verse libres de sus enemigos naturales están causando daños a las especies cultivadas.

Tenemos la oportunidad de revertir esta situación, restaurando parte de esa diversidad perdida a través de infraestructuras ecológicas con vegetación autóctona que nos ayude a potenciar estas poblaciones de enemigos naturales y nos ayuden a regular las poblaciones de las plagas en un futuro.

En este sentido y para dar cumplimiento a las exigencias del Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. La gestión integrada de plagas ha logrado que la seguridad alimentaria sea mucho mayor puesto que en la actualidad el porcentaje de muestras que aparecen libres de residuos y el número de materias activas detectadas se ha reducido notoriamente siendo el uso de productos fitosanitarios cada vez más racional.

En este mismo sentido los efectos del cambio climático se pueden minimizar promoviendo la biodiversidad funcional en el entorno de la agricultura intensiva y ello se consigue favoreciendo el control biológico por conservación, con esta herramienta más a los protocolos de gestión integrada de plagas que contribuyan a reducir la necesidad del uso de productos fitosanitarios.

Para el éxito del control biológico por conservación es importante tener una ayuda para el control de las plagas ya que se necesitan tener mayor número de herramientas que las necesarias en cultivos con sistemas convencionales.

El mayor valor de la biodiversidad para el control biológico se obtiene mediante la conservación de los enemigos naturales locales, que son depredadores y parásitos de plagas de insectos o patógenos de los cultivos regulando así las plagas.

No es incrementar la biodiversidad en sí misma, lo que hay que conseguir es potenciar la presencia de especies útiles, es decir, que funcionalmente den alimento (polen, néctar o presa alternativa), refugio o lugares de apareamiento, utilizando diferentes técnicas para llevar a cabo una estrategia de control biológico por conservación donde el manejo del hábitat permitirá alcanzar el objetivo general que es mejorar, proteger y aumentar la diversidad de hábitat, favorecer el tamaño de las poblaciones, la diversidad y eficacia de los enemigos naturales de las plagas proporcionándole recursos necesarios para establecimiento y permanencia en el cultivo instalando y conservando infraestructuras en parcela y a nivel paisajístico.

Las cubiertas vegetales, en agricultura, podrían ayudar a incrementar la biodiversidad local durante el tiempo que dure los cultivos, favoreciendo la conservación de los polinizadores así como de la fauna auxiliar, parásitos y depredadores de insectos.

3. OBJETIVOS.

Mediante esta revisión bibliográfica y tras una búsqueda de los diferentes estudios e investigaciones llevados a cabo, nos permitirán conocer cuáles han sido los efectos que las infraestructuras ecológicas establecidas han tenido en el control biológico, optimizando así la estrategia de control biológico de plagas por conservación y reduciendo la aplicación de productos químicos de síntesis al crear paisajes agrarios funcionales que proporcionan el servicio ecosistémico de control de plagas.

En definitiva, que nos ayuden a un manejo de esta biodiversidad mediante la presencia de setos arbóreos-arbustivos o de vegetación silvestre que genere la presencia de mayor cantidad de enemigos naturales de las plagas, que luego se desplazará hacia el cultivo cuando éste está presente.

3.1. OJETIVO 1.

Ofrecer infraestructuras ecológicas que puedan funcionar como una herramienta para aprovechar los servicios ecosistémicos. Con el análisis del desarrollo de diferentes técnicas que se han llevado a cabo para aumentar la diversidad y la abundancia de enemigos naturales en campos de cultivo pueden presentarse sinergias capaces de generar un control biológico efectivo.

3.2. OJETIVO 2.

Recoger una serie de listados de plantas óptimas con especies elegibles para los reservorios permitiendo así la creación de hábitats variados con la promoción de especies locales (u otras) de interés florístico y ambiental permitiendo a su vez la alimentación y refugio de los auxiliares silvestres e incluso el incremento de los polinizadores de forma que la diversidad de la parcela durante el tiempo de permanencia del cultivo se ve mejorada, puesto que no todas las plantas son atractivas para conservar enemigos naturales de las plagas.

3.3. OJETIVO 3.

Establecer directrices de diseño de setos que favorezcan la presencia de una mayor cantidad de familias y especies vegetales que logren atraer un mayor número de especies diferentes de depredadores así como de polinizadores, teniendo en cuenta que las necesidades de los diferentes grupos son también distintas. En definitiva y como objetivo principal se pueden diseñar setos e islas de vegetación con especies diversas, en el entorno de los invernaderos o en cultivos extensivos, o para el control de malezas o zonas erosionadas y en talud, principalmente con especies autóctonas, que actúen como barreras fitosanitarias, favoreciendo un reservorio con un mínimo manejo y contribuyendo también a la mejora del paisaje, como una operación destinada a la realización de prácticas más sostenibles en los cultivos.

Este objetivo general es el perseguido actualmente por diferentes grupos de trabajo que están actuando en este sentido (hito 2.2.4. Nuevas tecnologías para aumentar la eficiencia del control biológico de plagas en áreas de invernaderos).

4. METODOLOGÍA.

4.1. ANÁLISIS MULTICRITERIO.

La selección de especies de plantas que van a ser utilizadas en las infraestructuras ecológicas es el primer paso y consiste en seleccionar las especies. Para ello se va a utilizar una manera sencilla que ayuda a tomar decisiones complejas.

Mediante este análisis, y en base a literatura, se asigna una ponderación subjetiva para cada uno de los criterios más interesantes desde un punto de vista del control biológico (Tabla 2), donde a cada especie de planta autóctona se le asigna un valor según cumpla dichos criterios y en base a una escala de satisfacción, también subjetiva (Rodríguez *et al.* 2012).

En el análisis multicriterio se realiza evaluándose estos aspectos que vienen recogidos en la siguiente tabla 2, donde aparecen los criterios y una ponderación de los mismos según la asignación de la importancia de cada criterio.

En ellos están relacionados aspectos que han sido evaluados como periodos de floración, fuentes de néctar o polen, plantas que no sean reservorio de virus, entre otros.

Tabla 2. Criterios utilizados para seleccionar las mejores plantas candidatas a conformar setos para el control biológico (Rodríguez *et al.* 2015)

CRITERIO	PONDERACIÓN W_i
Plantas nativas, autóctonas disponibles comercialmente en viveros	
Plantas que no sean reservorio de virus	6
Fuente de néctar/polen	5
Provisión de refugio o néctar extrafloral	5
Periodo de floración	4
Arquitectura de la planta (arbusto, árbol, rastrera)	3
Estado de conservación	3
Follaje de la planta	3
Manejo	2
Caducifolio/perenne	2
Color de la flor	2

Ponderación W_i : Indica el valor de importancia asignado a cada criterio: 1= muy bajo 2=bajo 3=medio 4=medio alto 5=alto 6=muy alto.

4.2. MUESTREOS DE CAMPO PERIÓDICOS PARA EVALUACIÓN DE LA ARTROPODOFAUNA.

Consultada la bibliografía acerca de técnicas y diseños de muestreo existen técnicas diferentes para la captura de especímenes en función de su fase preimaginal (huevo, larva, prepupa-pupa) y en la fase adulta. Pueden resumirse en tres:

Observación directa: la técnica ya había sido utilizada por Campos (1989) y Alrouechdi (1980) sobre olivo, en la cual se muestreaba un total de 45-50 árboles seleccionados

aleatoriamente (con una separación mínima entre árboles de 15 metros) (Figura 1) asegurando la independencia espacial, inspeccionando la copa de los árboles hasta una altura de 160 a 170 centímetros, durante un minuto, colectando los órganos vegetativos (hojas, ramas, frutos y/o botones florales).

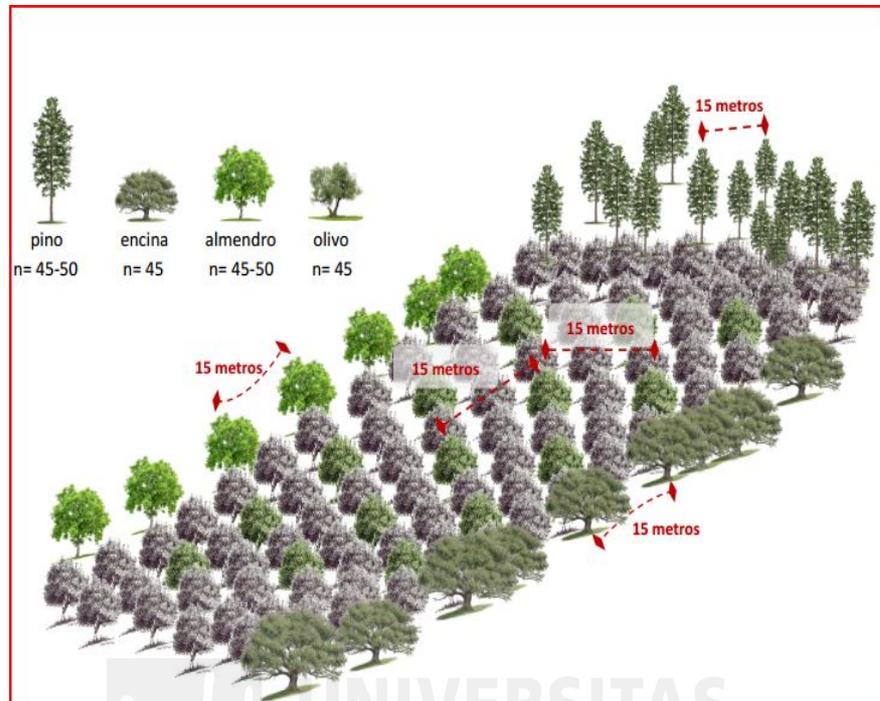


Figura 1: Diagrama de diseño muestral mediante observación directa.

Bandas de cartón: este método se utiliza para colectar las fases juveniles (larvas, prepupa-pupa) pues tendrían que refugiarse en bandas de cartón (figura 2), estos fueron utilizados por (Clancy 1946, Alrouechdi 1980, Campos 1989). Estas bandas se sitúan en ramas diferentes a 160 y 170 centímetros sobre el suelo, repartidas en los cuatro puntos cardinales (dos bandas de cartón por orientación).

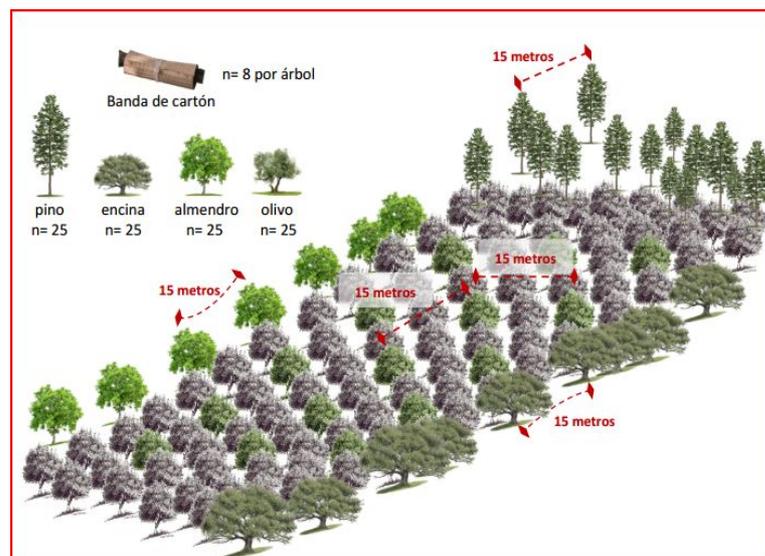


Figura 2: Diagrama de diseño muestral mediante bandas de cartón corrugado.

Succión: la captura de larvas y adultos mediante una aspiradora entomológica (Figura 3). Efectiva para coleccionar crisópidos y pequeños artrópodos (Wilson *et al.* 1993, Rodríguez *et al.* 2017, Cotes *et al.* 2018). La copa es aspirada rodeando por completo el vegetal, hasta una altura de tres metros durante dos minutos, para realizar un muestreo homogéneo. En la boca de la aspiradora hay colocado un calcetín de poliamida que actúa como malla de interceptación de la artropodofauna, una vez pasado el tiempo de succión los calcetines son etiquetados e inmediatamente guardados en una nevera con hielo para prevenir la interacción entre los artrópodos capturados.

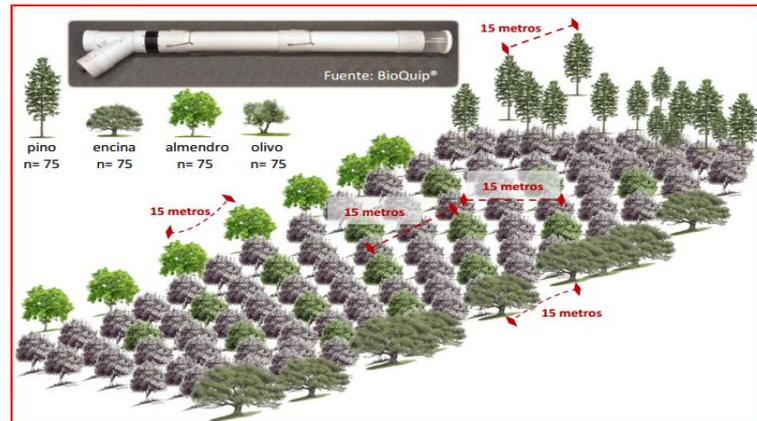


Figura 3: Diagrama del diseño muestral mediante succión con aspirador entomológico para estrato arbóreo.

Esta técnica de muestreo se utiliza también para cubiertas herbáceas sembradas con especies en parcelas de nueve metros cuadrados (3x3) separadas entre sí por 1,75 metros, en tres bloques con una separación entre bloques de cinco metros (figura 4). Cada parcela se aspira durante 40 segundos en el período de floración. En cada parcela se toman tres muestras; al principio, mitad y final de cada parcela.

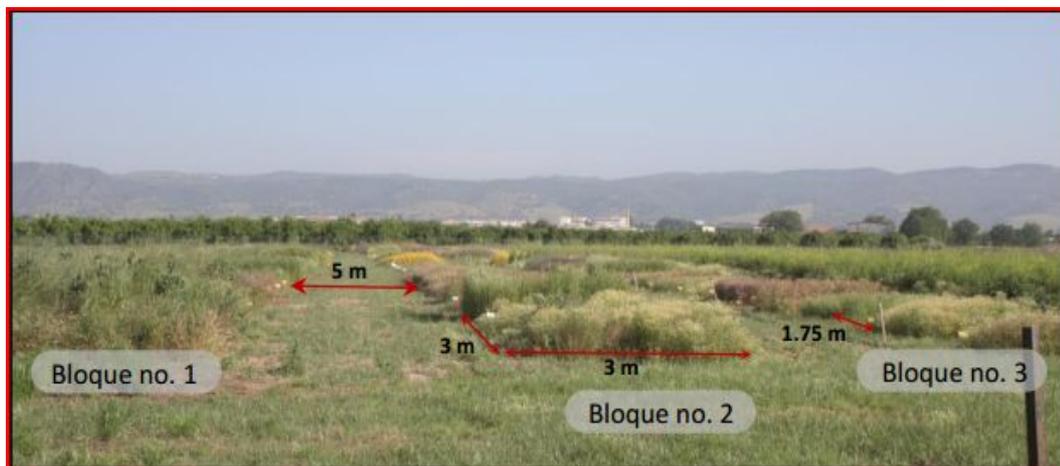


Figura 4: Muestreo en cubiertas herbáceas.

En estos muestreos se va evaluando:

- Análisis de abundancia y riqueza de especies.
- Estudios de la fenología de la floración de cada especie.
- Dinámica poblacional de plagas.

4.3. TRABAJOS DE LABORATORIO.

Observación directa: En el laboratorio las puestas son recogidas mediante la observación directa y se individualizan en placas Petri (55 mm de diámetro), etiquetadas e incubadas en cámaras (a una temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, una humedad entre 50-60% y un fotoperiodo de 16:8 (D:N) horas. Las larvas emergidas de las puestas se alimentan *ad libitum* con huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: *Pyralidae*) hasta que comiencen la pupación con el fin de que completen su ciclo biológico hasta adulto y poder ser identificadas.

Bandas de cartón: las fases juveniles (larva, prepupa y pupa) colectadas de cada banda de cartón son individualizadas en placas Petri (55mm de diámetro) etiquetadas e incubadas en cámara a una temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, una humedad entre 50-60% y un fotoperiodo de 16:8 (D:N) horas. Las larvas emergidas de las puestas se alimentan *ad libitum* con huevos *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: *Pyralidae*) hasta comenzar la fase de pupación para que puedan completar su ciclo biológico hasta adulto y poder ser identificadas taxonómicamente. Los adultos emergidos del capullo pupal se conservan a -20°C hasta su identificación.

Succión: las muestras son almacenadas a -20°C hasta que vayan a ser utilizadas, posteriormente se vacían en bandejas de poliestireno y bajo estereomicroscopio se separan cuidadosamente la artropodofauna y el material vegetal. Posteriormente se guardan individualizados, etiquetados en tubos de una centrífuga de 2 ml y conservados a -20°C hasta su identificación.

Todos los adultos obtenidos por estos métodos de muestreo se identifican taxonómicamente, bajo estereomicroscopio hasta el nivel de especie siguiendo claves por sus caracteres morfológicos que permitan su identificación.

5. CONTROL BIOLÓGICO POR CONSERVACIÓN CON DISPONIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURAS VEGETALES DENTRO Y FUERA DE LA EXPLOTACIÓN.

El control biológico natural de las plagas por parte de la comunidad de enemigos naturales que están presentes en los agroecosistemas constituye uno de los servicios ecosistémicos de mayor valor económico para la agricultura a nivel mundial. Actualmente se calcula entre el 50% y el 90% del control biológico natural en los campos de cultivo (Pimentel 2005). El éxito del control biológico por conservación está relacionado con la

disponibilidad y calidad de las infraestructuras dentro y fuera de la explotación. El establecimiento de setos, corredores verdes, islas de vegetación alrededor de invernaderos permite encontrar en la naturaleza y conservar cerca de los cultivos numerosos aliados, ya sean artrópodos, reptiles o pájaros siendo una barrera fitosanitaria y conservar y/o aumentar las poblaciones de estos insectos autóctonos es su objetivo primordial. Una biodiversidad mayor, puede asegurar la optimización de procesos ecológicos claves, y el funcionamiento de los agroecosistemas, y por lo tanto, una mejor regulación natural de las plagas (Rodríguez 2014).

Las plantas juegan un papel determinante en la conservación de los insectos auxiliares en los agroecosistemas (Heimpel y Jervis 2005).

1. La diversidad de la vegetación dentro y alrededor del cultivo.
2. La permanencia de varios cultivos dentro del agroecosistema.
3. La intensidad del manejo.
4. Grado de aislamientos del cultivo de la vegetación natural.

Se trata de la búsqueda de flora perenne, leñosa autóctona, nativa y que no sean reservorio de virus como las herbáceas, exóticas u ornamentales, acompañada de una buena restauración del paisaje para mitigar el impacto ambiental.

Pero es imprescindible tener en cuenta que el establecer una biodiversidad por sí sola no garantiza un mejor control de las especies plaga, es necesario tener en cuenta las relaciones tróficas que se establecen entre los diferentes individuos ya que las que se establecen en estos agrosistemas son muy complejas.

La selección de componentes de la biodiversidad para control biológico depende de los procesos mediante los cuales unas poblaciones ejercen presión sobre otras, provocando que cambien las abundancias poblacionales, pudiéndose dar los siguientes modelos:

1. Bottom-up control: modelo en el que el tamaño de las poblaciones se determina desde el nivel inferior hasta el superior de la cadena trófica, partiendo de abundancia en el extremo inferior de la red trófica y se van reduciendo gradualmente (hacia el extremo superior). La abundancia de productores está determinada por variables abiótica y depende de la calidad/cantidad del primer nivel trófico.
2. Top-down control: regulación denominada de control de arriba-bajo, en este modelo el tamaño de las poblaciones se determina desde la parte superior hasta la inferior de las cadenas tróficas. Es la abundancia de la población del depredador situando en la cúspide de la cadena la que determina la abundancia de toda las demás poblaciones, de forma directa sobre la población de sus presas, y de forma indirecta sobre el resto de poblaciones. Por la tanto la abundancia de la población del depredador trata de incrementar el tercer nivel de la cadena trófica. Este tipo de regulación se trata de una relación indirecta en la que la presencia de un

entomófago (parasitoide) tiene un efecto positivo sobre una planta (cultivo) a través de la reducción en la abundancia del herbívoro (plaga), aunque el entomófago y el cultivo no entren en contacto directo.

Más allá de estas relaciones tróficas directas estos también proporcionan beneficios adicionales, como la presencia de organismos benignos que colonizan los cultivos y sus hábitats de manera que los patógenos no se establezcan o evitando plantas que sean atractivas para las plagas y que, por tanto, reducen el número de plagas que afectan a los cultivos.

Recientes investigaciones están participando en proyectos de estrategias para control biológico utilizando infraestructuras ecológicas y alteración del mutualismo, dichos estudios han sido realizados contra el pulgón en cultivos protegidos hortícolas. Esta alteración del mutualismo es estudiada entre la especie *Aphis gossypii* y la hormiga *Tapinoma ibericum*. Las hormigas necesitan la melaza, azúcares de alta calidad para cuidar a sus larvas y los pulgones les viene bien esta defensa frente a los enemigos naturales. El mutualismo entre hormiga y pulgón es una interacción recíproca, beneficiosa y costosa para el pulgón ya que tienen que generar azúcares de alta calidad para mantener esta relación con la hormiga si no es así puede darse el fenómeno de depredación. Esta relación es la que se estudia en el marco del proyecto INIA “Nuevas estrategias para el control biológico en cultivos hortícolas protegidos: utilización de infraestructuras ecológicas y alteración del mutualismo” (Robles, C. 2019), alterando esta relación beneficiosa en ensayos en laboratorio e invernaderos experimentales y así valoran si la actividad de estas especies presentes en el cultivo pueden interferir con las estrategias de control de plagas.

6. EVALUACIÓN DE ESPECIES BOTÁNICAS PARA LA CONFORMACIÓN DEL SETO.

No todas las plantas son atractivas para conservar enemigos naturales para control de plagas, hay que utilizar especies considerando aspectos entomológicos (como el efecto que tienen sobre la atracción y la biología de la fauna auxiliar) y agronómicos (biodiversidad funcional) con las siguientes características:

- a) Especies adaptadas a las condiciones edafoclimáticas.
- b) De floración precoz, media y tardía.
- c) Especies con frutos comestibles.
- d) Especies productoras de polen, néctar.

Desaconsejando como integrantes mayoritarias de los setos especies que compitan con el cultivo ni con las siguientes características:

1. Especies que puedan ser huésped habitual o alternativo de insectos plaga ni de las enfermedades de éste.

2. Especies invasoras.
3. Especies delicadas o inadaptadas a las condiciones locales, buscando aquellas que den de forma natural en la zona.
4. Excluir especies con hojas que tarden mucho en descomponerse o puedan dar compuestos tóxicos para el cultivo.
5. En frutales limitar las especies que florezcan al mismo tiempo, por la competencia en la polinización.

6.1. CRITERIOS PARA REALIZA LA SELECCIÓN DE ESPECIES.

Los criterios de selección más importantes utilizados para identificar qué plantas pueden ser potenciales útiles fueron los siguientes (Rodríguez *et al.* 2014).

- 1er Criterio: Utilizar plantas autóctonas que estén disponibles comercialmente en los viveros. La viabilidad de un seto, es decir, que sea factible su supervivencia, repoblación y que su establecimiento se realice en el menor tiempo posible, es un factor clave a la hora de diseñar una barrera vegetal. El uso de plantas autóctonas asegura dicha viabilidad, ya que las plantas nativas están perfectamente adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la zona en cuestión, son menos invasoras, y presentan un manejo más fácil que las plantas alóctonas. Además, se sabe que, la vegetación autóctona asegura una mejor protección de los cultivos puesto que es menos susceptible al ataque de plagas y/o enfermedades que las plantas cultivadas u ornamentales (Bianchi *et al.*, 2013).
- 2º Criterio: Usar plantas que no sean reservorios de enfermedades víricas. Afortunadamente, existe mucha literatura disponible a este respecto, aunque la mayor parte está focalizada en plantas adventicias, plantas cultivadas y/o ornamentales, mientras que hay pocos estudios realizados sobre plantas arbustivas nativas (Ruiz *et al.*, 2003; Cano *et al.*, 2009). Por ello, se evaluó el papel de la vegetación autóctona como vector de las enfermedades causadas por los virus con mayor importancia económica en esta zona productiva. Las tasas de infección encontradas fueron en todos los casos del 0%, concluyendo que, en el poniente almeriense, la flora arbustiva autóctona puede tener un papel determinante en la gestión de plagas y enfermedades. En general, las especies espontáneas que crecen en los alrededores de los invernaderos pueden albergar plagas y actuar como fuente de inóculo de enfermedades, por lo que una buena estrategia de manejo integrado puede ser la sustitución gradual de estas especies por plantas arbustivas autóctonas que no juegan este papel (Rodríguez *et al.* 2014).
- 3er Criterio: Usar plantas que ofrecen recursos alimenticios. Un seto especialmente diseñado para atraer a los enemigos naturales de las plagas debe estar compuesto por especies vegetales que ofrezcan alimento en forma de polen y/o néctar. En este sentido, existen trabajos que evalúan qué especies autóctonas

son las de mayor potencial como plantas poliníferas y nectaríferas, como materia prima para la producción de miel (Herrera, 1988; Hidalgo y Cabezudo, 1995). En general, la bibliografía señala como familias productoras de polen (Imagen 1) a las *Cruciferae*, *Cistaceae* y *Compositaceae*, y como productoras de néctar, a las familias *Lamiaceae*, *Borraginaceae*, *Scrophularicaeae*, *Ericaeae*, y algunas *Fabaceae*. Específicamente, algunos ejemplos de plantas autóctonas seleccionadas por producir polen son el mirto (*Mirtus communis*), y oleáceas como el acebuche, (*Olea europea var. sylvestris*) y el labiérnago (*Phyllirea angustifolia*). Ejemplos de plantas autóctonas productoras de néctar (Imagen 1) incluyen a la leguminosa *Dorycnium pentaphyllum* y aromáticas como el romero (*Rosmarinus officinallis*), matagallo (*Phlomis purpurea*), tomillos y lavandas.

Finalmente, una planta puede contener mucho néctar, pero resultar poco accesible a los enemigos naturales y por lo tanto no ser útil desde el punto de vista del control biológico. Además de la producción de néctar, se debe considerar la arquitectura floral de la planta y la situación del nectario dentro de la flor (escondido, poco profundo, o expuesto). En general, las *Euphorbiaceae*, y las umbelas de las plantas de la familia *Apiaceae*, son las que poseen los nectarios más accesibles, resultando muy atractivas para la mayoría de los enemigos naturales, y específicamente, para las pequeñas avispas parásitas y moscas depredadoras. Algunos ejemplos de plantas autóctonas que se caracterizan por tener sus nectarios muy expuestos incluyen al hinojo o perejil de mar (*Crithmun maritimum*), adelfilla (*Bupleurum spp.*), lechetrezna (*Euphorbia characias*) y el cornical (*Periploca angustifolia*). Esta última especie es polinizada por dípteros braquíceros (moscas), pudiendo atraer incluso a moscas depredadoras.

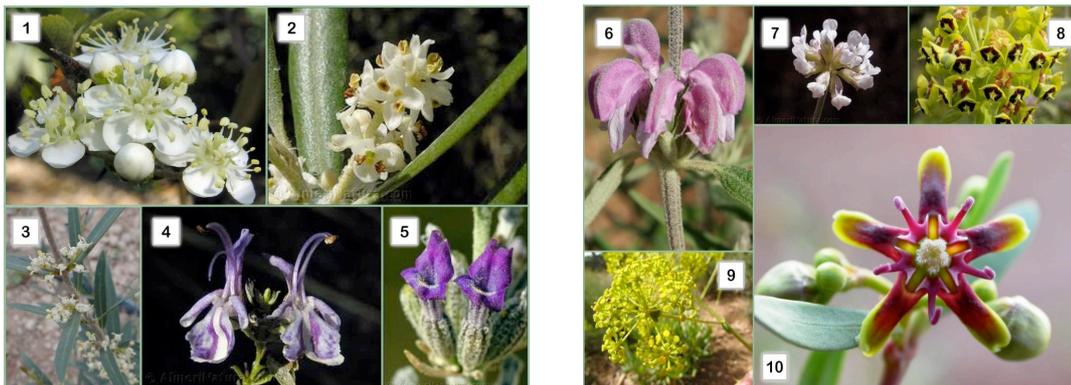


Imagen 1: Plantas productoras de polen y néctar.

(1: *Myrtus communis*, 2: *Olea europaea*, 3: *Phyllirea angustifolia*), plantas productoras de néctar (4: *Rosmarinus officinallis*, 5: *Lavandula*, 6: *Phlomis purpurea*, 7: *Dorycnium pentaphyllum*) y plantas con los nectarios muy expuestos (8: *Thymus hyemalis*, 9: *Apiáceas/Umbelíferas*, 10: *Periploca angustifolia*).

(Fotografías plantas: Hans Hillewaert, Andres Ivorra y Vicky Schawarzer).

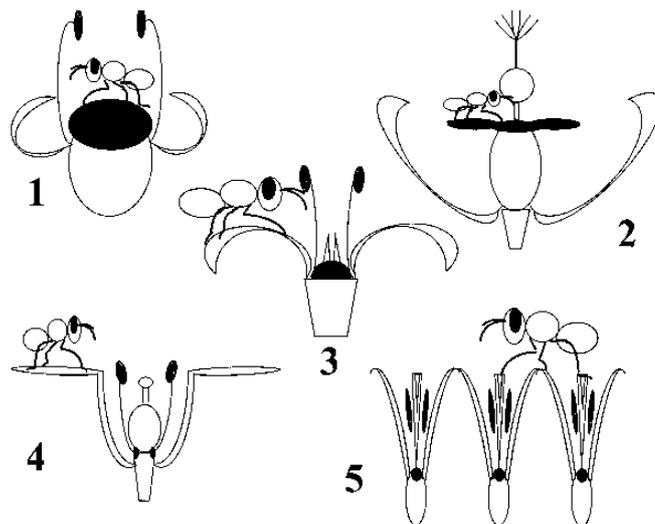


Imagen 2: Situación de los nectarios en la flor.

Las plantas más útiles para el control biológico por la accesibilidad al néctar (Imagen 2) son las de tipo 1 y 2, y las menos indicadas son las flores del tipo 5 que tienen los nectarios escondidos. Las flores del tipo 3 y 4 tienen los nectarios parcialmente escondidos. Adaptado de Patt *et al.* (1997).

Hay determinados aspectos de la morfología de una planta, como son por ejemplo los nectarios extraflorales, o la presencia de tricomas en las hojas, que pueden influir mucho sobre los insectos fitófagos, los enemigos naturales que atraen y sus interacciones.

Los nectarios extraflorales son glándulas productoras de néctar que físicamente están localizados fuera de la flor. Han sido identificados en más de 2.000 especies pertenecientes a 64 familias distintas. Se pueden situar en diversas partes de la planta como los bordes de las hojas, pecíolos, brácteas, raquis, estípulas, pedicelos, frutas, etc.; y su tamaño, forma y secreciones varían con los taxones vegetales. Las hormigas utilizan a menudo este tipo de estructuras, y hay estudios que analizan las interacciones de las hormigas con los nectarios, y cómo defienden a las plantas de sus enemigos, los herbívoros. Pero el néctar extrafloral, constituye una importante fuente de alimento, independiente de la floración, dentro de los agroecosistemas también para el resto de enemigos naturales con importancia en el control biológico de plagas como son: crisopas, fitoseidos, parasitoides o moscas depredadores. Se ha comprobado que la presencia de plantas con nectarios extra-florales dentro de los campos de cultivo puede resultar ventajosa para el control biológico (Koptur 2013).

Por otra parte, se ha demostrado que la presencia de tricomas en las hojas favorece, por ejemplo, la instalación de poblaciones de ácaros fitoseidos. Varias son las razones que explican esta relación, entre ellas que actúan como refugio para evitar condiciones abióticas adversas o para esconderse de los depredadores, también facilitan el aumento de la captura de polen y su uso posterior como una fuente de alimento (Loughner *et al.* 2010).

En conclusión, las plantas portadoras de estas características morfológicas (tricomas y nectarios extraflorales) son de gran interés desde el punto de vista del manejo del hábitat y control biológico. En general, las plantas pertenecientes al género *Prunus* y a la familia *Fabaceae* suelen tener nectarios extraflorales.



Imagen 3: Ejemplos de nectarios extraflorales en *Prunus spp* (izquierda) y *Ricinus communis* (derecha).

- 4º Criterio: Establecer una cascada de flores. Una de las condiciones indispensables a la hora de diseñar una plantación para el control biológico, es que esté compuesta por especies vegetales que florezcan secuencialmente a lo largo de todo el año. Con esto se persigue que haya continuidad en los recursos alimenticios, manteniendo cerca de los cultivos a los enemigos naturales (Long, 1995). Es importante seleccionar plantas que florezcan durante el invierno, cuando hay escasez de plantas en flor en los campos de cultivo. En el caso concreto del poniente almeriense, con veranos muy secos y calurosos, es necesario también escoger plantas que florezcan durante la época estival. Algunos ejemplos de plantas seleccionadas por su época de floración son el tomillo de invierno, que como su nombre indica, florece durante todo el invierno, y el hinojo o perejil de mar (*Crithmun maritimum*), que florece a final del verano.
- 5º Criterio: Utilizar plantas arbustivas. La vegetación original en la zona de expansión de los invernaderos en Almería, está compuesta por matorral y especies arbustivas espinosas, por lo que el uso de arbustos para el diseño de setos entre los invernaderos es lo más apropiado. Las especies arbóreas son también valiosas por la variedad de recursos que ofrecen a los enemigos naturales, pero pueden generar problemas de sombreado en los invernaderos adyacentes. Finalmente, las plantas herbáceas son las menos indicadas en este caso particular, ya que, al tener ciclos de vida cortos (anuales y/o bianuales), su utilización implicaría un constante manejo y siembra por parte de los productores. Desde el punto de vista del control biológico, se sabe que la arquitectura de la planta condiciona la diversidad de especies y la abundancia relativa de los individuos. Comparados con otros tipos hábitats, los setos arbustivos son los que ofrecen mayor cantidad de recursos a los enemigos naturales de las plagas, y hay evidencias de que mejoran el control biológico en los campos de cultivo adyacentes (Holland 2012).

Otros criterios tenidos en cuenta pueden ser el follaje y color; con el fin de maximizar el control biológico, se deben evitar setos de vegetación monoespecíficos y monocromáticos. Los setos más útiles para albergar entomodofauna útil son precisamente los que tienen una arquitectura compleja mezclando diferentes tipos de arbustos y con variedad en el color de sus flores. Es conocido que los arbustos de follaje denso y las plantas perennes sostienen un mayor número de especies de insectos que las plantas de follaje escaso o con hojas pequeñas, así como caducifolias.

La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía tiene editado un manual donde se han establecido cuales son las directrices para poder diseñar enclaves tales como setos, sotos, herrizas y bosques-islas en los paisajes agrícolas el “Manual para diversificación del paisaje agrícola” (De Andrés *et al.* 2003).

6.2. ESPECIES PARA SETOS EN CULTIVOS HORTÍCOLAS BAJO INVERNADERO.

Para la realización del listado de plantas óptimas Rodríguez *et al.* (2012) evaluaron más de 70 especies de matorrales autóctonos y seleccionaron 28 especies pertenecientes a 17 familias botánicas distintas que reunían todos los requisitos. Para cada especie de planta autóctona se le asignaba un valor según cumplan alguno de estos requisitos (que se han relacionado en la metodología) como análisis multicriterio y en base a una escala de satisfacción, también subjetiva (Rodríguez *et al.* 2012).

Las especies que se recomiendan en cultivos hortícolas bajo invernadero están en una relación de tablas clasificadas (Rodríguez *et al.* 2015) (tabla 3, 4, 5 y 6) y son en función de uso que se le va a dar en el seto.

Tabla 3: Listado de especies tapizantes, bulbosas y rastreras. (Rodríguez *et al.* 2015).

Nombre científico	Nombre común
<i>Asteriscus maritimus</i>	Margarita playera
<i>Crithmum maritimum</i>	Perejil de mar
<i>Lavandula multiphida</i>	Alhuemilla
<i>Lobularia maritima</i>	Aliso
<i>Ononis speciosa</i>	Garbancillo
<i>Rosmarinum officinalis</i> “ <i>postratus</i> ”	Romero rastrero
<i>Sedum sediforme</i>	Uña de gato

Tabla 4: Listado de especies subarbusivas leñosas y gramíneas de porte. (Rodríguez *et al.* 2015).

Nombre científico	Nombre común
<i>Ammophila arenaria</i>	Barrón
<i>Anthyllis cytisoides</i>	Albaida
<i>Asparagus albus</i>	Esparraguera blanca
<i>Bupleurum gibraltarium</i>	Adelfilla
<i>Cistus albidus</i>	Jara Blanca
<i>Helianthemus almeriense</i>	Jarilla almeriense
<i>Helichrysum stoechas</i>	
<i>Lavandula dentata</i>	Cantueso rizado
<i>Lavandula latifolia</i>	Alhucema
<i>Lavandula stoechas</i>	Cantueso
<i>Lonicera implexa</i>	Liana trepadora
<i>Lonicera splendida</i>	Madreselva
<i>Lycium intricatum</i>	Cambrón
<i>Lygeum spartum</i>	Albardín
<i>Machrocloa tenacissima</i>	Esparto
<i>Myrtus communis</i>	Mirto
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Olivilla
<i>Phillyrea latifolia</i>	Labiérnago
<i>Thymelaea hirsuta</i>	Bufalaga

<i>Phlomis purpurea</i>	Matagallo
<i>Rhamnus lycioides</i> L.	Espino negro
<i>Ruta angustifolia</i>	Ruta
<i>Ruda graveolens</i>	Ruda
<i>Salsola genistoides</i>	Boja negra
<i>Salsola oppositifolia</i>	Salsola
<i>Salvia officinalis</i>	Salvia
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	Tomillo yesquero
<i>Satureja obovata</i>	Ajedrea
<i>Sideritis osteoxylla</i>	Zajareña
<i>Sideritis pusilla</i>	Rabo de gato
<i>Teucrium intricatum</i>	Tortilla
<i>Thymus mastichina</i>	Mejorana
<i>Thymus vulgaris</i>	Tremoncillo
<i>Thymus zygis</i>	Tomillo aceituneros

Tabla 5: Listado de especies arbustivas (Rodríguez *et al.* 2015).

Nombre científico	Nombre común
<i>Atriplex halimus</i>	Salao, Orgaza
<i>Ephedra fragilis</i>	Efreda
<i>Genista spartioides</i>	Paláin
<i>Genista umbellata</i>	Bolina

<i>Launaea arborescens</i>	Rascamoños
<i>Olea europaea L. var. sylvestris Brot.</i>	Acebuche
<i>Periploca angustifolia</i>	Cornical
<i>Quercus ilex</i>	Encina
<i>Retama sphaerocarpa</i>	Retama
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romero
<i>Spartium junceum</i>	Gallomba
<i>Ulex canescens</i>	Aulaga morisca
<i>Viburnum tinus</i>	Durillo
<i>Withania frutescens</i>	Oroval

Tabla 6: Listado de especies arbustivas de porte alto y árboles autóctonos (Rodríguez *et al.* 2015).

Nombre científico	Nombre común
<i>Celtis australis</i>	Almez
<i>Ceratonia Siliqua</i>	Algarrobo
<i>Chamaerops humilis</i>	Palmito
<i>Maytenus senegalensis</i>	Arto
<i>Nerium oleander</i>	Adelfa
<i>Pistacia lentiscus</i>	Lentisco
<i>Quercus coccifera L.</i>	Coscoja
<i>Ziziphus lotus</i>	Azufaifo

La composición de especies elegidas debe proveer recursos como néctar y/o polen a lo largo de todo el año, por lo que la combinación de especies elegida debe presentar una floración escalonada. Con un seto monoespecífico compuesto por una o dos especies es muy difícil conseguir este objetivo, es por ello que se debe seleccionar de forma adecuada teniendo en cuenta el calendario de floración (tabla 7) y así proveer flores a lo largo de todo el año.

A la hora de seleccionar especies vegetales, se aconseja echar un vistazo al entorno cercano de nuestro alrededor, para evaluar las especies arbustivas que son más frecuentes en nuestro entorno, si se trata de un paisaje más o menos degradado o biodiverso y si las especies que lo componen son de nuestro interés o no.

Tabla 7: Calendario de floración. (Rodríguez *et al.* 2015).

		CALENDARIO DE FLORACIÓN												
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1. Durillo	<i>Viburnum tinus</i>													2 - 3m
2. Bolina	<i>Genista umbellata</i>													0.3 - 2m
3. Tomillo de invierno	<i>Thymus hyemalis</i>													rastrero
4. Cornical	<i>Periploca angustifolia</i>													
5. Labiérnago	<i>Phyllirea angustifolia</i>													2 - 3 m
6. Matagallo	<i>Phlomis purpurea</i>													0.5 - 1.5 m
7. Bocha blanca	<i>Dorycnium pentaphyllum</i>													
8. Espino negro	<i>Rhamnus lyciodes</i>													2 m
9. Lentisco	<i>Pistacia lentiscus</i>													1 - 2 m
10. Adelfilla	<i>Bupleurum fruticosum</i>													1.5 - 2.5 m
11. Cambrón	<i>Lycium intricatum</i>													
12. Tomillo común	<i>Thymus vulgaris</i>													
13. Oroval	<i>Whitania frutescens</i>													1.5 m
14. Acebuche	<i>Olea europaea</i>													
15. Albaida	<i>Anthyllis cytisoides</i>													0.3 - 1 m
16. Coscoja	<i>Quercus coccifera</i>													2 - 5 m
17. Pegamoscas	<i>Ononis natrix</i>													
18. Retama	<i>Retama sphaerocarpa</i>													
19. Esparto	<i>Stipa tenacissima</i>													
20. Alhucema	<i>Lavandula latifolia</i>													0.2 - 0.8 m
21. Salado	<i>Atriplex halimus</i>													
22. Mirto, Arrayán	<i>Mirtus communis</i>													1 - 2 m
23. Efedra	<i>Ephedra fragilis</i>													1.5 m
24. Olivarda	<i>Ditrichia viscosa</i>													
25. Ricino	<i>Ricinus communis</i>													3 - 4.5 m
26. Hinojo de mar	<i>Crithmun maritimum</i>													rastrero
27. Esparraguera blanca	<i>Asparagus albus</i>													
28. Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>													1 - 1.5 m

7. ENEMIGOS NATURALES ASOCIADOS A LA ESPECIES PARA EL CONTROL DE LAS PLAGAS.

La presencia de setos o de vegetación silvestre (monte) alrededor de las parcelas de cultivo permite el desarrollo de enemigos naturales de las plagas, que luego se desplazan hacia los cultivos para seguir creciendo (Guzmán y Alonso 2008).

La gestión del hábitat puede conseguir la reducción de un ataque de una determinada plaga al incrementar la ocurrencia natural de un parasitoide en los alrededores de un cultivo a través de la conservación y el manejo de hábitat (Rodríguez *et al.* 2016).

Como bien sugieren Paredes *et al.*, “*el hecho de que la biodiversidad per se no pueda determinar la consecución del control biológico de plagas, inicia un cambio de tendencia hacia la determinación de la diversidad funcional, entendiéndola ésta como aquella que tiene en cuenta los rasgos biológicos de la fauna auxiliar. El objetivo último es identificar la composición óptima de la comunidad que permita controlar las poblaciones de los artrópodos plaga de manera efectiva*” (2013b:56).

Una mayor diversidad de plantas implica también tener una mayor diversidad de herbívoros implicando una mayor diversidad de depredadores y parásitos. Así, una mayor biodiversidad puede reducir considerablemente el uso de plaguicidas para el control de plagas (Thies y Tschardt 1999; Chaplin-kramer *et al.* 2011).

Hay dos principales enemigos naturales comúnmente utilizados en los tomates, el mírido *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) y el parasitoide *Eretmocerus mundus* (Mercet), que ofrecen un buen control de la plaga principal, la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius). Sin embargo, el control biológico es a veces interrumpido en este cultivo, sobre todo porque los insectos beneficiosos tienen un establecimiento lento, y los agricultores comienzan los tratamientos químicos (Cano *et al.* 2009).

En cultivos de pimiento, también hay una necesidad de mejorar el establecimiento temprano de enemigos naturales. Las principales plagas, *Frankliniella occidentalis* y *Bemisia tabaci*, se controlan eficazmente la liberación del fitoseido *Amblyseius swirskii*.

En esta situación, el uso de refugios de plantas dentro de los invernaderos podría mejorar el pronto establecimiento de enemigos naturales liberados en estos cultivos, como ya se ha desarrollado, por ejemplo, con plantas banco para multiplicar parasitoides de áfidos (Weintraub 2007). Los estudios sobre la abundancia estacional de *Orius spp.* en refugios llevadas a cabo en el noreste de España mostraron que *Vicia sativa* L. y *Lupinus hispanicus* (Boiss y Reuter) eran buenos candidatos para mantener las poblaciones de este depredador durante el invierno y para aumentar sus poblaciones en primavera (Alomar *et al.* 2006). Otros estudios realizados en España han demostrado que, las especies de plantas comunes tales como *Diplotaxis erucooides* L., *Sonchus spp.* y otras especies de las familias *Asteraceae* y *Umbeliferae* albergan grandes poblaciones de *Orius spp.* (Ferragut y González-Zamora 1994). *N. tenuis* ha sido encontrado en *Geranium spp.* L., *Calendula arvensis* L., *Dittrichia viscosa* L., *Cistus salviifolius* L., *Plantago sp.* L. y *Mentha sp.* L. en el noreste de España (Vila 2004).

En las plantas, los enemigos naturales encuentran refugio frente a condiciones climatológicas o frente a depredadores pero también encuentran presas y huéspedes alternativos, especialmente en momentos en los que el cultivo carece de los mismos, sobre

todo porque los enemigos naturales presentan un alto grado de omnivoría y no son depredadores estrictos.

A continuación (tabla 8) se relacionan las plantas que han sido estudiadas por Guzmán y Alonso (2008), como candidatas para establecer setos en los cultivos, que permitan un refugio para el desarrollo de la fauna auxiliar y ayuden en las diferentes estrategias de control de plagas. Han sido citadas 29 especies pertenecientes a 21 familias botánicas diferentes. Aún son pocas las especies de plantas refugio estudiadas y se hace necesario continuar en el conocimiento de otras especies vegetales que puedan servir para la formación de setos, en especial si estas plantas pueden ser hospedadoras de virus que afectan a los cultivos (Cano *et al.* 2009).

Tabla 8: Plantas para seto, usos y enemigo naturales favorecidos. (Guzmán y Alonso 2008).

Planta Seto	Familia	Cultivo	Fauna auxiliar
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner	<i>Betulaceae</i>	Peral	Múltiples antocóridos, míridos
<i>Amaranthus spp.</i> L.	<i>Amaranthaceae</i>	Maíz	Aumento eficacia de la avispa <i>Trichogramma sp.</i>
<i>Calendula arvensis</i> L.	<i>Asteraceae</i>	Pimiento	<i>Orius laevigatus</i>
<i>Celtis australis</i> L.	<i>Ulmaceae</i>	Varios	Depredadores de ácaros
<i>Cercis siliquastrum</i> L.	<i>Fabaceae</i>	Peral	<i>Anthocoris nemoralis</i> (antocórido depredador de la psila)
<i>Cistus salviifolius</i> L.	<i>Cistaceae</i>	Pimiento	<i>Orius laevigatus</i>
<i>Cornus spp.</i> L.	<i>Cornaceae</i>	Manzano	Bracónidos que controlan la moca del manzano (<i>Rhagoletis pomonella</i>)
<i>Corylus avellana</i> L.	<i>Betulaceae</i>	Varios	Antocóridos, míridos, sírfidos, crisopas
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	<i>Rosaceae</i>	Varias	Antocóridos, arañas y carábidos. Bracónidos que controlan la mosca del manzano (<i>Rhagoletis pomonella</i>)
<i>Chamaemelum mixtum</i> (L.) All.	<i>Asteraceae</i>	Fresón	Aumento del depredador <i>Orius laevigatus</i>
<i>Diplotaxis erucoides</i> L.	<i>Brassicaceae</i>	Pimiento	<i>Orius laevigatus</i>
<i>Dittrichia viscosa</i> L.	<i>Euphorbiaceae</i>	Pimiento	<i>Nesidiocoris tenuis</i>
<i>Euonymus europaeus</i> L.	<i>Celastraceae</i>	Varios	<i>Aspidiotifagus citrinus</i>
<i>Ficus carica</i> L.	<i>Moraceae</i>	Viña	Parásitoides de ácaros y pulgones
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	<i>Apiaceae</i>	Col-repollo	Aumento de parasitoides Taquínidos e Icneumónidos.

<i>Geranium spp.</i> L.,	<i>Geraniaceae</i>	Pimiento	<i>Orius laevigatus</i>
<i>Laurus nobilis</i> L.	<i>Lauraceae</i>	Peral	Antocóridos (depredadores de psila)
<i>Lupinus hispanicus</i> Boiss y Reuter	<i>Fabaceae</i>	Pimiento	<i>Orius laevigatus</i>
<i>Mentha suaveolens</i> Ehrhard	<i>Lamiaceae</i>	Pimiento	<i>Orius laevigatus</i>
<i>Plantago spp.</i> L.	<i>Plantaginaceae</i>	Pimiento	<i>Orius laevigatus</i>
<i>Prunus mahaleb</i> L.	<i>Rosaceae</i>	Frutos de hueso y pepita	Parásitoides específicos
<i>Ribes nigrum</i> L.	<i>Grossulariaceae</i>	Manzano, peral, viña, melocotón	Parásitoides específicos, <i>Encarsia berlesei</i> , coccidiófagos
<i>Rubus spp.</i> L.	<i>Rosaceae</i>	Viña	<i>Anagrus epos</i>
<i>Sesamum indicum</i> L.	<i>Pedaliaceae</i>	Pimiento	<i>Nesidiocoris tenuis</i>
<i>Sonchus spp.</i> L.	<i>Asteraceae</i>	Pimiento	<i>Orius laevigatus</i>
<i>Thymelaea hirsuta</i> L.	<i>Thymelaeaceae</i>	Pimiento	<i>Orius laevigatus</i>
<i>Vaccinium spp.</i> L.	<i>Ericaceae</i>	Manzano	Bracónidos que controlan la moca del manzano (<i>Rhagoletis pomonella</i>)
<i>Vicia faba</i> L.	<i>Fabaceae</i>	Fresón	Aumento del depredador <i>Orius laevigatus</i>

8. DISEÑO DE SETOS EN FUNCIÓN DE COMPLEMENTARIEDADES Y SINERGIAS DE LA EXPLOTACION AGRÍCOLA.

Para diseñar una infraestructura ecológica, que sea funcional para el fomento de la fauna auxiliar beneficiosa es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones (Rodríguez *et al.* 2015):

- Siempre deben emplearse especies arbustivas autóctonas. Estas especies están totalmente adaptadas a nuestras condiciones climáticas y edáficas, no son invasivas, son las que nuestra fauna auxiliar sabe aprovechar y son menos susceptibles de soportar poblaciones de plagas.
- Siempre se deben obtener las plantas en viveros forestales, nunca arrancar las plantas del entorno natural. Se trata conservar e incrementar la biodiversidad alrededor de nuestros invernaderos y no reducir la biodiversidad en otro lugar. No tiene sentido quitar las plantas de un lugar para colocarlas en otro, con las consecuencias que ello tiene.
- El seto debe ser multiespecífico, debiendo emplearse un mínimo de 5 especies arbustivas. Esto se apoya en la teoría de que un sistema complejo va a dar lugar a cadenas tróficas complejas que favorezcan la optimización de una regulación natural de las plagas, como se ha visto. Cuantas más especies coexisten en el ecosistema, mayor es la estabilidad del sistema natural o del ecosistema.

Cuanto menos vegetación natural haya en el entorno de nuestros cultivos y menor sea la diversidad de especies, mayor será la agresividad, velocidad de crecimiento y recurrencia de las poblaciones de plagas y enfermedades.

Consideraciones a tener en cuenta en el diseño, establecimiento y manejo de la infraestructura vegetativa:

1. Selección de especies (según los párrafos anteriores de estas conclusiones).
2. Diseño de setos multiespecíficos con un mínimo de cinco especies.
3. Selección de componentes de la biodiversidad para control biológico por conservación.
4. Tener en cuenta las distancias ecológicas entre el cultivo y la infraestructura ecológica
5. Huir de formaciones lineales hay que imitar manchas vegetales naturales respetando densidad recomendada para cada especie utilizando el zig-zag o tresbolillo.
6. La mejor manera de asociar especies es fijarse en como ellas se asocian en su medio natural.
7. No disponer las plantas de forma individual a no ser que se trate de especies de mucho porte; tapizantes de 5-7 individuos, subarborescente de 3-5 individuos, arbustiva con 2 plantas.
8. Tener en cuenta la disponibilidad de espacio a la hora de combinar especies.

8.1.DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS ECOLÓGICAS EN ZONAS DE PRODUCCIÓN HORTÍCOLA BAJO INVERNADERO.

Se puede dar respuestas concretas a problemas concretos escogiendo distintas combinaciones de plantas para conformar barreras vegetales específicas que exploten, de alguna manera, ciertas complementariedades y sinergias que se establecen entre las especies vegetales.

Los tipos de diseños propuestos a continuación son combinaciones de plantas que dan respuesta a problemas concretos cumpliendo estas complementariedades y sinergias, con el fin de aumentar la eficiencia en el control biológico de plagas en zonas de producción hortícolas bajo invernadero, reduciendo la utilización de plaguicidas y aumentando la calidad de los productos obtenidos (Rodríguez et. al 2015).

8.1.1. DISEÑO TIPO INVERNADERO DE TOMATE.

La mezcla deberá incluir entre otras las siguientes especies vegetales: *Dittrichia viscosa*, *Ononis natrix*, *Thymus spp.* y *Atriplex halimus*. Actualmente, la liberación comercial del

heteróptero omnívoro *Nesidiocoris tenuis* previa al trasplante del cultivo de tomate es la estrategia más usada por los agricultores para el control del lepidóptero *Tuta absoluta* y de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Por ello, se hace necesario incluir en los diseños para tomate, especies vegetales que mantengan las poblaciones de *N. tenuis* en épocas desfavorables en el cultivo. Es de esperar que plantaciones con *O. natrix*, *D. viscosa* y tomillos (*Thymus spp.*) favorezcan a este heteróptero. La mezcla también deberá contener especies vegetales que soporten enemigos naturales autóctonos no disponibles comercialmente para el agricultor. Este es el caso, el tomillo de invierno, *T. hyemalis*, que mantiene altas poblaciones del himenóptero *Cirrospilus spp.*, ectoparasitoide del minador del tomate (*Liriomyza spp.*). Resultados de trabajos de investigación por parte de investigadores de IFAPA, muestran una asociación de estos parasitoides al tomillo durante el duro periodo estival donde hay una gran escasez de recursos en el agroecosistema (Rodríguez et al. 2016). Igualmente, se han observado parasitoides de *T. absoluta* de la familia *Eulophidae* se asocian con el salado (*A. halimus*). El salado es un arbusto que presenta ataques de insectos minadores, lepidópteros y dípteros, que actúan como huéspedes alternativos de estos parasitoides.

8.1.2. DISEÑO TIPO INVERNADERO DE PIMIENTO.

Según los protocolos de Control Integrado de Plagas, en el cultivo de pimiento se emplean con éxito varios artrópodos beneficiosos como el *Orius spp.* y el ácaro fitoseido *Amblyseius swirski*, ofrecen un control eficaz de las principales plagas. Sin embargo, la presencia de pulgones (áfidos) es un problema creciente en los invernaderos de pimiento, cuyo control mediante organismos de control biológico continúa siendo un reto. La estrategia biológica más utilizada por el agricultor es la suelta del parasitoide *Aphidius colemani* que mantiene dentro del invernadero mediante el empleo de plantas banker de cereales en las que se producen pulgones presa específicos del cereal y que no afectan al cultivo. Esta estrategia consigue frenar el avance de los áfidos pero no los controla de manera eficaz. La causa principal radica en que estos parasitoides funcionan bien en primavera y otoño, pero no durante el verano. Durante el periodo estival, el control de las poblaciones de pulgón recae principalmente en otros grupos de insectos más polífagos y generalistas que son además, relativamente frecuentes al aire libre como: los coccinelidos -mariquitas-, los crisópidos -crisopas verdes y pardas- y varias familias de moscas. En base a todo lo expuesto, las recomendaciones para los setos en invernaderos de pimiento incluirían las siguientes especies:

- a. Plantas que ofrecen refugio a los ácaros fitoseidos: *Viburnum tinus* (Durillo), *Rhamnus alaternus*, *Celtis australis* (Almez).
- b. Plantas que ofrecen presa alternativa al *Orius*: *Thymus spp.*
- c. Plantas que ofrecen refugio y presa alternativa a las crisopas pardas y coccinelidos del género *Scymnus*: *Ephedra fragilis*.

d. Plantas productoras de polen para *Orius* y crisopas: acebuche (*Olea europaea*), olivilla (*Phylleraangustifolia*) y bufalaga (*Thymelaea hirsuta*).

e. Asociación romero-cornical como plantas banker para control de áfidos al inicio el periodo estival. Resultados preliminares de este grupo indican que colonias de áfidos en plantas de romero (*Rosmarinus officinallis*) que no atacan al pimiento atraen altas poblaciones de larvas del díptero *Leucopis spp.*, cuyas larvas son voraces depredadoras de áfidos. Es de esperar que la presenciade otro arbusto en el seto, el cornical (*Periploca angustifolia*), mantenga los adultos en las cercanías del cultivo, ya que su periodo de floración coincide con la emergencia de los adultos de *Leucopis spp.*, y porque el cornical porta lo que se denomina “stinking flowers” que son flores que atraen y se polinizan específicamente por dípteros.

8.1.3. DISEÑO TIPO CONTROL DE MALEZAS.

En el caso de estar interesados en diseñar un seto que evite la aparición de hierbas adventicias no deseables, lo más interesante es el empleo de plantas de la familia *Labiatae*, es decir, se debe emplear una mezcla de plantas aromáticas. Estas plantas además de ejercer un excelente control de las adventicias son muy atractivas para gran cantidad de enemigos naturales autóctonos. No se puede olvidar que son especies melíferas y por lo tanto tienen un alto valor en la conservación de insectos polinizadores. En un seto conformado por aromáticas las plantas se deben disponer preferentemente en grupos, formando pequeñas manchas de vegetación, nunca aisladas de norma individual y en hilera, de forma que se maximice su potencial alelopático contra malezas.

8.1.4. DISEÑO TIPO ZONAS DE UMBRÍA.

En zonas de umbría se pueden tener en cuenta especies como adaptadas a zonas de sombra, más sensibles al calor excesivo y a las condiciones semi-áridas de la zona como la adelfa (*Nerium oleander*), la adelfilla (*Bupleurum gibraltarium*), la ruda (*Ruda graveolens*), el mirto (*Mirtus communis*), y el durillo (*Viburnum tinus*).

8.1.5. DISEÑO SETO TIPO GENERALISTA.

Las barreras debe incluir en su composición especies vegetales que atraigan de forma general a parasitoides y a depredadores polípagos como coccinélidos y neurópteros. Estas son: plantas de la familia *Apiaceae* que poseen gran cantidad de néctar en nectarios muy expuestos y de fácil acceso como son: Adelfilla (*B. gibraltarium*) e hinojo de mar (*Crithmun maritimum*).

8.1.6. DISEÑO SETO TIPO ZONAS EROSIONADAS Y TALUDES.

En este tipo de setos se han de emplear especies vegetales muy rústicas, de raíces profundas y que compacten el suelo que son normalmente usadas para restauración de zonas degradadas. Estas especies suelen considerarse “facilitadoras” porque mejorar las

posibilidades de establecimiento de otras plantas. En general se deben incluir en estas zonas la retama (*Retama sphaerocarpa*), el esparto (*Stipa tenacissima*) y el espino negro (*Rhamnus lyciodes*). En el caso de setos en talud es importante situarlos espartos en la parte superior del talud ya que gracias a sus raíces profundas son capaces de retener el suelo.

A continuación (tabla 9), se hace una relación de necesidades de plantas en función del tipo de seto.

Tabla 9: Cálculo de necesidades de plantas de cada grupo en función del tipo de seto. (Rodríguez *et al.* 2015).

Tipo seto	Ancho plantación (m)	Longitud (m)	Superficie total seto (m ²)	Proporción de especies	Densidad de plantación (planta m ⁻²)	Número de plantas
A	1,5	100	150	100 % tapizantes	2	300
B	3	100	300	50 % tapizantes	2	300
				50 % subarbustivas	1	150
C	4	100	400	25 % tapizantes	2	200
				50 % tapizantes	1	200
				25 % arbustivas	0,5	50
D	6	100	600	25 % tapizantes	2	120
				25 % subarbustivas	1	60
				25 % arbustivas	0,5	30
				25 % arboles	0,3	18

8.2. DISEÑO DE SETOS SEGÚN LA DISPONIBILIDAD DE ESPACIO.

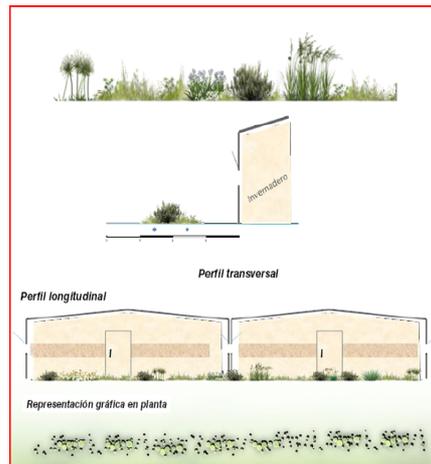
El factor del espacio es un condicionante en gran medida tanto para la elección de las distintas especies vegetales susceptibles de emplearse en el diseño de la infraestructura, así como el número de plantas necesarias para establecerlos.

Se pueden establecer cuatro tipos en función de la planta elegida para las dimensiones que presente el posible seto (Rodríguez *et. al* 2015).

8.2.1. SETO TIPO A. TAPIZANTE. PLANTA RASTRERA Y PEQUEÑAS ARBUSTIVAS.

En zonas donde el espacio es reducido se pueden establecer setos de poca anchura, entre 1 y 1,5 m. Se trataría de un seto de pequeño porte, que evitaría el sombreado de las bandas de invernadero, por lo que la altura máxima del seto no podría superar los 40 cm de altura. Para ello se emplearían preferentemente plantas bulbosas, tapizantes y leñosas de porte rastrero empleando una densidad de plantación de unas 2 plantas por metro cuadrado. Hay que tener en cuenta que la densidad de plantación nos va a determinar el número de plantas que vamos a necesitar para establecer nuestro seto.

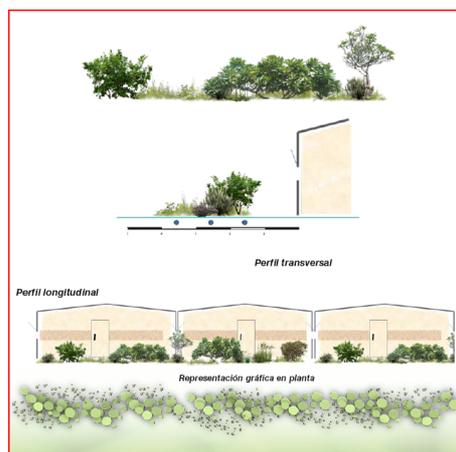
Figura 5: Seto tipo A. Tapizante (Rodríguez *et al.* 2015).



8.2.2. SETO TIPO B. TAPIZANTE. BORDURA SUBARBUSTIVAS.

Cuando la disponibilidad de espacio es algo mayor, entre 1,5 y 3 metros nos podemos plantear el diseño de una bordura subarbusiva, en la que podríamos considerar plantas con algo más de porte, pudiendo alcanzar alturas de hasta 1 m. En este sentido, se podrían incluir plantas subarbusivas leñosas. Así una bordura subarbusiva puede estar compuesta por un 50 % de plantas tapizantes y un 50 % de plantas subarbusivas. En este sentido hay que tener en cuenta que este tipo de plantas han de plantarse a distintas densidades, empleándose 2 plantas por metro cuadrado en el caso de las primeras y 1 planta por metro cuadrado en el caso de las segundas.

Figura 6: Seto tipo B. Bordura subarbusiva (Rodríguez *et al.* 2015).

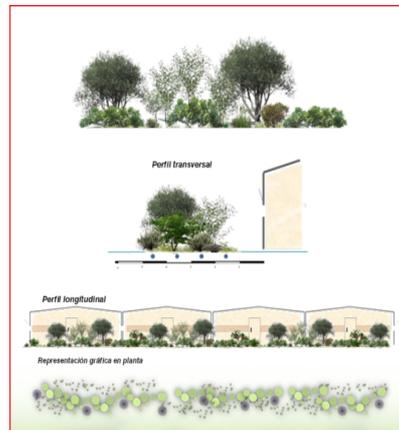


8.2.3. SETO TIPO C. SETO ARBUSTIVO.

En el caso de poder contar con 3 o 4 metros de anchura se pueden incorporar al diseño plantas de mayor porte, es decir plantas arbustivas, enriqueciendo la composición del mismo. La altura máxima de este seto no debe superar los 2 metros. La proporción idónea de plantas de cada tipo para diseñar un seto arbustivo ha de ser de 25 % de plantas tapizantes, 50 % de plantas subarbusivas y 25 % de planta arbustivas.

Teniendo igualmente en cuenta que cada una necesita una densidad de plantación, que en el caso de las arbustivas es de 0,5 plantas por metro cuadrado.

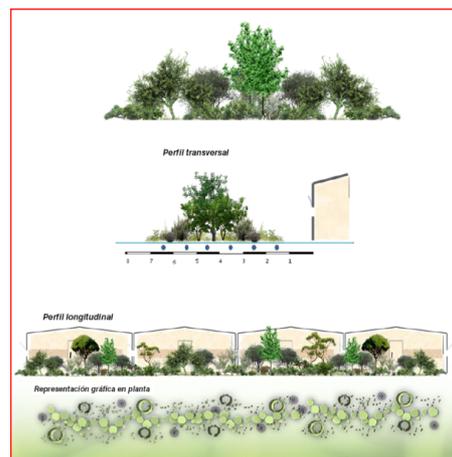
Figura 7: Seto tipo C. Arbustivo (González *et al.* 2015).



8.2.4. CORREDOR VERDE O BOSQUE-ISLA.

Cuando se tiene un gran espacio, no necesariamente lineal, con una anchura mínima de 4 metros, nos podemos plantear el diseño de un corredor verde o bosque-isla en el que ya se pueden tener en cuenta especies de porte arbóreo, algunas de ellas de gran interés por ser grandes soportes de biodiversidad. Estas infraestructuras pueden superar los 4 metros de altura, y en su diseño hay que emplear un 25 % de plantas de cada tipo, tapizantes, subarbustivas, arbustivas y arbóreas que se deben plantar a 0,3 plantas por metro cuadrado.

Figura 8: Seto tipo D. Corredor verde o bosque-isla (Rodríguez *et al.* 2015).



8.3. MANEJO DEL HÁBITAT FUERA DEL INVERNADERO.

Establecer plantaciones entre los invernaderos que eviten la migración de los enemigos naturales autóctonos, es un objetivo en el manejo del hábitat.

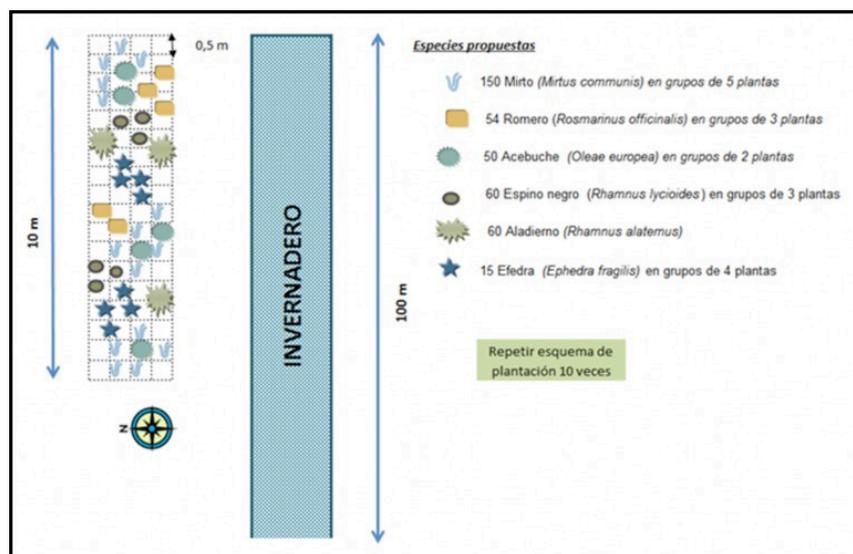
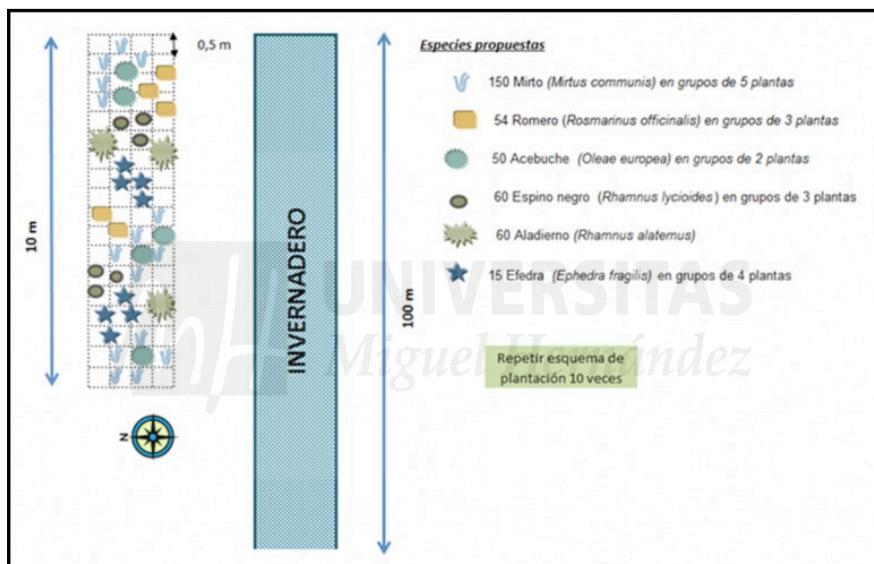
En todos ellos se ha de huir de formaciones lineales, puesto que se trata de imitar las manchas de vegetación natural, respetando la densidad de plantación de cada especie, no

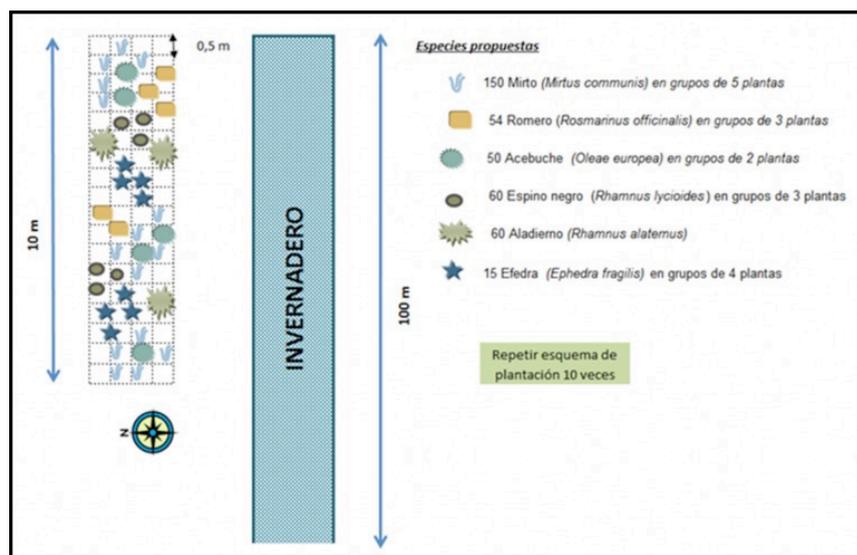
diseñando setos de jardinería. Conformando grupos de individuos que conformen manchas imitando como se asocian ellas de forma natural:

- Retamas + Adelfas rodeadas de romeros + Tomillos.
- Retamas + Romeros + Tomillos + Lavandas.
- Lavandas + Espartos + Tomillos + Jarillas.
- Lentisco + Palmitos + Esparragueras + Espinos negros.
- Acebuches + Olivillas.

A modo de ejemplo (figura 9) Rodríguez *et al.* nos ayudan con una serie de esquemas de plantación que pueden dar una visión de cómo quedaría en su marco real.

Figura 9: Ejemplos de esquemas de plantación (Rodríguez *et al.* 2015).





9. CONCLUSIONES.

El resultado de numerosas experiencias confirma que la biodiversidad funcional puede ser utilizada como una herramienta más de optimización del manejo de plagas en un agroecosistema, mediante el diseño y la construcción de “arquitecturas vegetales” específicas que mantengan poblaciones de enemigos naturales o que posean efectos disuasivos sobre determinados insectos-plaga tales como asociación de cultivos, los policultivos, el uso de sistemas agroforestales, implantación de setos, etc. Evidentemente, optimizar el control de patógenos en agroecosistemas sustentables, estaría en relación directa con la restauración de la diversidad genética dentro del agroecosistema, principalmente mediante el manejo de la vegetación, natural y cultivada, y de las técnicas agronómicas.

1. Las infraestructuras ecológicas (setos, islas de vegetación, corredores verdes, márgenes con flores silvestres, piedras amontonadas, etc.) son una herramienta al aprovechar los servicios ecosistémicos al dotarlos de:

- ✓ Calidad ecológica, al actuar como barrera evitando derivas de fitosanitarios de parcelas vecinas, evitando además vientos racheados o reduciendo el mismo para el desarrollo de cultivos y estado de feromonas.
- ✓ Su distribución y su conexión con otras infraestructuras ecológicas si se mantienen en otoño e invierno dan un refugio para los auxiliares que va a incrementar la población total de auxiliares en el entorno de la parcela con los beneficios que conlleva para el control biológico.

2. Al establecer plantaciones con diversidad de especies se puede evitar la migración de los enemigos naturales autóctonos ya que presentarán disponibilidad de especies que posibilita una floración escalonada continuada a lo largo de todo el año ofreciendo recursos en la alimentación de los mismos.

3. Se pueden escoger distintas conformaciones de plantas para conformar barreras vegetales específicas que exploten ciertas complementariedades y sinergias para responder a problemas concretos siendo preciso conocer las relaciones fauna auxiliar-flora para seleccionar aquellas especies que contribuyan al incremento de enemigos naturales.

4. El éxito del control biológico por conservación está relacionado con la disponibilidad y calidad de las infraestructuras dentro y fuera del cultivo:

1. Diversidad de vegetación.
2. Presencia de varios cultivos dentro del agroecosistema.
3. Intensidad del manejo.
4. Grado de aislamiento del cultivo de la vegetación natural.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alomar, O., Gabarra, R., González, O., & Arnó, J. (2006). Selection of insectary plants for ecological infrastructure in Mediterranean vegetable crops. *IOBC wprs Bulletin*, 29(6), 5.

Alrouechdi, k. 1980. Les Chysophides en verger d'oliviers: Bio-écologie de *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera, Chrysopidae); Relations comportementales et trophiques avec certaines espèces phytophages. Doctoral thesis, L'Uniersité Pierre et Marie Curie.

Altieri, M. A., Letoumeau , D. K. 1982 . Vegetation management and biological control in agroecosystems. *CropProtection* 1: 405-430.

Altieri, M. A. 1992. Biodiversidad, Agroecología y manejo de plagas. Ed. Cetal. Valparaíso. Chile.

Altieri, M.A., and C. Nicholls. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems, CRC Press.

Altieri, M. A., Ponti, L., Nicholls, C.I. 2005. Manipulating vineyard biodiversity for improved insect pest management: case studies from northern California. *The International Journal of Biodiversity Science and Management*, 1(4), 191-203.

Barbosa P. 1998. Conservation biological control. Academic press, London, Reino Unido.

Bernieri, T., D. Rodrigues, I. R. Barbosa, P. G. Ardenghi, and L. B. da Silva. 2019. Occupational exposure to pesticides and thyroid function in Brazilian soybeanfarmers. *Chemosphere* 218: 425-429.

Bianchi, F. J. J. A., C. J. H. Booij, and T. Tscharntke. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 273: 1715-1727.

Bianchi, F. J. J. A., Schellhorn, N. A., Cunningham, S.A., 2013. Habitat functionality for the ecosystem service of pest control: reproduction and feeding sites of pests and natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology* 15: 12-23.

Biurum, R., Uribarri, A., Zuñiga, X., Gaztea, E., Garnica, I., and Lezaum J. 2014. Setos vivos y agricultura: su importancia para el control de plagas. *Navarra agraria* 202: 14-17.

Boller EF, Häni F, Poehling HM. 2004. Ecological infrastructures: ideabook on functional biodiversity at the farm level. OILB, Lindau, Suiza.

Bone, N.J., Thomson, L.J., Ridland, P.M., Cole, P., Hoffmann, A.A. 2009. Cover crops in Victorian apple orchards: Effects on production, natural enemies and pests across a season. *Crop Protection* 28:675-683.

Campos, M. 1989. Observaciones sobre la bioecología de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) en el sur de España. *Neuroptera International* 5: 159-164.

Cano, E., Vila, E., Janssen, D., Bretones, G., Salvador, E., Lara, L., Tellez, M. M. 2009. Selection of refuges for *Nesidiocoris tenuis* (Het.: Miridae) and *Orius laevigatus* (Het.: Anthocoridae): virus reservoir risk assessment. *IOBC/WPRS Bull*49: 281-286.

Carpio, A. J., J. Castro, and F. S. Tortosa. 2019. Arthropod biodiversity in olive groves under two soil management systems: presence versus absence of herbaceous cover crop. *Agricultural and Forest Entomology* 21: 58-68.

Chaplin-Kramer, R., M. E. O'Rourke, E. J. Blitzer, and C. Kremen. 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters* 14: 922-932.

Clancy, D. W. 1946. The insect parasites of the Chrysopidae (Neuroptera). University of California Publications in Entomology 7: 403-496.

Conway, G. 2000. The doubly green revolution: Balancing food, proverty and environmental needs in the 21st century, pp. 538. In D. R. Lee and C. B. Barrett (eds.), Tradeoffs or synergies. Agricultural intensification, economic development, and the environment. CABI, Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.

Costello, M.J., Daane, K.M. 1998. Influence of ground cover on spider populations in a table grape vineyard. *Ecological Entomology* 23:33-40.

Crump NS, Cother EJ, Ash GJ. 1999. Clarifying the nomenclature in microbial weed control. *Biocontrol Science and Technology* 9: 89-97.

Danne, A., Thomson, L.J., Sharley, D.J., Penfold, C.M., Hoffmann, A.A. 2010. Effects of Native Grass Cover Crop on Beneficial and Pest Invertebrates in Australian Vineyards. *Environmental Entomology* 39:970-978.

De Andrés, C., Cosano I, Pereda N, 2003. Manual para la diversificación del paisaje Agrario. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía

DeBach P. 1964. Biological control of insect pests and weeds. Chapman and Hall, Londres, Reino Unido.

Denoth M, Frid L, Myers JH. 2002. Multiple agents in biological control: improving the odds *Biological Control* 24: 20-30.

Dong J, Wu X, Xu C, Zhang Q, Jin X, Ding J, Liu S, Wang Y. 2005. Evaluation of Lucerne cover crop for improving biological control of *Lyonetia clerkella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) by means of augmenting its predators in peach orchards. *Great Lakes Entomology* 38: 186-200.

Duelli, P., and M. K. Obrist. 2003. Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. *Basic and Applied Ecology* 4: 129-138.

Eilenberg, J., Hajek, A., Lomer, C. 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biocontrol* 46: 387-400.

Evenson, R. E., and D. Gollin. 2003. Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science* 300: 758-762.

Ferragut, F., & González-Zamora, J. E. (1994). Diagnóstico y distribución de las especies de *Orius* Wolff 1811, peninsulares (Heteroptera, Anthocoridae). *Bol. San. Veg. Plagas*, 20, 89-101.

Finke, DL, Denno, RF. 2004. Predator diversity dampens trophic cascades. *Nature* 429: 407-410.

GFK Emer Ad Hoc Research. 2017. Caracterización de compradores de productos ecológicos en canal especializado. Subdirección General de Calidad Diferenciada y Agricultura Ecológica, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, ES.

Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E., ... & Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Revista Ecosistemas* 16 (1): 13-23. Enero 2007.

Guzmán, G & C y Alonso, A. 2008: Buenas Prácticas en Producción Ecológica Funcionalidad de los Setos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, ES.

Heimpel, G. E., & Jervis, M. A. (2005). Does floral nectar improve biological control by parasitoids. Plant-provided food for carnivorous insects: a protective mutualism and its applications. Cambridge University Press, Cambridge, 267-304.

Herrera, J. 1988. Datos sobre biología floral en la flora de Andalucía oriental. *Lagascalia* 15 (Extra). 607-614.

Herzog, F. 2000. La importancia de los árboles perennes para el equilibrio de los paisajes agrícolas del norte de Europa. *Unasylva* 200, Vol. 51: 42-48.

Hickman, J.M., Wratten, S.D. 1996. Use of *Phacelia tanacetifolia* strips to enhance biological control of aphids by hoverfly larvae in cereal fields. *Journal of Economic Entomology* 89:832-840.

Hidalgo M. I., Cabezudo, B. 1995. Producción de néctar en matorrales del sur de España (Andalucía). *Acta Botanica Malacitana*, 20: 123-132.

Holland, J. M., F. J. J. A. Bianchi, M. H. Entling, A.-C. Moonen, B. M. Smith, and P. Jeanneret. 2016. Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: a review of European studies. *Pest Management Science* 72: 1638-1651.

Holland, J. M. 2012. Promoting agri-environment schemes for conservation biocontrol. *Landscape Management for Functional Biodiversity IOBC/WPRS Bull*75: 99-103.

Holland, J. M., J. C. Douma, L. Crowley, L. James, L. Kor, D. R. W. Stevenson, and B. M. Smith. 2017. Semi-natural habitats support biological control, pollination and soil conservation in Europe. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 37: 23.

- Howard, P. H., and P. Allen. 2010. Beyond Organic and Fair Trade. An Analysis of Ecolabel Preferences in the United States. *Rural Sociology* 75: 244-269.
- James, D.G. 2005. Further evaluation of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. *Journal for Chemical Ecology* 31: 481-495.
- Khan, Z.R., James, D.G., Midega, C.A.O., Pickett, J.A. 2008. Chemical ecology and conservation biological control. *Biological Control* 45: 210-224.
- Koji, S., Khan, Z.R., Midega, C.A.O. 2007. Field boundaries of *Panicum maximum* as a reservoir for predators and a sink for *Chilopartellus*. *Journal of Applied Entomology* 131:186-196.
- Koptur, S. 2013. Nectar as fuel for plant protectors. En: *Plant-Provided Food and Herbivore–Carnivore Interactions*. Editado por F. L. Wäkers, P. C. J. van Rijn, J. Bruin. Cambridge University Press.
- Landis, D. A., S. D. Wratten, and G. M. Gurr. 2000. Habitat Management to Conserve Natural Enemies of Arthropod Pests in Agriculture. *Annual Review of Entomology* 45: 175-201.
- Lee, J.C., Heimpel, G.E. 2005. Impact of flowering buckwheat on *Lepidopteran* cabbage pests and their parasitoids at two spatial scales. *Biological Control* 34:290–301.
- Long, R. 1995. Insectary plants. Improving natural enemy activity. *Small Farm News* pp. 4.
- Loughner, R., Wentworth, K., Loeb, G., Nyrop, J. 2010. Influence of leaf trichomes on predatory mite density and distribution in plant assemblages and implications for biological control. *Biological Control* 54: 255-262.
- Martin, E. A., B. Reineking, B. Seo, and I. Steffan-Dewenter. 2013. Natural enemy interactions constrain pest control in complex agricultural landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 5534-5539.
- Massanés, S. 1996. Diseño del entorno del cultivo: los setos. Ponencias del curso: Control ecológico de plagas y enfermedades. Escola agraria de Manresa.
- Matson, P. A., W. J. Parton, A. G. Power, and M. J. Swift. 1997. Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. *Science* 277: 504-509.
- McClure MS, Andreadis TG, Lacy HG. 1982. Manipulating orchard ground cover to reduce the invasion by leaf hopper vectors X-disease. *Journal of Economic Entomology* 75: 64-68.
- McIntyre, B. D., H. R. Herren, J. Wakhungu, and R. T. Watson. 2009. Agriculture at a crossroads: Global report, International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development (IAASTD), Washington, USA.

- Meagher RL, Meyer JR. 1990a. Influence of groundcover and herbicide treatments on *Tetranychus urticae* populations in peach orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 9: 149-158.
- Miller, J.R., Cowles, R.S. 1990. Stimulo-deterrent diversion: a concept and its possible application to onion maggot control. *Journal of Chemical Ecology* 16: 3197-3212.
- Moonen, A.C., Bàrberi, P. 2008. Funcional biodiversity: An agroecosystema approach. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 127: 7-21.
- Mostafalou, S., and Abdollahi, M. 2013. Pesticides and human chronic diseases: Evidences, mechanisms, and perspectives. *Toxicology and Applied Pharmacology* 268: 157- 177.
- Nicholls, C., Altieri, M.A. y Sanchez, J. 1999. Manual práctico de control biológico para una agricultura sustentable. University of California, Berkeley.
- Östman, Ö., Ekbom, B., & Bengtsson, J. (2001). Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. *Basic and Applied Ecology*, 2(4), 365-371.
- Paredes, D., Cayuela, L., Campos, M. 2013. Synergistics effects of ground cover and adjacent natural vegetation on the main natural enemy groups of olive insect pests. *Agriculture. Ecosystem and Environment* 173: 72.
- Paredes, D., Campos, M. y Cayuela, L. 2013. El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. *Revista Ecosistemas* 22: 56-61.
- Patt., 1997. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83: 21 - 30
- Perdikis, D., Fantinou, A., Lykouressis, D. 2011. Enhancing pest control in annual crops by conservation of predatory Heteroptera. *Biological Control* 59: 13-21.
- Pimentel D. 2005. Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. *Environ. Dev. Sustain.* 7(2): 229–252.
- Polis GA, Myers CA, Holt RD. 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: Potential competitors that eat each other. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20: 297-330.
- Rabb, R. L., Stinner, R. E., van den Bosch, R. 1976. Conservation and augmentation of natural enemies. En: Huffaker, C. B., Messenger P. S. (eds.), *Theory and practice of biological control*, pp. 233-254. Academic press, New York, NY, USA.
- Rieux, R., Simon, S., Defrance, H. 1999. Role of hedgerows and ground cover management on arthropod populations in pear orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 73:119-127.
- Robinson, R. A., and W. J. Sutherland. 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39: 157-176.

Robles, C. 2019. Nuevas estrategias para el control biológico del pulgón en cultivos hortícolas protegidos.

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/web/noticias/nuevas-estrategias-para-el-control-biologico-del-pulgón-en-cultivos-hortícolas-protegidos>

Rodríguez, E., Schwarzer, V., Van der Blom, J., Cabello, T., González, M. 2012. The selection of native insectary plants for landscaping in greenhouse areas of SE Spain. *Landscape Management for Functional Biodiversity IOBC/WPRS Bull*75: 73-76.

Rodríguez, E., Gonzalez, M. 2014. Vegetación autóctona y control biológico: Diseñando una Horticultura intensiva sostenible. España.
<https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/fichas-de-transferencia/vegetacion-autoctona-y-control-biologico-disenando-una-horticultura-intensiva-sostenible/>

Rodríguez, E., González, M., Benítez E. 2015. Diseño de infraestructuras ecológicas en zonas invernadas. España.

http://www.recupera2020.csic.es/sites/default/files/documentos/ficha_2_hito_2.2.4.pdf

Rodríguez, E., González, M., Villalain, P., Paredes, D. y Campos, M. 2016. Seleccionando especies para el control biológico por conservación en invernaderos en Almería: tomillo de invierno (*Thymus hyemalis*) y el parasitoide de minadores *Cirrospilus* sp. España.

Rosenheim, J. A. 1998. Higher-order predators and the regulation of insect herbivore populations. *Annual Review of Entomology* 43: 421-447.

Ruiz, L., Janssen, D., Segundo, E., Martín-Bretones, G., Cano, M., Belmonte, A., Cuadrado, I.M. 2003. Especies de plantas espontáneas infectadas por cucurbit yellow stunting disorder virus en cultivos comerciales de cucurbitáceas de invernadero en Almería. En: *Proceedings Conference Spanish Weed Science Society*, celebrado en Barcelona (España), 4, 5 y 6 de Noviembre. UPC Barcelona. Editado por M.T. Mas Serra y A.M.C. Verdú González Spain. pp. 203-206.

Rusch, A., R. Chaplin-Kramer, M. M. Gardiner, V. Hawro, J. Holland, D. Landis, C. Thies, T. Tschardtke, W. W. Weisser, C. Winqvist, M. Woltz, and R. Bommarco. 2016. Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 221: 198-204.

Sans FX. 2007. La diversidad en los agroecosistemas. *Ecosistemas* 16: 44-49.

Science for Environment Policy. 2017. Agri-environmental schemes: how to enhance the agriculture-environment relationship, Issue produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol, UK.

Silva, E.B., Franco, J.C., Vasconcelos, T., Branco, M. 2010. Effect of ground cover vegetation on the abundance and diversity of beneficial arthropods in citrus orchards. *Bulletin of Entomological Research* 100:489-499.

Simon S, Bouvier JC, Debras JF, Sauphanor B. 2010. Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 139-152.

Simpson, M., Gurr, G. M., Simmons, A., Wratten, S.D., James, D.G., Leeson, G., Nicol, H.I., Orre-Gordon, G.U.S. Attract and reward; combining chemical ecology and habitat manipulation to enhance biological control in field crops. *Journal of Applied Ecology* 48: 580-590.

Smith, M.W., Arnold, D.C., Eikerbary, R.D., Rice, N.R., Shiferaw, A., Cheary, B.S., Carroll, B.L. 1996. Influence of ground cover on beneficial arthropods in pecan. *Biological Control* 6: 164-176.

Song, B.Z. 2007. La diversidad en los agroecosistemas. *Ecosistemas* 15: 44-49.

Southwood, T. R. E., and M. J. Way. 1970. Ecological background to pest management. Pages 6–28 in R. L. Rabb and F. E. Guthrie (Eds.), *Concepts of Pest Management*. North Carolina State Univ., Raleigh.

Straub CS, Finke DL, Snyder WE. 2008. Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals?. *Biological Control* 45: 225-237.

Sweetman, H.L. 1958. *The principles of Biological Control*. Wm. C. Brown Company Dubuque, IA, USA.

Thies, C., and T. Tschamtker. 1999. Landscape Structure and Biological Control in Agroecosystems. *Science* 285: 893-895.

Thomas, M.B., Wratten, S.D., Sotherton, N.W. 1992. Creation of “island” habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods: predator densities and emigration. *Journal of Applied Ecology* 28: 906-917.

Tschamtker, T., D. S. Karp, R. Chaplin-Kramer, P. Batáry, F. DeClerck, C. Gratton, L. Hunt, A. Ives, M. Jonsson, A. Larsen, E. A. Martin, A. Martínez-Salinas, T. D. Meehan, M. O'Rourke, K. Poveda, J. A. Rosenheim, A. Rusch, N. Schellhorn, T. C. Wanger, S. Wratten, and W. Zhang. 2016. When natural habitat fails to enhance biological pest control – Five hypotheses. *Biological Conservation* 204: 449-458.

Van den Bosch, R., Telford, A.D. 1964. Environmental modification and biological control. En: DeBach, P. (ed.), *Biological control of insect pests and weeds*, pp. 459-488. Chapman and Hall. London, U.K

Van Driesche RG, Belows TS. 2006. *Biological control*. Chapman al Hall, London. United Kingdom.

Veres, A., S. Petit, C. Conord, C. J. A. Lavigne, *Ecosystems, and Environment*. 2013. Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. 160: 110-117.

Vila, E. 2004: *Refugis vegetales en la conservació de míridos depredadors*. PhD Tesis. Universitat de Lleida.

Walker, B. H. 1992. Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology* 6: 18-23.

Wan NF, Ji XY, Jiang JX, Dan JG. 2011. Effects of ground cover on the niches of main insect pests and their natural enemies in peach orchard. *Chinese Journal of Ecology* 30: 30-39.

Weintraub, P. G. (2007). Integrated control of pests in tropical and subtropical sweet pepper production. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 63(8), 753-760.

Wilson, S. W., Smith, J. L., & Purcell III, A. H. (1993). An inexpensive vacuum collector for insect sampling. *Entomol. News*, 104(4), 203-208.

Wratten, S. D., M. Gillespie, A. Decourtye, E. Mader, and N. Desneux. 2012. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 159: 112-122.

Woltz, J.M., Isaacs, R., Landis, D.A. 2012. Landscape structure and habitat management differentially influence insect natural enemies in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 152: 40-49.

Zhang, W., T. H. Ricketts, C. Kremen, K. Carney, and S. M. Swinton. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics* 64: 253-260.

