

UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Estrategias para promover el control natural de plagas en el olivar andaluz

Alumno/a: Noelia Cazalla Millán

Octubre, 2021



Trabajo Fin de Grado

Estrategias para promover el control natural de plagas en el olivar andaluz

Alumno/a: Noelia Cazalla Millán

*Noelia
Cazalla*

Jaén, Octubre, 2021

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Intensificación agrícola.....	7
1.1.1. <i>Monocultivos</i>	8
1.2. Control biológico.....	10
1.3. Importancia del olivar andaluz.....	14
1.4. Plagas del olivo.....	17
1.4.1. <i>Prays oleae</i>	17
1.4.2. <i>Bactrocera oleae</i>	18
2. PRINCIPALES ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS EN EL OLIVAR ANDALUZ.....	19
2.1. Manejo agrícola.....	19
2.1.1. <i>Mantenimiento de la cubierta vegetal</i>	21
2.1.1.1. <i>Fauna auxiliar</i>	24
2.1.2. <i>La labranza en el olivar</i>	28
2.2. Complejidad del paisaje.....	29
2.3. Interacción entre el manejo agrícola y el paisaje.....	32
3. EFICACIA Y LIMITACIONES DEL CONTROL BIOLÓGICO EN EL OLIVAR.....	36
4. DISCUSIÓN.....	37
5. CONCLUSIÓN.....	39
6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	41

RESUMEN

En las últimas décadas, el cultivo del olivar está sufriendo una creciente intensificación agrícola con consecuencias negativas para la conservación de la diversidad y el funcionamiento de los ecosistemas. Como consecuencia de la simplificación del paisaje por estos monocultivos y la intensificación agrícola que perjudican a los enemigos naturales de las plagas, las plagas se ven favorecidas. Esto hace que el uso de productos fitosanitarios (herbicidas y plaguicidas) aumente, con consecuencias negativas para el suelo, la flora y la fauna en estos paisajes. Para minimizar estos daños en el olivar, se ha propuesto varias alternativas de control biológico por conservación, que favorece la presencia de enemigos naturales en este cultivo, con potencial para reducir la población de plagas de manera relativamente pasiva por parte de los agricultores. En este estudio se revisa la efectividad de varias estrategias para favorecer la presencia de enemigos naturales y fomentar el control natural de plagas en el olivar. Estas estrategias se pueden agrupar en: manejo agrícola no intensivo, aumento de la complejidad del paisaje y efectos que dependen de la interacción entre estas dos. Estas alternativas pueden tener un gran potencial para controlar las plagas más destacadas del olivar como *Prays Oleae* y *Bactrocera Oleae*, y al mismo tiempo evitan la contaminación por plaguicidas, los daños económicos y sobre todo la pérdida de la biodiversidad en este cultivo clave para la economía y la conservación en Andalucía. Favorecer un buen control biológico de plagas por conservación parece una alternativa posible que aúna el beneficio económico y la sostenibilidad a largo plazo del olivar.

Palabras clave: conservación, intensificación agrícola, agroecosistema, plagas, control natural de plagas, complejidad del paisaje.

ABSTRACT

In recent decades, the cultivation of olive groves has been subject to increasing agricultural intensification with negative consequences for the conservation of diversity and the functioning of ecosystems. As a consequence of the simplification of the landscape by these monocultures and the agricultural intensification that harm the natural enemies of the pests, the pests are favored. This increases the use of plant protection products (herbicides and pesticides), with negative consequences for the soil, flora and fauna in these landscapes. In order to minimize these damages in the olive grove, several alternatives of biological control have been proposed for conservation, which favors the presence of natural enemies in this crop, with the potential to reduce the pest population in a relatively passively way by farmers. This study reviews the effectiveness of several strategies to favor the presence of natural enemies and promote natural pest control in the olive grove. These strategies can be grouped into: nonintensive agricultural management, enhancement of landscape complexity and synergies (interactive effects) of non-intensive practices and landscape improvements. These alternatives can have great potential to control the most prominent olive orchard pests such as *Prays Oleae* and *Bactrocera Oleae*, while avoiding pesticide contamination, the economic damage and above all the loss of biodiversity in this key crop for the economy and conservation in Andalusia. Promoting good biological pest control through conservation seems a possible alternative that combines the economic benefit and long-term sustainability of the olive grove.

Keywords: conservation, agricultural intensification, agro-ecosystem, pests, natural pest control, landscape complexity.

1. INTRODUCCIÓN

En los años 60, en Estados Unidos, empieza a usarse el concepto de “Revolución Verde” para definir el aumento de la producción agrícola que se estaba dando en el país y que, más tarde, se extendería a otros países del mundo. La “Revolución Verde” fue una transformación agrícola, basada en la mecanización de las labores agrícolas y la utilización de agroquímicos, con el fin de aumentar la producción mundial (Brown *et al.*, 1999). Este modelo agrícola, ya evolucionado, persiste en la actualidad. Todo este proceso de cambio en la agricultura, que se resume en la llamada intensificación agrícola, ha resultado un enorme incremento en los rendimientos en la mayor parte del mundo, pero también en crecientes impactos ambientales, en particular sobre la biodiversidad, los paisajes agrícolas y el funcionamiento de los ecosistemas (Matson *et al.*, 1997; Donald 2004).

La biodiversidad en el mundo está disminuyendo a un ritmo sin precedentes (Paul R. Ehrlich y Peter H. Raven, 2020). En los últimos años, se ha observado un aumento de pérdida de hábitat y una gran sobreexplotación de recursos, junto con el incremento de la extinción de especies. Los problemas ambientales se han agravado con el tiempo y se han producido ciertos cambios negativos en la biota que compone la parte viva del ecosistema, en diversas formas (Rockström *et al.*, 2009). En la actualidad, la tasa global de extinción de especies es más alta que la tasa promedio de los últimos 10 millones de años. Este gran impacto se debe en gran medida a la intensificación de la agricultura. El sistema alimentario mundial es el principal impulsor de la pérdida de biodiversidad, siendo la agricultura por sí sola una amenaza para 24.000 de las 28.000, (un 86%) especies en riesgo de extinción. Estos datos publicados en el 2021 se reflejan en el informe “Impactos del sistema alimentario en la pérdida de biodiversidad” impulsado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Chatham House y Compassion in World Farming. Es por tanto una prioridad para la sociedad humana y un reto para la Ecología encontrar modelos agrícolas que sean sostenibles y aseguren la producción sin comprometer la conservación de la diversidad y el patrimonio natural.

1.1. Intensificación agrícola

La superficie dedicada a la agricultura intensiva ha aumentado más de un 11% en las últimas décadas, por lo que también se ha incrementado en un 70% el uso del agua extraída de acuíferos, corrientes fluviales y lagos (FAO, 2009). Por otra parte, la agricultura es uno de los principales causantes de gases de efecto invernadero, con un 13.5 % de las emisiones mundiales (IPCC, 2007). Esta intensificación de la agricultura unida al incremento masivo del uso de pesticidas, la convierte en la causa principal de afectación al ecosistema a nivel mundial (PNUMA, 2021).

Diferentes estudios advirtieron que un aumento del 20% del rendimiento de los cultivos se asocia con una disminución del 9% de la biodiversidad (Beckmann *et al.*, 2019).

En cuanto a los procesos de intensificación, pueden agruparse en tres dimensiones, atendiendo a la escala espacial a la que tienen lugar (Tivy 1990; Benton *et al.*, 2003; Firbank *et al.*, 2007):

- Cambios a nivel de parcela o campo de cultivo: uso más intensivo de la maquinaria agrícola, incremento en el uso de fertilizantes y plaguicidas, mayor densidad y uniformidad en el cultivo y utilización de variedades de alto rendimiento, que facultan una mayor productividad.
- Cambios a nivel de paisaje: simplificación y uniformización de los paisajes agrícolas.
- Cambios a nivel regional: polarización del espacio, con grandes áreas contiguas dominadas por el mismo tipo de cultivo (monocultivo).

Respecto a sus consecuencias, en primer lugar, la agricultura puede afectar a las funciones de los ecosistemas y servicios que proveen las especies a través de la pérdida de diversidad biológica (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2008). La conversión de áreas naturales en campos de cultivo supone una disminución de amplias áreas del suelo, las cuales tienen su propia flora y fauna. También afecta al paisaje como consecuencia de la eliminación de cubiertas terrestres (Andren, 1994), coberturas vegetales y una perturbación de la estructura del suelo (Andreasen *et al.*, 2001). Otra posible consecuencia es la compactación del suelo, repercutiendo en la pérdida de vegetación, lo cual reduce la infiltración de agua al suelo, afectando al crecimiento de las plantas.

Esta falta de infiltración también genera erosión, inundaciones y la reducción de la recarga de los acuíferos (Ibañez, 2006).

La producción agrícola intensiva, puede también conducir a una serie de problemas como la degradación de la tierra, el exceso de extracción de agua de acuíferos, la salinización del suelo y la reducción de la diversidad. Además, la actividad agrícola afecta al movimiento y a la calidad del agua, la cual es esencial para la producción agrícola, así como para el mantenimiento del hábitat (Stoms *et al.*, 2002).

Otro aspecto importante es la reducción de especies de invertebrados, insectos y microorganismos debido a la aplicación de agroquímicos (entre ellas se encuentran bacterias fijadoras de nitrógeno, hongos micorrizales, lombrices u hormigas). Los agroquímicos y plaguicidas presentan un alto contenido en nitrógeno y son una fuente importante de contaminación de los recursos hídricos, tanto subterráneos como superficiales (UNEP, 2006).

En conclusión, el objetivo de la intensificación agrícola es aumentar la productividad y el rendimiento al máximo, pero esto presenta algunos inconvenientes que hacen que este modelo agrícola no sea sostenible a medio y largo plazo: efecto invernadero debido a la emisión de gases, explotación de recursos y abuso de fitosanitarios. Sin embargo, también hay estudios a favor de la agricultura intensiva ya que en ocasiones han mostrado un uso más reducido de agua y menor utilización de suelo con la misma producción de alimento (Cassman y Grassini, 2020).

1.1.1. *Monocultivos*

La intensificación agrícola también se caracteriza por el paso de sistemas policultivo a monocultivo, lo cual ha afectado a la heterogeneidad del paisaje reduciendo la cantidad de hábitats distintos disponibles (Bengtsson *et al.*, 2005). El monocultivo se trata de un sistema productivo agrícola que dedica toda la extensión disponible de la tierra para cultivar una misma especie. Esto favorece la mecanización y por tanto se precisa poca mano de obra, pero necesita medios tecnológicos más avanzados. A corto y medio plazo es muy ventajoso ya que permite obtener grandes beneficios con métodos de control sencillos de mantener. Sin embargo, resulta menos sostenible a largo plazo ya que degrada

el suelo y puede llegar a favorecer la aparición de plagas muy resistentes y difíciles de combatir. Como consecuencia se aplican más productos agroquímicos y los alimentos pueden llegar a contener exceso de químicos tóxicos (FAO, 2014).

La sobreexplotación del suelo, que es sometido a exigencias nutricionales del mismo cultivo por un largo tiempo, hace que se debilite el terreno y erosione con más facilidad, afectando al ecosistema natural compuesto por microorganismos, insectos y otros artrópodos y distintas especies de fauna vertebrada y de flora (Gómez *et al.*, 2014).

Un claro ejemplo de ello se encuentra en los olivares situados en toda la cuenca del Mediterráneo y en el sur de España. Estos han sufrido una fuerte intensificación en las últimas décadas, que ha provocado la pérdida de heterogeneidad por eliminación de vegetación natural. El estrato herbáceo es eliminado en ocasiones de manera persistente, y en otras antes del comienzo de la temporada seca para evitar la competencia hídrica. La falta de cubierta vegetal durante todo el año provoca grandes pérdidas de suelo por erosión, lo que por una parte ha favorecido la tendencia de mantener las cubiertas vegetales en las zonas centrales de las calles entre olivos (Gómez *et al.*, 2006). Los olivares han pasado de ser un cultivo muy extendido a ser un monocultivo relativamente industrializado. Entre el periodo 1750 y 2010 ha existido un cambio en la función social del cultivo, el manejo aplicado, el paisaje y un incremento en las consecuencias socioecológicas (Infante-Amate *et al.*, 2016).

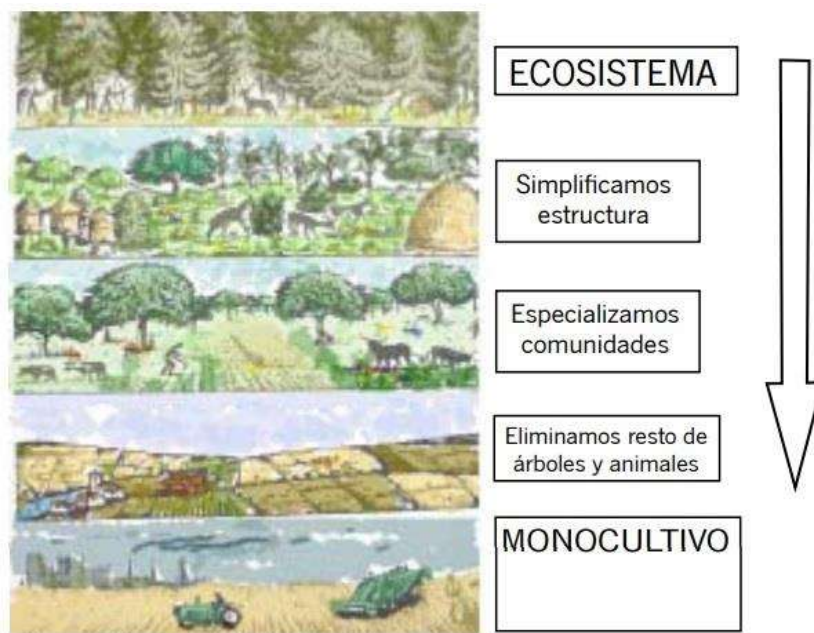


Figura 1. Proceso de transición desde un ecosistema complejo a un monocultivo (Rodríguez *et al.*, 2011)

1.2. Control biológico

Uno de los grandes problemas en consecuencia de la intensificación agrícola, como se ha mencionado antes, es el aumento de plagas en los cultivos agrícolas. Las plagas no sólo tienen un efecto negativo sobre la producción, sino que también afectan a todo el ecosistema. Las plagas prosperan rápidamente en el cultivo al encontrar una fuente concentrada y predecible de alimento.

Para prevenir, controlar o eliminar las plagas y poder tener así un mayor rendimiento en la agricultura se utilizan productos fitosanitarios (FAO, 2003). Sin embargo, se trata de sustancias químicas complejas que afectan al suelo y a las plantas, por lo que se produce un impacto en los diferentes niveles de un ecosistema (Garrido *et al.*, 1998). Además, los agroquímicos son arrastrados por las corrientes de aire y agua que permiten su transporte a grandes distancias. Especialmente los residuos volátiles, los cuales pasan a la atmósfera y regresan con la lluvia a otros lugares más lejanos (López-Geta *et al.*, 1992).

Los efectos contaminantes de los plaguicidas están provocados por distintos factores como:

- Uso de plaguicidas directamente en los cultivos de alimentos
- Vertidos accidentales

- Uso excesivo y sin control. La producción mundial de plaguicidas va en aumento en los últimos años, alcanzando más de 75 mil toneladas de productos fitosanitarios comercializados en 2019, siendo los mayoritarios funguicidas y bactericidas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021). Además, el 80% de ellos fueron empleados en Europa y Estados Unidos.
- Uso inadecuado de los productos. Manejo, desecho y almacenamiento inadecuado de los productos fitosanitarios.

Para evitar todos estos daños en los sistemas de producción y, por ende, en el medio ambiente, existen alternativas como el control biológico.

El control biológico por conservación favorece la presencia natural de enemigos naturales gracias a un buen manejo del olivar y su paisaje, con el objetivo de controlar los organismos que causan daños en los cultivos. El control biológico busca reducir la población de plagas garantizando la supervivencia de los enemigos naturales y evitando también los daños económicos, ya que como se ha indicado anteriormente los plaguicidas no solamente dañan al medio ambiente contaminándolo, sino que incrementan la resistencia de plagas (Fig. 2).

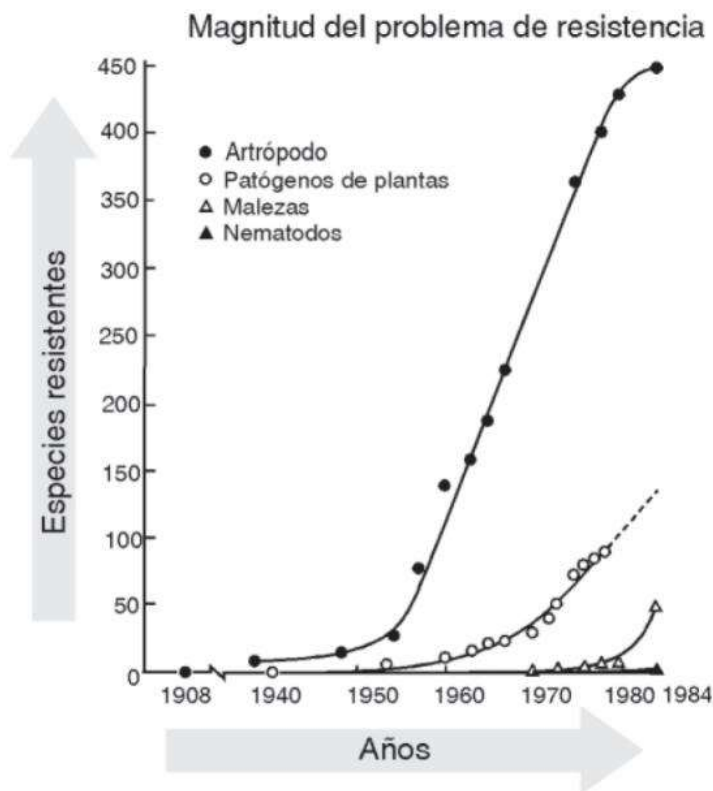


Figura 2. Incremento cronológico del número de especies de plagas resistentes a pesticidas (Nicholls, 2008)

Existen diferentes estrategias para el control biológico de plagas (Rodríguez *et al.*, 2010):

- Clásica: consiste en la introducción de una especie enemiga exótica para el control de la plaga a largo plazo. Se usa con frecuencia para controlar plagas no nativas o exóticas, es decir, aquellas que llegan a un territorio nuevo y no existen factores naturales que la controlen.
- Aumentativa o de incremento: consiste en incrementar la población de enemigos naturales mediante crías masivas y liberarlas varias veces al año. Se utiliza cuando el enemigo natural no logra controlar la plaga y acaba reduciéndose al cabo del tiempo. Puede ser inoculativa (los agentes liberados se multiplican para controlar la plaga durante un tiempo determinado) o inundativa (los agentes liberados son los que controlan la plaga).
- De conservación: consiste en la modificación del hábitat o de las prácticas utilizadas hasta el momento con el objetivo de proteger y aumentar la población de enemigos naturales nativos de ese entorno, de forma que se asegure su efecto contra la plaga, reproducción y supervivencia. Esta es

la opción más viable en el olivar, ya que es un espacio abierto que cubre enormes extensiones.

Un estudio muy destacado llevado a cabo en California, propuso como alternativa de control biológico por conservación el caso de *Anagrus erythroneura*, que parasita de manera eficaz los huevos de la chicharrita de la vid (una plaga que afecta a la uva). Como estrategia, los investigadores colocaron plantas hospedantes alternativas cerca de la viña como refugio de hibernación para el parasitoide (Doutt y Nakata, 1973).

Otros estudios han mostrado que un manejo agrícola más enfocado a la conservación del olivar favorece la presencia de *Anthocoris nemoralis*, un depredador natural de la polilla del olivo (*Prays oleae*). Este estudio se llevó a cabo en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de la Estación Experimental del Zaidín (EEZ) de Granada en el olivo. Se basó en una estrategia de conservación, en la cual se favoreció el efecto de un depredador natural de la plaga, la polilla del olivo (*Prays oleae*). *Anthocoris nemoralis* es un insecto autóctono de Europa conocido como “chinche pirata”. Es un depredador de ácaros, piojos y pulgones comúnmente empleado contra plagas en cultivos agrícolas incluyendo el olivo (Paredes, 2013).

Es un enemigo natural de *Prays oleae*, sin embargo, es atraído al olivar debido a una plaga secundaria, el algodoncillo del olivo o *Euphyllura olivina* y al establecerse en el olivo es capaz de controlar la plaga de la polilla y evitar la pérdida de gran parte de la producción aceitunas (Plata *et al.*, 2019).

En la siguiente gráfica (Fig.3) se puede comprobar cómo la presencia de un enemigo natural puede ser una estrategia eficaz para disminuir de manera permanente la abundancia de plagas en un agroecosistema.

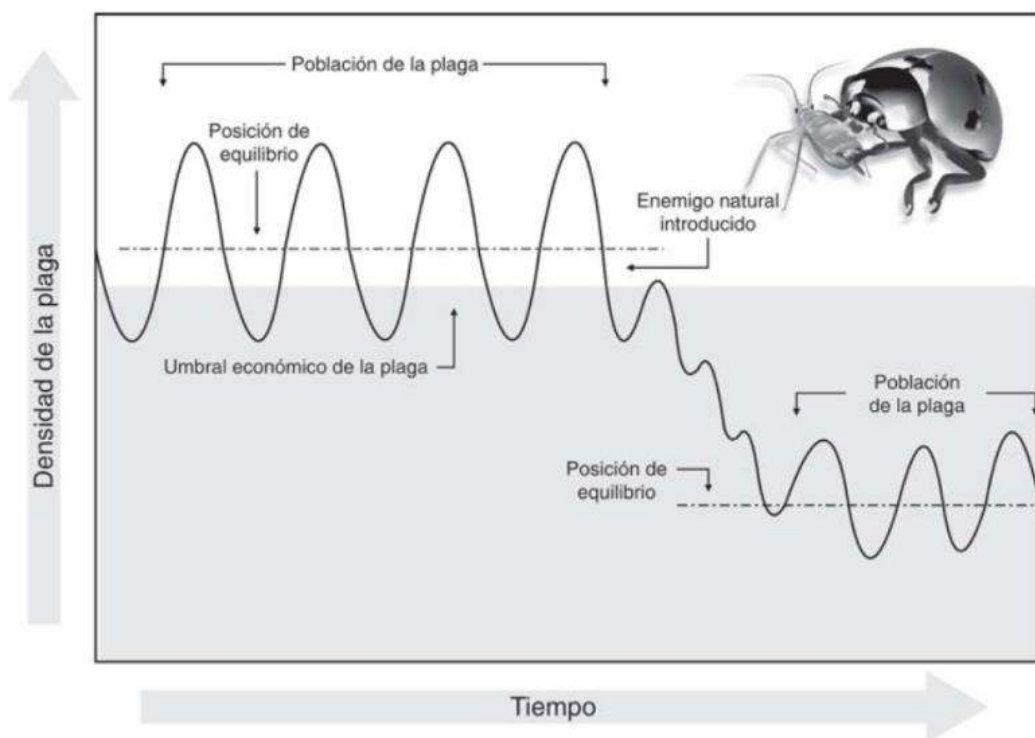


Figura 3. Efecto regulador de la introducción de un enemigo natural que ejemplifica el control biológico sobre una población plaga (Nicholls, 2008)

1.3. Importancia del olivar andaluz

El olivar andaluz es uno de los monocultivos más importantes del planeta que también sufre las consecuencias de la intensificación agrícola (FAO, 2012). Las plagas son uno de los problemas que perjudican a este sistema de producción, por lo que un control biológico beneficia la producción de alimentos y evita daños en el medio ambiente.

El olivo (*Olea europea*) tiene una especial importancia en España, donde es considerado uno de los árboles más antiguos. Es un cultivo clave en la cuenca mediterránea, tanto social, económica como ambientalmente (Rodríguez *et al.*, 2011). En España se encuentra el 25% de los terrenos cultivables del planeta de forma natural y el 80% de la producción mundial de aceite de oliva (hasta 2,5 millones de hectáreas dedicadas al olivar), especialmente en la zona mediterránea (ESYRCE, 2020). Andalucía es la región de mayor cultivo de olivar en España y el mundo. El olivar no se distribuye de forma regular sobre el territorio andaluz ya que Jaén y Córdoba acumulan dos terceras partes del olivar. En Jaén, este cultivo llega a ocupar casi el 90% de la superficie agraria útil y más del 40% de la superficie provincial total (Sánchez y Gallego, 2011).

Existen evidencias de la utilización de la aceituna hace 12 mil años en diferentes asentamientos paleolíticos y neolíticos en Andalucía (por ejemplo en :Nerja, Zuheros o Albuñol), donde se hallaron huesos del fruto del acebuche (Rodríguez-Ariza y Montes Moya, 2007). El acebuche u olivo silvestre (*Olea europea var. Silvestris*) se trata de una variedad de olivo considerada como el precursor de la que deriva el resto de las variedades actuales. Estos hallazgos ponen de manifiesto la relación entre la cultura del aceite de oliva y Andalucía desde épocas tempranas en la historia (Infante-Amate, 2012).

Conforme avanzamos, ya en el imperio Romano, Andalucía se convirtió en la región de mayor producción y exportación de aceite de oliva. Gran parte de los olivos fueron cultivados por pequeños agricultores para la producción de madera y forraje, así como alimentos, formando una economía campesina diversa. En la actualidad España cuenta con el mayor territorio natural de olivos del planeta, por lo que la cultura del aceite sigue estando muy vigente, convirtiendo a España en líder en la producción de aceite de oliva de calidad: aceite de oliva virgen extra (Infante-Amate, 2012).

El olivo es un árbol resistente, tradicionalmente de secano, ya que es capaz de desarrollarse en todo tipo de suelos y resiste a condiciones climáticas adversas como el calor y la sequía, aunque es sensible al frío. Este es un cultivo excelente para zonas del Mediterráneo ya que podría resistir en un futuro a las consecuencias del cambio climático, como la sequía. (Rodríguez-Ariza y Montes-Moya, 2007).

En las últimas décadas, el olivar ha sufrido una creciente mecanización e intensificación (Infante-Amate *et al.*, 2012) ya que se ha priorizado una mayor rentabilidad en la explotación (Castillo-Ruiz *et al.*, 2018). Esto ha desembocado en la reciente tendencia hacia el olivar súper intensivo. Los olivares súper intensivos, son formaciones continuas de olivos arbustivos, que reducen drásticamente la complejidad estructural y paisajística, así como la estabilidad temporal que el olivar, siendo un agroecosistema arbóreo, había aportado tradicionalmente. Aunque varios estudios están aportando información sobre los peligros ambientales y sociales de este modelo agrícola (Morgado *et al.*, 2020), el área dedicada al cultivo súper intensivo del olivar continúa en aumento. Esto hace que no se necesite personal para trabajar, ya que los sistemas de

recolección integral del olivar recogen y procesan el fruto con maquinarias como la cosechadora (Castillo-Ruiz *et al.*, 2018).



Figura 4. Olivar ecológico y olivar convencional (Rodríguez *et al.*, 2011)

Estudios previos en maquinaria de recolección del olivar han observado que el diseño de esta plantación afecta al trabajo de la cosechadora, ya que puede reducir la eficiencia de campo desde un 40% a un 10%, debido a la forma de la parcela y la orientación de las líneas de plantación (Castillo-Ruiz *et al.*, 2014).



Figura 5. Cosechadoras de aceitunas (olivar superintensivo) (Blanco-Roldán, G.L. y Gil-Ribes. J.A., 2009)

Aún son necesarios más estudios de la fauna presente en este agroecosistema para poder aplicar de manera segura y eficaz métodos para fomentar el control natural de plagas y evitar así la pérdida de un ecosistema de gran valor medioambiental que aporta bienestar socioeconómico a Andalucía (Martínez-Núñez *et al.*, 2020).

1.4. Plagas del olivo

Las plagas más destacadas en el olivar andaluz son las conocidas como Mosca del Olivo (*Bactrocerfa oleae*) y la Polilla del Olivo (*Prays oleae*). También el Barrenillo (*Phoebotribus scarabeoides*), Algodoncillo del Olivo (*Euphyllura olivina*) o Cochinilla de la tizne (*Saissetia oleae*), entre otras.

1.4.1. Prays oleae:

La Polilla del Olivo es un lepidóptero de la familia *Plutellidae*. Está distribuido por toda la Cuenca Mediterránea adaptado al olivo. Sus tres generaciones anuales se desarrollan en la flor, el fruto y la hoja.

El *Prays* adulto es una polilla gris plateada de 6 mm de longitud. El huevo blanquecino recién puesto y amarillo al eclosionar. Es lenticular y aplastado y tiene 0.5 mm de diámetro. La larva alcanza los 8 mm en su máximo desarrollo, y presenta una coloración marrón y verde. La crisálida la realiza protegida por sedas y restos vegetales o térreos tanto en la parte aérea como en el suelo.

Su ciclo biológico se compone de tres generaciones (Armendáriz *et al.*, 2007):

- Generación filófaga: Esta generación daña las hojas del olivar. Durante octubre y noviembre, los lepidópteros adultos depositan sus huevos en las hojas y las larvas recién nacidas permanecen en su interior durante el invierno. En febrero aumenta su actividad con los cambios de temperatura. Cambian varias veces de hoja y finalmente se alimentan de yemas y hojas. Terminando su desarrollo, la oruga crisálida en el interior de un capullo sedoso, sobretodo en el envés de las hojas donde surge el adulto en 2 semanas sobre abril-mayo.
- Generación antófaga: Esta generación daña a las flores. Los adultos procedentes de la generación invernante en abril y mayo,

depositan los huevos en los botones florales cerrados, con marcada preferencia sobre el cáliz. Las larvas penetran en el botón floral y se alimentan de las anteras y el estigma (el polen), produciendo la muerte de la flor. El último estado larvario se presenta a finales de mayo y durante el mes de junio. Crisalida en los brotes fructíferos y se protege con restos de flores secas unidas por sedas. Esta generación se completa en un mes y medio, emergiendo los adultos en 7 días.

- Generación carpófaga: Esta daña los frutos. En junio aparecen las polillas y realizan la puesta principalmente en el cáliz. Cuando nacen las larvas, penetran en la aceituna para introducirse en el hueso. Se alimentan de la semilla hasta que, a mediados de septiembre, salen de la aceituna para crisalidar en el suelo. Este periodo dura hasta finales de octubre.

Los daños producidos por la generación filófaga son imperceptibles. En la generación antófaga sólo afecta en la futura cosecha en casos de nivel de floración medio o bajo y densidades altas de población. Y por último, en la generación carpófaga, se produce una primera caída de frutos pequeños, sobre todo aceitunas de mesa. El daño más grave ocurre a partir de septiembre, cuando la larva al salir del fruto hace que éste caiga al suelo.

En su control biológico existen organismos auxiliares, que actúan como enemigos naturales (Red de Alerta e Información Fitosanitaria de Andalucía, RAIF): *Bacillus thuringiensis*, *Angitia armillata*, *Apanteles xanthostigmus*, *Chenolus eleaphilus*, *Ageniaspis fuscicolis*, *Elasmus flabellatus*, *Elasmus masil*, *Trichogramma* y *Xanthandrus comtus*.

1.4.2. *Bactrocera oleae*:

Bactrocera oleae, conocida comúnmente como la mosca del olivo, es un díptero de la familia *Tephritidae*.

El adulto es una mosca típica de 4-5 mm de longitud. El color de su cuerpo está formado por tonos marrones con un triángulo de color amarillo en el dorso. En los extremos de sus alas tienen una pequeña mancha oscura.

Las hembras son un poco más grandes que los machos y al final del abdomen tienen un ovíscapo muy visible. El huevo es blanco, cilíndrico y alargado. Son

depositados bajo la epidermis de la aceituna. La larva de estos dípteros tiene la cabeza muy pequeña y el final del abdomen ancho, que pasa de color transparente a blanco. Alcanza los 7-8 cm en su máximo desarrollo. La pupa tiene forma de barril y es de color castaño.

En cuanto a su ciclo biológico, los adultos vuelan casi todo el año excepto en abril y mayo que llegan a desaparecer. A partir de junio, los huevos no toleran las altas temperaturas y la baja humedad ambiental y mueren.

En otoño, la mosca vuelve a activarse aumentando los índices de aceituna picada y comienzan a encontrarse todos los estados de desarrollo, solapándose las generaciones (Armendáriz *et al*, 2009).

Referente a los daños que provoca la Mosca del Olivo, la recogida de frutos (aceitunas de mesa) es despreciada debido a la marca que deja la hembra al poner el huevo y la destrucción de tejidos durante la evolución larvaria. Y en la aceituna para aceite, se tienen en cuenta tanto los daños directos (pérdida de peso y caída prematura del fruto) como los indirectos (aumento de la acidez). En cuanto a los daños económicos, se considera que por encima de un 10% de los frutos atacados por este insecto es una pérdida económica.

Su fauna auxiliar es la siguiente en la RAIF: *Psytallia concolor*, *Eupelmus urozonus*, *Pnigalio mediterraneus*, *Eurtimo marteli*, *Cyrtoptyx latipes* y *Lasioptera berlesiana*.

2. PRINCIPALES ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS EN EL OLIVAR

2.1. Manejo agrícola

El manejo del suelo es otro factor que afecta al control biológico y que, a su vez, puede mostrar efectos sinérgicos con la complejidad del paisaje, de la cual se hablará más adelante en este trabajo. El manejo intensivo utiliza recursos como la tecnología (maquinaria pesada para tratar la tierra), productos químicos, riego abundante, etc., para producir el máximo rendimiento posible y una mayor producción con el fin de maximizar beneficios. Esto, de forma negativa, también provoca una serie de consecuencias como la deforestación, la degradación de

los suelos, la aparición de especies resistentes a los productos químicos, un impacto en el hábitat natural y en la salud humana y la contaminación en el agua (EOS, 2021), (PNUMA, 2021). Para evitar estos daños, se lleva a cabo el manejo extensivo, que busca aprovechar el suelo y sus recursos naturales. Combina los recursos que ofrece la naturaleza con los propios del trabajo agrícola (Landis *et al.*, 2000).

En una de las obras que más impacto ha tenido en el ámbito del control biológico, se establecen los principios del manejo de hábitat para la conservación de enemigos naturales de plagas de artrópodos en la agricultura (Landis *et al.*, 2000). El manejo extensivo se lleva a cabo mediante la instalación o el manejo de infraestructuras ecológicas adecuadas para proporcionar alimento, presas y refugio a los enemigos naturales (Paredes *et al.*, 2013). Por ejemplo, la instauración de franjas de cubiertas vegetales (leguminosas y gramíneas) entre las calles del cultivo (Smith *et al.*, 1996). Para la utilización de cubiertas vegetales en condiciones climáticas se utiliza también un manejo del suelo, que promueve el incremento en la biodiversidad llegando a tener sostenibilidad (Mas y Verdúl, 2005).

Otra forma de control biológico a través del manejo extensivo es la instalación de plantas con néctar para mantener e incrementar las poblaciones de artrópodos en el campo de cultivo (Simpson *et al.*, 2011). Algunos artrópodos pueden alimentarse de polen como adulto y de las plagas del olivo cuando se encuentran en estado larvario. Este es el caso de *Chrysoperla carnea*, que ha mostrado ser un gran depredador natural del *Prays oleae* (Ruiz, 2012).

En un experimento que duró 3 años en un huerto de olivos, se testó el efecto de la composición de distintos cultivos de cobertura en la escorrentía, la erosión hídrica, la diversidad de plantas anuales y las comunidades de artrópodos que podrían proporcionar una alternativa al manejo convencional basado en la labranza. Se evaluaron distintos cultivos de cobertura vegetal como gramíneas homogéneas sembradas, otra cubierta donde se sembraron diez especies diferentes y otra cubierta natural (no sembrada) de una granja después de 20 años de siega. Se llegó a la conclusión que los cultivos de cobertura heterogéneos proporcionan una alternativa a los homogéneos, beneficiando así la reducción de la escorrentía y la pérdida de suelo. También se comprobó una mayor diversidad de especies vegetales y un aumento de depredadores para las

plagas. Y por último una mejora de las técnicas de siembra y la reducción del costo de implantación de cultivos de cobertura heterogéneos. Todos estos resultados conceden unos beneficios ambientales (Gómez *et al.*, 2014).

2.1.1. *Mantenimiento de la cubierta vegetal*

La mayor parte de los olivares en Andalucía tienen suelos altamente degradados por la erosión hídrica y la degradación física y biológica (Guzmán *et al.*, 2018). La degradación física del terreno, entendida como la pérdida de la porosidad, permeabilidad y estabilidad estructural, se produce por prácticas culturales inadecuadas como el mantenimiento del suelo desnudo, la escasa aplicación de materia orgánica en el suelo, la aplicación de herbicidas y plaguicidas, la compactación por el exceso de maquinaria y un excesivo trabajo del suelo (Saavedra, 2015).

La cubierta vegetal en el olivar es una herramienta bastante eficaz para combatir la erosión, aumentar el contenido en materia orgánica y fomentar la biodiversidad (Siles, 2018). También promueve el control natural de plagas, especialmente en cultivos perennes, ya que el uso de plaguicidas en la agricultura convencional presenta varios riesgos para los seres humanos y el medio ambiente, sumando que puede resultar ineficaz a lo largo plazo ya que las plagas pueden desarrollar resistencia a los plaguicidas. Un método que parece ser eficaz, es el mantenimiento de la cubierta vegetal o la restauración de la vegetación adyacente al cultivo.

La protección vegetal en el cultivo ecológico del olivar debe integrarse en una estrategia de gestión global en la que la promoción de la biodiversidad y la mejora de la fertilidad del suelo sean imperativos. Tanto la biodiversidad como las buenas condiciones del suelo ayudarán a prevenir plagas y enfermedades (Guzmán *et al.*, 2018).



Figura 6. Tipos de cubierta vegetal en la provincia de Jaén (Siles, 2018).

Las cubiertas vegetales tienen un papel muy importante en el mantenimiento de los enemigos naturales de las plagas, ya que la flora ofrece a los insectos alimento como el polen, néctar y diversas presas (Marshall *et al.*, 2003). La vegetación ofrece refugio favoreciendo la presencia de poblaciones estables de enemigos naturales, capaces de controlar a los insectos-plaga cuando sus poblaciones empiezan a crecer, pues de manera prominente, el uso de herbicidas y la labranza ha disminuido la diversidad de plantas y ha contribuido al filtrado taxonómico y funcional de sus comunidades. La disminución de la diversidad de vegetación ha generado efectos sobre los artrópodos (Martínez-Nuñez *et al.*, 2019).

Numerosos estudios como los que se indican más adelante, han demostrado en estas dos últimas décadas que una cubierta vegetal aparte de desempeñar sus funciones esenciales (como retener el agua de la lluvia, purificar el aire, reducir temperatura, etc.) también puede favorecer el control natural de plagas.

Además, en un estudio de los diferentes tipos de flora presentes en la provincia de Córdoba, se destaca la presencia en el olivar de flora mediterránea (casi el 70% de las especies) con numerosos endemismos (4%), por lo que se trata de

un agroecosistema que conserva una importante diversidad y riqueza vegetal, de alto valor natural y notable adaptación del medio (Guzmán *et al.*, 2018). Incluso recientemente se ha descrito una nueva especie en el olivar, que era hasta ahora desconocida (Blanca *et al.*, 2018). Es la gran estabilidad temporal y estructural una de las claves que le confieren cierta similitud con el medio natural. Estas características, junto a una elevada diversidad y mayor número de enemigos naturales, hace que el mantenimiento de la cubierta herbácea sea una estrategia potencial para disminuir las enfermedades y las plagas en el olivar. En el estudio de insectos que se llevó a cabo en los olivares de Córdoba (Fig. 7), se puede ver una enorme abundancia relativa de los enemigos naturales (parasitoides y depredadores) en comparación a los insectos “plaga”.

33%	Parasitoides	Éstos son los enemigos naturales de las plagas y las controlan de forma natural si están presentes
21%	Depredadores	
20%	Neutrales	Estos insectos son muy importantes en el medio natural, ya que no afectan al olivar pero contribuyen a mantener la biodiversidad.
8%	Polinizadores	
3%	Descomponedores	
15%	Fitófagos	Sólo un 15% podían ser plagas potenciales.

Figura 7. Representación de enemigos naturales sobre los insectos plaga en la provincia de Córdoba (Guzmán *et al.*, 2018)

En la siguiente figura (Fig. 8), se muestra el efecto de la cubierta vegetal sobre la población de parasitoides en olivares ecológicos. En el olivar ecológico sin cubierta hay muy pocos parasitoides para el control de plagas.

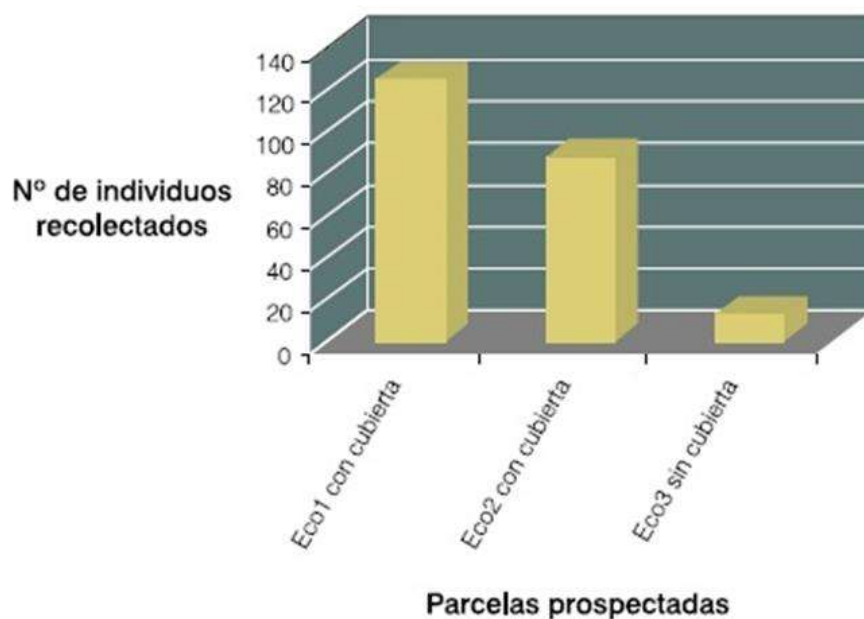


Figura 8. Efecto de la cubierta vegetal sobre la población de parasitoides en olivares ecológicos en la provincia de Córdoba (Guzmán *et al.*, 2018)

Se ha comprobado que algunas plantas aromáticas, como el tomillo o la olivarda, son un atrayente para especies de himenópteros que son grandes depredadores de la Mosca del olivo (*Bactrocera oleae*) y la Polilla del olivo (*Prays oleae*) (Guzmán *et al.*, 2018).

2.1.1.1. Fauna auxiliar

Los himenópteros parasitoides son uno de los grupos de artrópodos más importantes que se desarrollan dentro de las agallas. La mayoría pertenece a la familia *Chalcidoidea*, formada en su totalidad por avispas parasitoides de diferentes artrópodos. Las avispas de esta familia, inoculan los huevos en el interior del cuerpo de las larvas de los distintos cinípidos formadores de agallas mediante sus largos ovoposidores, ya que sus hospedadores se encuentran dentro de las agallas. Más tarde acaban emergiendo los adultos de las avispas parasitoides.

Una de las plagas más relevantes del olivar, anteriormente nombrado, es la Moca del Olivo (*Bactrocera oleae*), junto a la polilla del olivo (*Prays Oleae*) y la cochinilla del olivo. Estas plagas presentan depredadores que se encuentran de forma natural en el olivar.

- *Bactrocera oleae*

En cuanto a la fauna auxiliar como control biológico, destacan algunos como *Psytallia concolor*, *Euritoma marteli*, *Cyrtoptyx latipes*, *Pnigalio mediterraneus*, *Lasioptera berlesiana* y *Eupelmus urozonus*.

Eupelmus urozonus es un himenóptero ectoparásito polífago que completa dos o tres generaciones en verano sobre larvas de *Bactrocera oleae*. Al final del otoño se desarrolla sobre otros tefrítidos asociados a *Ditrichia viscosa* o también conocida como “olivarda”, “altabaca” o “hierba mosquera”. Esta es, una especie asociada al olivar, la cual florece en septiembre y cuyas flores son muy sensibles al ataque del díptero *Myopites stylata*, que les provoca unas agallas florares. Estas agallas juegan un papel fundamental en el ciclo biológico de este himenóptero parasitoide, que las utiliza como refugio seguro de hibernación, siendo uno de los principales enemigos de la mosca del olivo. También funciona la presencia de otras plantas como la alcaparrera (*Capparis spinosa*) como medida para el control de esta plaga, ya que favorece el establecimiento de parasitoides, así como la presencia de setos en las lindes que permiten la actuación de los enemigos naturales autóctonos (Martín y Ruiz, 2014).

- *Prays oleae*

Un estudio realizado en 2021 por algunos componentes del Departamento de Zoología de la Universidad de Granada (Álvarez, Jiménez-Muñoz, Morente y Ruano, 2021) y otro componente del Departamento de Protección Ambiental de Granada (CSIC), (Campos) indica que la cobertura del suelo afecta positivamente a la depredación de huevos de *Prays Oleae*.

También se ha observado en estudios realizados sobre la entomofauna del olivar que *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) es uno de los principales depredadores entomófagos ejerciendo un papel importante en el control biológico de una amplia gama de cultivos, en el que destaca el cultivo del olivar. Esta especie tiende a habitar en cubiertas vegetales por la presencia de flores ya que en su estado adulto se alimenta de polen (González-Ruiz *et al*, 2017). Los estudios realizados recientemente indican la presencia de cuatro especies en los olivares andaluces como *Chrysoperla affinis*, *Chrysoperla lucasina*,

Chrysoperla carnea y *Chrysoperla agilis*. Esta última es la principal responsable de la depredación oófaga sobre *Prays oleae* (González-Ruiz *et al.*, 2017).

Se ha investigado la efectividad del control biológico de *Prays Oleae* en huertos de olivos orgánicos con cobertura del suelo (segado) y sin cobertura del suelo (labrado) y los resultados mostraron que hay una alta tasa de depredación en los huertos de olivos. El 81% los huevos fueron predados, el 12,2% eclosionaron y el 6.9% fueron huevos vivos. Aunque los huertos segados eran más efectivos que los huertos labrados en cuanto al control de *Prays Oleae* por medio de la depredación de huevos. Las familias de los insectos enemigos como *Anthocoridae*, *Miridae* y *Scelionidae* era significativamente mayor en los huertos segados. En conclusión, el mantenimiento de la cobertura del suelo en huertos de olivos orgánicos, en junio y julio, afecta positivamente la depredación de huevos de *Prays oleae*.

- *Saissetia oleae*

El control natural de la cochinilla del olivo se lleva a cabo mediante depredadores como *Chilocorus bipustulatus*, *Metaphycus helvolus*, *Scutellista cyanea* y *Coccophagus lycimnia*.

Aparte de todos los enemigos nombrados anteriormente para combatir las plagas más destacadas del olivar, existen estudios que indican que otros himenópteros, como las hormigas, o arácnidos también afectan positivamente al control de plagas del olivar.

Algunos estudios han comprobado que las hormigas son también efectivas contra las dos plagas más destacadas, nombradas anteriormente, la polilla y la mosca del olivo. Un equipo de investigación de la Universidad de Jaén ha creado el Índice de Potencial de Depredación, que establece la voracidad y probabilidad de ataque de las distintas especies de hormigas hacia estas dos plagas.

Este estudio, duró dos años y fue financiado a través del Life “Olivares Vivos” y el proyecto AGRABIES, del plan Nacional de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación. Se seleccionaron 40 olivares en toda Andalucía, 20 intensivos, en los que se remueve la cubierta herbácea y el resto, extensivos, donde se conserva. Indicaron que el manejo extensivo y la complejidad del paisaje aumenta el control de orugas de la polilla del olivo por hormigas en los

olivares, en lo que se comprobó que la hormiga *Tapinoma nigerrimum* es la más efectiva para acabar con la mosca y la polilla. En conclusión, el mantenimiento de la cobertura vegetal, la agricultura ecológica y una cierta complejidad del paisaje es beneficioso para las comunidades de hormigas y para el control de plagas en el olivar andaluz (Martínez-Nuñez *et al.*, 2021).

En una investigación en el olivar, se midió la abundancia de enemigos naturales como arañas, hormigas depredadoras y parasitoides en 40 modelos diferentes en cuanto a cobertura vegetal. Se observó mayor abundancia de arañas, parasitoides y el hemiptero *Deraeocoris punctum* y concluyeron que la vegetación leñosa y herbácea influye en las poblaciones de depredadores naturales en los cultivos de olivo, aunque hacen una distinción entre plantas leñosas grandes y pequeñas, observando menor abundancia de enemigos naturales en las pequeñas (Paredes *et al.*, 2013). Sin embargo, en 2015, los mismos autores realizaron un seguimiento de cuatro especies de plagas del olivo (*Prays oleae*, *Bactrocera oleae*, *Euphyllura olivina* y *Saissetia oleae*) en más de dos mil olivares en toda la región de Andalucía. Además, se tuvo en cuenta la cobertura vegetal, la complejidad del paisaje y la variabilidad local y regional para analizar la abundancia de plagas. No se vieron efectos significativos de la cobertura vegetal sobre el control biológico de plagas, debido en gran parte a la variabilidad entre las distintas áreas analizadas (Paredes *et al.*, 2015).

En general, la cubierta vegetal en cultivos de olivares resulta beneficiosa para el control de plagas típicas del olivo. Sin embargo, no se observa ningún impacto sobre las plagas *Prays oleae*, *Bactrocera oleae* y *Otiorrhynchus cribicollis* cuando la cobertura vegetal se trata de plantas de cereales (Rodríguez *et al.*, 2009).

Otro estudio de forma general, vuelve a confirmar que la cubierta vegetal es necesaria e ideal para el control de plagas del olivar. Esta vez se habla de una cubierta vegetal madura, que provee a la red trófica del olivo de nuevos taxones eficientes para el control biológico de plagas (Álvarez *et al.*, 2019). En este trabajo se evaluaron los efectos de la madurez en la cubierta vegetal sobre la comunidad de artrópodos (refiriéndose a los enemigos naturales) presentes en la copa del olivo. Se realizaron varios ensayos en el mismo olivar ecológico en dos periodos de tiempo separados por más de 10 años y se llegó a la conclusión que el establecimiento y maduración de la cubierta vegetal afecta

a la estructura y complejidad de la red trófica de la copa del olivo. En cuanto a la cantidad de taxones de parasitoides, omnívoros y herbívoros no se perciben grandes cambios, mientras que hay un aumento de depredadores entre los dos periodos, lo que hace crecer la vulnerabilidad de los herbívoros. El número de taxones de depredadores aumenta el doble manteniendo la misma proporción de número de presas por taxón.

Por último, la cubierta vegetal y la biodiversidad tienen una relación muy importante, ya que la biodiversidad se ve favorecida por esta. La cubierta vegetal y sus restos proporcionan hábitats para el desarrollo de muchos organismos. Los restos son una fuente de materia orgánica que sirve como fuente de carbono orgánico y de energía para la macrofauna, mesofauna y microfauna, por lo que la biodiversidad aumenta en los olivares con cubierta vegetal. Ramírez, (2019) señaló que se podía encontrar una gran cantidad de fitófagos y parasitoides en las cubiertas, como los nombrados en otros estudios, *Dittrichia viscosa* (olivarda), *Bactrocera oleae* y el parasitoide *Eupelmus urozonus*. Se considera un modo de la lucha eficaz contra las plagas del olivar andaluz (Paredes y Campos, 2013).

2.1.2. La labranza en el olivar

El método de labranza empleado en el cultivo consiste en realizar surcos en el suelo con el objetivo de facilitar el riego y la circulación del agua. La labranza favorece la siembra haciendo menos compacta la tierra y exponiendo a los posibles insectos o gusanos plaga en la superficie, como forma de control biológico. Existen tres métodos de labranza:

- Labranza convencional: consiste en realizar surcos con ayuda de maquinaria que corta la parte superficial del suelo, reduciendo la cubierta vegetal y erosionando el suelo más rápidamente.
- Labranza de conservación: utiliza de manera mínima maquinaria de arado, manteniendo residuos superficiales del cultivo anterior. Se conserva la humedad y la cubierta vegetal, se airea el suelo, se conserva la biodiversidad y hay menor riesgo de erosión. No aumenta la producción agrícola, pero reduce el impacto de labor del suelo. Se combina con la rotación de cultivos.

- Labranza cero: consiste en la siembra directa del cultivo sin previa labranza. Al no airearse el suelo ni eliminar malezas, esta técnica exige el uso de herbicidas y fertilizantes. Se evita la erosión del suelo, pero el uso de sustancias químicas supone un riesgo mayor para el medio ambiente.

Para un control biológico, se adopta la labranza de conservación. Dejar los residuos de los cultivos anteriores sobre la superficie del suelo para su descomposición, incrementa la materia orgánica, lo cual proporciona alimentos para los microorganismos. Otras operaciones de labranza mineralizan el nitrógeno del suelo, lo que ayuda al crecimiento de las plantas (que sirve para el mantenimiento de una buena cubierta vegetal). Estos procesos de labranza también favorecen la aireación e infiltración del suelo, por lo que también se reduce la erosión hídrica y eólica. También conserva la humedad, lo que es muy necesario para el cultivo del olivar. Otra ventaja es que la temperatura en el suelo es menor en verano (Baker *et al.*, 2009).

En conclusión, la labranza de conservación ayuda a mantener un suelo favorable para el desarrollo de enemigos naturales. La labranza ocasional también favorece una buena comunidad de especies herbáceas. Se labra el suelo cada cierto tiempo removiendo el banco de semillas y permitiendo que estas germinen (FAO, 2008).

2.2. Complejidad del paisaje

Otro efecto perverso de la extensión e intensificación de la agricultura es la simplificación y homogeneización del paisaje. La amplitud del territorio ocupado por el mismo tipo de cultivo como la eliminación de hábitats no agrícolas conlleva perjuicios para la conservación y favorece a su vez la aparición de plagas (Wagner, 2017). Esto afecta a la biodiversidad y al correcto funcionamiento de los métodos de control biológico mencionados anteriormente en este trabajo, debido a que estos hábitats proporcionan un ambiente adecuado para el desarrollo y la supervivencia de los enemigos naturales de las plagas (Bianchi *et al.*, 2006). Al simplificar el paisaje, las plagas tienen mayor disponibilidad de recursos, fácil acceso a ellos, y además no hay suficientes agentes de control de plagas (depredadores).

Existen estudios que ponen de manifiesto el mejor funcionamiento del control biológico de plagas en paisajes complejos (que contienen hábitats herbáceos o boscosos), que en aquellos más simples (que sólo contienen zonas agrícolas) (Tschirntke *et al.*, 2005). Además, un conjunto de paisajes agrícolas diversificados pueden ser reservorios de diferentes poblaciones de enemigos naturales, lo que resultaría beneficioso tanto para el ecosistema como para los cultivos: poblaciones de agentes de control biológico altas, colonización de los cultivos, reducción de la densidad de plagas y daño al cultivo, y aumento de la productividad y los beneficios económicos (Bianchi *et al.*, 2006).

También se defiende la mayor efectividad de los paisajes de complejidad intermedia en cuanto a la conservación del ecosistema y la biodiversidad en un estudio llevado a cabo por Jonsson *et al.* (2015). Esta postula la eficacia de las medidas agroambientales para la conservación moderada por el paisaje estructuralmente simple, en lugar de paisajes despejados (es decir, extremadamente simplificados) o en paisajes complejos (Tschirntke *et al.*, 2005; Concepción *et al.*, 2012). En paisajes de complejidad alta, la biodiversidad y el funcionamiento que se asocian a los servicios ecosistémicos, como la polinización o el control de plagas, es alta en todos sus aspectos, por lo que las medidas agroambientales de conservación no producirían un efecto claro (Tschirntke *et al.*, 2012).

Un estudio científico realizado en 2020, por un equipo de investigación del Grupo de Protección Vegetal de la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas de la Estación Experimental del Zaidín (Granada), publicado en la Revista Ecosistemas de la Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET), demuestra que la proporción de hábitat natural que rodea la finca de olivos juega un papel decisivo en el control natural de la plaga *Prays oleae*.

Este experimento se ha llevado a cabo en los olivares de Granada, dónde se encontraba presente esta plaga, junto con el depredador *Anthocoris nemoralis* que hiberna en el hábitat natural que rodea el cultivo. Este insecto se encuentra en la corona del olivo cuando el fruto se está desarrollando, reduciendo así la plaga de *Prays oleae*. Por lo que los investigadores han confirmado que al aumentar el hábitat natural que rodea los olivos se produce un efecto natural que favorece la presencia de este depredador, *Anthocoris nemoralis*.

Lo más curioso de este estudio es que el depredador se desplaza desde el hábitat natural hasta el olivo atraído por la presencia de una plaga secundaria, el algodoncillo del olivo (*Euphyllura olivina*). Y una vez que se encuentra en el olivo acaba actuando como un agente biológico de control sobre la población de polillas del olivo, eludiendo así pérdidas de producción.

Algunos estudios, han mostrado que las hormigas eran muy efectivas como agentes de control biológico en olivar, contra las dos principales plagas: la polilla y la mosca del olivo. La abundancia de estas hormigas depredadores era mayor en cultivos no intensivos, con cubierta vegetal herbácea y cierta complejidad en su paisaje, aunque la hormiga *Tapinoma nigerrimum* parecía no afectarse por la complejidad o la heterogeneidad del paisaje (Martínez-Núñez *et al.*, 2021).

En el siguiente estudio realizado por Rey *et al.*, (2019) se evaluaron los factores que influyen en la biodiversidad mediante el análisis del efecto del tamaño y marco de plantación, la cobertura herbácea y la complejidad del paisaje circundante en veinte plantaciones distribuidas por Andalucía, desde Jaén a Cádiz. Se estudió la abundancia y riqueza de aves, de hormigas y de flora arvense (cubierta herbácea). Se realizaron censos mensuales de estos seres vivos en las 40 plantaciones de 20 localidades, en abril a junio de 2016. Para ello se seleccionaron olivares que cumplían una serie de requisitos como el tamaño de plantación, el estado de la cubierta herbácea, el tipo de manejo y la complejidad del paisaje y se clasificaron por categorías. Los resultados mostraron que en los olivares hay una gran biodiversidad pero que su estado varía según la práctica de manejo agrícola y el escenario de complejidad del paisaje en que se desarrolla el cultivo. La complejidad del paisaje favorece al grupo de las aves, ya que se observó una mayor abundancia y riqueza de estas. También se demostró que la eliminación de la cubierta implica la reducción de un 30% en flora arvense, un 18% en aves y un 9% en hormigas. Por lo que la eliminación de cubiertas impacta negativamente en la biodiversidad. Para impulsar la biodiversidad de aves e insectos del suelo a escala local y regional una alternativa es el mantenimiento de cubiertas naturales y nativas del territorio. Por otro lado, Martínez-Nuñez *et al.*, (2021), evaluó en un diseño experimental la eficacia de aves insectívoras para controlar las dos principales plagas del olivar y se investigaron los efectos de la complejidad del paisaje. Como resultado, se observó que la abundancia de estas aves era mayor en aquellos cultivos con

heterogeneidad paisajística. En cuanto al control de plagas, no se observó ninguna reducción en las dos plagas estudiadas, por lo que se concluye que la heterogeneidad del paisaje aumenta la abundancia y riqueza de aves insectívoras pero el control de plagas carece de utilidad en el olivar.

Como se ha comprobado ya en varios estudios, las aves insectívoras se benefician de la complejidad del paisaje. El aumento de la heterogeneidad ambiental por medio de la siembra de cubiertas vegetales y/o la implantación de linderos y setos es una medida bastante eficaz y positiva sobre la fauna avícola. Castro- Caro, Barrio y Tortosa (2014), demostraron que la siembra de cubiertas vegetales en los olivares aumentó la riqueza y abundancia de especies avícolas, tanto en sistemas homogéneos como en heterogéneos.

Un factor bastante notorio para la biodiversidad de aves en los cultivos agrícolas es el incremento de depredación que se produce cuando los paisajes se vuelven más simples. (Carpio, Guerrero-Casado, Tortosa y Vicente, 2013). Esta simplificación también afecta a las especies que nidifican el suelo, ya que la maquinaria pesada utilizada en las labores agrícolas destruye sus nidos, disminuyendo así en gran parte el éxito reproductor de las especies (Guerrero *et al.*, 2012). La eliminación de la vegetación natural causa la escasa disponibilidad de lugares adecuados para anidar para no ser localizados por los depredadores, por lo que la tasa de depredación es bastante elevada en estos sistemas de cultivo tan simplificados.

Carpio, Castro-Caro y Tortosa (2016) evidenciaron una disminución de la tasa de depredación de nidos ubicados en el suelo gracias a la presencia de cubierta vegetal. Esto se debe a un efecto combinado de una mayor disponibilidad de refugio que dificulta la detección de nidos en relación a una mayor abundancia de alimento en los cultivos con cubierta herbácea.

2.3. Interacción entre el manejo agrícola y el paisaje

Tradicionalmente en ecología, se ha estudiado mucho el efecto de las prácticas locales en la biodiversidad. Pese a que el manejo local del cultivo a menudo afecta a la diversidad y servicios ecosistémicos que encontramos en un agroecosistema, en ocasiones se ha visto que el manejo agrícola no es en sí mismo determinante (FAO, 2011). Es por ello que los cambios en el manejo

promovidos por ayudas como las AES (Agro-Environmental Schemes) en ocasiones no son eficientes (Kleijn *et al.*, 2001). Esto implica que los pagos por servicios ecosistémicos a agricultores no redundan en ganancias de diversidad a escala de finca. Es por ello que posteriormente se ha hecho más énfasis en la interacción entre paisaje y manejo. Es decir, las diferencias en diversidad y servicios ecosistémicos generadas por las diferencias en el manejo, dependen a su vez del contexto paisajístico (Concepción *et al.*, 2008; Tschantke *et al.*, 2005).

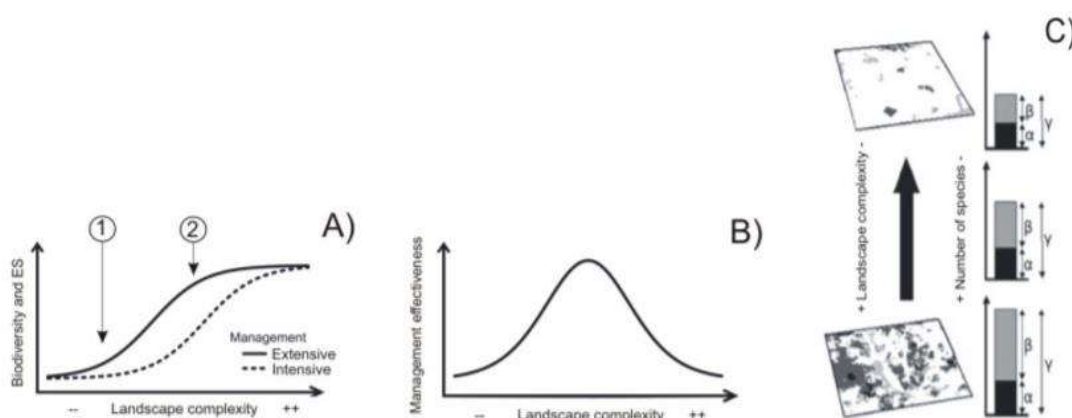


Figura 9. A) Efectos no lineales de la complejidad del paisaje circundante y la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas en los campos de cultivo, destacando el umbral de efecto mínimo (1) y el punto de saturación (2). La gestión intensiva (línea punteada) conduce a una respuesta retardada a la complejidad del paisaje. B) Los efectos de la extensificación local serían máximos en niveles intermedios de complejidad del paisaje. C) La complejidad del paisaje aumenta la diversidad de especies en los campos de cultivo, principalmente debido al aumento de la diversidad Beta y a los efectos indirectos de los hábitats seminaturales circundantes (Concepción *et al.*, 2012; Tschantke *et al.*, 2012)

Numerosos estudios en la última década han centrado sus esfuerzos en comprender cómo el paisaje y el manejo interactúan para afectar la biodiversidad y servicios ecosistémicos (Concepción *et al.*, 2008; Rey *et al.*, 2019). Existen estudios donde se explora hasta qué punto la complejidad del paisaje y la extensificación de las prácticas agrícolas mejoran la biodiversidad en los olivares de Andalucía (Rey *et al.*, 2019).

Anteriormente se ha hablado de estudios como los de Rey *et al.* (2019) y Martínez-Nuñez *et al.* (2021) donde también se estudia la interacción entre el manejo agrícola y la complejidad del paisaje. Además de estos, Martínez-Nuñez *et al.* evaluaron los efectos directos e indirectos de las prácticas agrícolas, la complejidad del paisaje y el clima en aves insectívoras, la abundancia de plagas y los daños en los olivares. De tal manera, la principal alternativa para reducir el

daño de plagas consiste en fomentar los enemigos naturales mediante la extensificación de las prácticas agrícolas o la promoción de paisajes heterogéneos. Esto benefició el control de plagas y favoreció a la abundancia de especies avícolas. Además, las altas temperaturas disminuyeron también el daño de las plagas.

El siguiente proyecto, también llevado a cabo por la Universidad de Jaén (Lendínez *et al.*, 2018) se centró en estudiar 9 pares de fincas de olivares ubicadas en determinadas localidades de Andalucía, clasificándose así en un manejo extensivo y orgánico y un manejo intensivo y convencional. Examinaron la riqueza y distribución de frecuencias de interacción de las redes mutualistas plantas-polinizadores en determinadas complejidades del paisaje. Los resultados analizados verificaron una buena efectividad ecológica de los cultivos extensivos y orgánicos aumentando la diversidad de interacción, la diversidad de especies polínicas y una mejora de la complejidad del paisaje. Más tarde, Martínez-Nuñez *et al.*, (2019) estudiaron la abundancia de polinizadores que anidan en coberturas herbáceas manejadas extensivamente y en coberturas herbáceas manejadas intensivamente en localidades seleccionadas a través de un gradiente de complejidad de paisaje y cómo afecta los cambios de manejo a los polinizadores. Los cambios en las tasas de colonización alcanzaron su punto máximo en la complejidad del paisaje intermedio debido al manejo de la cobertura vegetal, con cultivos de manejo extensivo. También se demostró que la tasa de colonización favorece la actividad de los polinizadores.

A través de estudios y actuaciones de restauración realizados en 40 olivares andaluces, se diseñaron ecoesquemas que permitieron que en tres años vuelva el 15% de las especies y aumente en un 50% su abundancia, en olivares tradicionales que tenían bajos niveles de biodiversidad (Gutiérrez *et al.*, 2015). Trata de un proyecto, *Olivares Vivos* (OV), que desde 2015 trabaja para mejorar la rentabilidad del olivar tradicional a través de la recuperación de su diversidad.

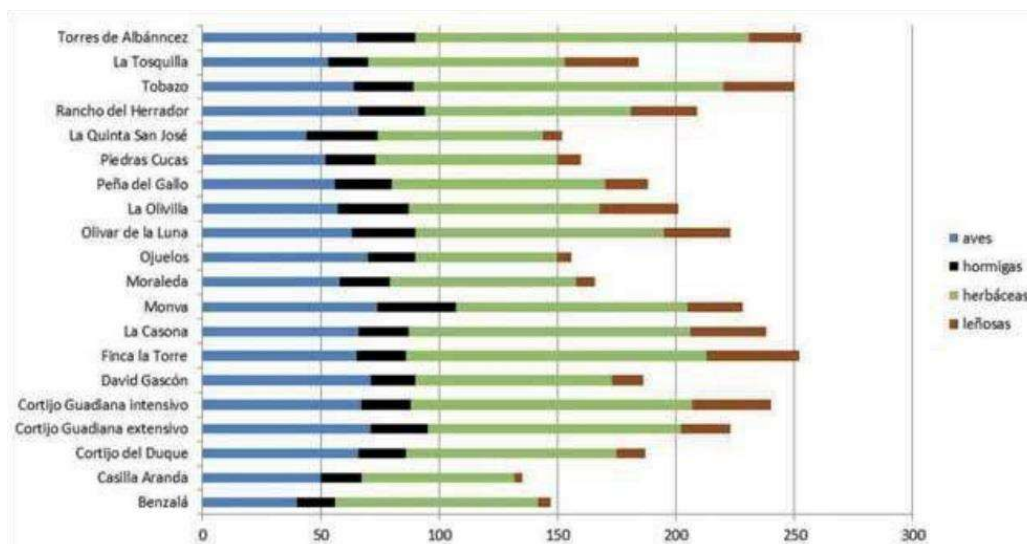


Figura 10. Riqueza total de especies en los 4 grupos considerados como indicadores sensibles al manejo agrícola y la simplificación del paisaje en los 20 olivares demostrativos del proyecto Olivares Vivos (OV). Todos los olivares que superan las 200 especies retienen las cubiertas herbáceas la mayor parte del año y están en paisajes de complejidad alta o intermedia (Ardachel, Cortijo Guadiana intensivo y extensivo, Finca La Torre, La Casona, Monva, Olivar de La Luna, Rancho del Herrador y El Tobazo); mientras que todos los de olivares demostrativos que no superan o apenas superan las 150 especies (Benzalá, Casilla Aranda, Ojuelos y Piedras Cucas) están en paisajes simples y eliminan sistemáticamente la cubierta herbácea durante todo el año (Gutiérrez *et al.*, 2015)

Se estudió que la riqueza entre estos grupos de especies no es homogénea entre olivares, sino que varía en función del manejo de las cubiertas herbáceas y la complejidad-simplificación del paisaje. En cada grupo de organismos se produce una reducción del 10% de las especies como consecuencia de la eliminación de las cubiertas herbáceas y más del 20% como consecuencia de la simplificación del paisaje. El resultado de combinar ambos efectos en olivares con manejo intensivo de las cubiertas herbáceas y situados en paisajes simples es la pérdida en promedio de más del 30% de las especies en cada uno de estos grupos con respecto a olivares en paisajes complejos con una conservación y manejo de sus cubiertas herbáceas.

En los paisajes oleícolas simplificados y homogéneos, se necesitan medidas proactivas de diversificación del paisaje de modo que el mantenimiento de cubiertas mejore y revierta claramente en un impulso de la biodiversidad (Gutiérrez *et al.*, 2015).

En conclusión, es importante tener en cuenta el manejo agrícola y la composición del paisaje a la hora de plantear estrategias de control biológico en ecosistemas agrícolas. Destaca el papel de la labranza de conservación en la protección de poblaciones de enemigos naturales, que en combinación con estrategias para

recuperar la estructura y complejidad del paisaje (hileras de flores que atraen a insectos polinizadores, mosaico diverso de cultivos agrícolas y no agrícolas...) pueden resultar beneficiosas para el ecosistema de paisajes simples (FAO, 2003).

3. EFICACIA Y LIMITACIONES DEL CONTROL BIOLÓGICO EN EL OLIVAR

El control biológico es uno de los métodos más baratos, eficientes, selectivos y seguros para controlar las plagas.

Desde hace tiempo, los insectos empezaron a hacerse resistentes a los insecticidas modernos, de modo que era necesario buscar constantemente nuevos insecticidas más potentes y efectivos. La aplicación de los insecticidas destruía hasta los insectos útiles del campo, de modo que varias nuevas plagas aparecieron, por lo que empezó a producirse una destrucción del equilibrio biológico del campo. Además, los gastos en insecticidas aumentaron tanto que la cosecha no podía ser económica (Wille, 1943), (Acosta, 2019). El control natural de plagas consiste en reforzar, aumentar y formar enemigos naturales, para evitar consecuencias en el medio ambiente sin utilizar insecticidas.

Una de las ventajas más destacadas de esta alternativa es que no produce contaminación y tampoco destruye el medio ambiente, al contrario, ayuda a mantener la sostenibilidad de los cultivos durante más tiempo. Permite luchar contra los enemigos sin tener que recurrir a plaguicidas, ya que estos productos son tóxicos y perjudiciales tanto para la salud humana como para el medio natural. Además, este método es permanente mientras que el control químico necesita una aplicación cada vez que la plaga alcanza niveles de daño, lo que como consecuencia ha llevado a la resistencia de los insectos.

En el control de plagas, el enemigo natural reduce la plaga sin causar ningún daño, pero no la elimina por completo, pues el enemigo natural requiere una población mínima de plaga para su supervivencia.

También se habla de una ventaja importante en cuanto a la relación de eficacia/costo. Aunque al principio las inversiones son costosas, a largo plazo resulta la alternativa más económica (Acosta, 2019).

A pesar de estas ventajas, el control biológico presenta en la actualidad limitaciones como el número de especies que se pueden controlar biológicamente es bastante pequeño (Alessio *et al.*, 1992). Este también ejerce una acción más lenta, porque el control no es inmediato como los pesticidas. El comportamiento de un enemigo natural resulta a veces difícil de determinar. La mayoría de las introducciones son con base en prueba-error, aunque mediante el uso de una buena metodología, como modelos de simulación y un mayor conocimiento biológico y ecológico de las especies, pueden pronosticarse algunas para el futuro (Samways, 1979; FAO, 2002).

4. DISCUSIÓN

En el ecosistema agrícola del olivar hay varias especies que pueden convertirse en plaga y causar daños al cultivo cuando su abundancia supera un umbral. Actualmente, se siguen empleando insecticidas convencionales para el control de plagas, lo cual repercute en daños para el medio ambiente y la salud pública. Una alternativa para disminuir a largo plazo estos efectos dañinos de la agricultura convencional son las distintas técnicas para el control natural de plagas explicadas en este trabajo: mantenimiento de la cubierta vegetal natural en las plantaciones, incremento de la heterogeneidad y complejidad del paisaje y evitar el uso de plaguicidas y agroquímicos (Lizana *et al.*, 2005). El objetivo es favorecer el control de plagas de forma natural mediante el mantenimiento de hábitats que puedan ser utilizados de manera habitual por depredadores naturales. En contraposición, el modelo agrícola actual, aumentando la mecanización agrícola, el uso intensivo del suelo y el empleo generalizado de fitosanitarios hacen esto muy complicado, debido a que destruyen los hábitats de estos animales, con la consecuente pérdida de biodiversidad y del servicio ecosistémico de control de plagas.

La aplicación de estrategias para el control biológico supone un beneficio a largo plazo para el medio ambiente y para el agricultor, aunque a menudo, la conservación de hábitats naturales supone un coste o terreno que se considera perdido o desaprovechado por parte de los agricultores. Especialmente en el olivo, el control de plagas de *Prays oleae*, principal insecto plaga del olivo, podría realizarse con control biológico por *A. nemoralis* aumentando el rendimiento del

cultivo con un beneficio valorado económicamente en 180€ de media por hectárea (Paredes *et al.*, 2014).

Hay muchos estudios que respaldan la eficacia del control biológico de plagas, aunque se debe hacer un estudio exhaustivo previo de la plaga que afecta al cultivo, del enemigo natural adecuado para combatirla y qué hábitat necesita (cobertura vegetal herbácea o leñosa, heterogeneidad del paisaje...). Si se aplica correctamente, el empleo del control biológico puede convertirse en una alternativa respetuosa con el ecosistema y conservar la rentabilidad de la producción agrícola.

Muchas de las especies de enemigos naturales estudiados son eficaces en mayor o menor medida, contra plagas del olivo, por ejemplo: arañas e insectos como *Anthocoris nemoralis*, *Angitia armillata* y *Chelonus elaphilus* (himenópteros, avispas), *Opius concolor* (parasitoide), *Deraecoris punctum* y *Tapinoma nigerrimum* (hormigas) contra las plagas principales del olivo, *Prays oleae* (polilla del olivo) y *Bactrocera oleae* (mosca del olivo). Por otro lado, las aves insectívoras no parecen ser buenas controladoras de plagas del olivar (Martínez-Nuñez *et al.*, 2020). Además, la eficacia del control biológico de estos animales se ve afectada por la presencia de cobertura vegetal adecuada, mantenimiento adecuado del suelo (labranza menos agresiva), heterogeneidad local, etc.

Sin embargo, el control natural de plagas también tiene sus limitaciones, ya que no siempre una mayor disponibilidad de hábitat natural repercute en un mayor control de plagas (Tschantke *et al.*, 2012). Algunas de las dificultades de esta estrategia son:

- Falta de conocimiento sobre las técnicas y principios a seguir. Es necesario conocimiento en biología y sobre la plaga, para saber cuáles son sus enemigos naturales y que condiciones necesitan (Hoddle *et al.*, 2007).
- Pérdida económica previa al restablecimiento de enemigos naturales. No es tan inmediato como los plaguicidas y se pueden producir daños en el cultivo hasta que se pueda controlar la plaga de forma natural (OMS,2018).
- Enemigos naturales susceptibles a plaguicidas. En agricultura ecológica se usan insecticidas naturales como piretrinas o toxina de *Bacillus*

thuringiensis, lo que puede reducir la abundancia de depredadores naturales y aumentar los daños de la plaga (Devine *et al.*, 2008).

- Enemigos naturales selectivos de ciertas plagas. Dependiendo de las plagas presentes, se necesitará más de un programa de control y supondría mayor coste económico (GIP, 2014).

Pese a que hay varias estrategias que parecen eficientes, son necesarios más estudios específicos en el olivar, que traten de comprender qué estrategias específicas y en qué medida pueden aumentar la presencia de enemigos naturales efectivos contra las plagas del olivar.

5. CONCLUSIÓN

La diversidad, la complejidad y la estabilidad que caracterizan a los ecosistemas naturales dificultan la disrupción de las funciones ecológicas y la aparición de plagas. Por ello, fomentar agroecosistemas con una elevada complejidad estructural y paisajística, que sostengan una rica comunidad de depredadores naturales puede ayudar a mantener un buen control natural de plagas, a largo plazo y de manera sostenible. En este sentido no podemos ser cortoplacistas y esperar resultados inmediatos. Diversos estudios sugieren que esos resultados requieren un cierto tiempo para que los agroecosistemas y sus componentes y redes tróficas maduren. Por tanto, el fomento de estas aplicaciones ecológicas requiere de fondos que subvencionen al agricultores para incentivarlo

El modelo agrícola que impera en la actualidad, continúa simplificando y alterando hasta extremos los sistemas agrícolas, reduciendo la diversidad y produciendo perjuicios en el medio ambiente. Una de las consecuencias es el aumento y/o la aparición de plagas y enfermedades, que paradójicamente deben combatirse con sustancias tóxicas que empeoran aún más el control natural de plagas, y aumentan la dependencia de los agricultores en estos productos.

En este estudio se ha revisado la literatura científica y se ha mostrado cómo diferentes estrategias pueden favorecer el control natural de plagas en el olivar andaluz. Principalmente, el mantenimiento de una buena cubierta vegetal y la promoción de paisajes con cierta complejidad, son las mejores alternativas para incrementar el control natural de plagas por depredadores naturales, y minimizar

las plagas evitando los plaguicidas, apostando así por un agroecosistema del olivar más sostenible y respetuoso con el medio ambiente a largo plazo.

6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- ABROL, D.P. y SHANKAR, U. (2015): "Integrated Pest Management", *In Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production: Opportunities and Constraints*, pp. 523–249.
- ALDEBIS, H K., AVILA, A., MATAS, P. y VARGAS-OSUNA, E. (2004): "Evaluación de los daños causados por la polilla del olivo, *Prays oleae* en distintas variedades y condiciones de cultivo", *Boletín de Sanidad Vegetal*, 30(649),pp. 656.
- ALESSIO, L., APOSTOLI, L. y SABBIONI, E. (1992): "From macro- to micro-doses: Reference values for toxic metals", *Science of the Total Environment*.
- ALONSO, A.M. y GUZMÁN, G.I. (2005): "Aspectos productivos y económicos del olivar ecológico", *Expoliva. XII Feria Internacional Del Aceite de Oliva*.
- ALVARADO, M., DURÁN, J.M., GONZÁLEZ, M.I., MONTES, F.,PÁEZ, J., SÁNCHEZ, A., SERRANO, A. y VEGA, J.M. (2011): "Plagas y enfermedades del olivo", *Consejería de Agricultura y Pesca*.
- ÁLVAREZ, H.A., MORENTE, M., CAMPOS, M. y RUANO, F. (2019): "La madurez de las cubiertas vegetales aumenta la presencia de enemigos naturales y la resiliencia de la red trófica de la copa del olivo", *Ecosistemas*, 20(3), pp. 92-106.
- ANDREASEN, J.K., O'NEILL, R.V., NOSS, R. y SLOSSER, N.C. (2001): "Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity", *Ecological Indicators*, 1(1), pp. 21–35.
- ANDREN, H. (1994): "Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review", *NCAS/ Technical Bulletin*, 781 I, pp. 12–13.
- ARMENDÁRIZ, I., DE LA IGLESIA, L., SANTIAGO, Y., CAMPILLO, G., ALBERTE, C., MIRANDA-BARROSO, L., JUÁREZ, S. y PÉREZ-SANZ, A. (2007): "Ciclo del *Prays* del olivo ("*Prays oleae*" Bern.) en Arribes del Duero", *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 33, 443-456.
- ARMENDÁRIZ, I., PÉREZ-SANZ, A., NICOLÁS, J., APARICIO, E., JUÁREZ, J.S. y MIRANDA, L. (2009): "Cinco años de seguimiento de la mosca del olivo (*Bactrocera oleae*) en los Arribes del Duero", *Bol. San. Veg. Plagas*, 35, pp. 219-

229.

BECKMANN, M., GERSTNER, K., AKIN-FAJIYE., M., CEAUSU, S., KAMBACH, S., KINLOCK, N.L., PHILLIPS, H.R., VERHAGEN, W., GUREVITCH, J., KLOTZ, S., NEWBOLD, T., VERBURG, P.H., WINTER, M. y SEPPELT, R. (2019): "Conventional land-use intensification reduces species richness and increases production: A global meta-analysis", *Global Change Biology*, 25(6), pp. 1941-1956.

BIANCHI, F.J., BOOIJ, C.J.H. y TSCHARNTKE, T. (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(1595), pp. 1715–1727.

BLANCA, G., CUETO, M., FUENTES, J., SÁEZ, L. y TARIFA, R. (2018): "Linaria qartobensis sp. nov. (Plantaginaceae) del sur de la Península Ibérica", *Revista Nórdica de Botánica*, 36, pp. 8.

BLANCO-ROLDÁN, G.L. y GIL-RIBES, J.A. (2009): "Mecanización de la recolección del olivar", *Vida Rural*.

BRUSSAARD, L., RUITER, P.C. y BROWN, G.G. (2007): "Soil biodiversity for agricultural sustainability", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121, pp. 233-244.

CALLEJA, R. (2000): "Aplicación de la técnica del suelo con cubierta vegetal en un olivar", *Vida Rural*, 113, pp. 50-51.

CARPIO, A., CASTRO-CARO, J. y TORTOSA, F. (2016): "The influence of nest density on nest predation in olive groves depends on habitat features ardeola".

CASSMAN, K.G., y GRASSINI, P. (2020): "A global perspective on sustainable intensification research", *Nature Sustainability*, 3(4), pp. 262–268.

CASTILLO-RUIZ, F.J., GIL-RIBES, J.A., SOLA-GUIRADO, R., BLANCO-ROLDÁN, G. y CASTRO-GARCÍA, S. (2018): "Innovative circular path harvester for mechanical harvesting of irregular and large-canopy olive trees", *Int J Agric & Biol Eng*, 11(3), pp. 86-93.

CASTRO-RODRÍGUEZ, J. (2000): "Cubiertas vegetales en el olivar: funciones, tipos y manejo". *Vida Rural*, 113, pp. 38-40.

CASTRO, J.C., CARPIO, A. y TORTOSA, F.S. (2014): "Herbaceous ground cover reduce nest predation in olive groves", *Bird Study*, 61, pp. 537-543.

CASTRO-CARO, J.C., BARRIO, I.C. y TORTOSA, F.S. (2014): " Is the effect of

farming 12 practices on songbird communities landscape dependent? A case study of olive groves in southern Spain", *Journal of Ornithology*, 155(2), pp. 357–365.

CEBALLOS, G., EHRLICH, P.R. y RAVEN, P.H. (2020): "Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction", *PNAS*, 117(24), pp. 13596-13602.

CONCEPCIÓN, E.D., BÁLDI, A., DÍAZ, M., KLEIJN, D., BATÁRY, P., CLOUGH, Y., GABRIEL, D., HERZOG, F., HOZSCHUH, A., KNOP, E., MARSHALL, E., TSCHARNTKE, T. y VERHULST, J. (2012): "Interactive effects of landscape context constrain the effectiveness of local agri-environmental management", *Journal of Applied Ecology*, 49, pp. 695-705.

DE ANDRÉS-CANTERO, F. (2001): "*Enfermedades y plagas del olivo*". Riquelme y Vargas Ediciones S.L. Jaén. 646 pp.

DEL PUERTO-RODRÍGUEZ, A.M., SUÁREZ-TAMAYO, S., y PALACIO-ESTRADA, D.E. (2014): "Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud", *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), pp. 372–387.

DEVINE, G., EZA, D., OGUSUKU, E. y FURLONG, M. (2008): "Uso de insecticidas: Contexto y consecuencias ecológicas", *Peru Med Exp Salud Publica*, 25(1), pp. 74-100.

ESYRCE. (2020): *Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos. Encuesta de Marco de Áreas de España*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

FAO. (2003): *Código Internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas*, Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación.

FORASTER, L., LORITE, M.J., MUDARRA, I., ALONSO, A.M., PUJADAS-SALVÁ, A. y GUZMÁN, G.I. (2006): "Evaluación de distintos manejos de las cubiertas vegetales en olivar ecológico", *Actas del VII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*, Doc 14.

GARCÍA-GUTIÉRREZ, C., y RODRÍGUEZ-MEZA, G. (2012): "Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa", *Ra Ximhai*, 8(3), pp. 1–10.

GIL, J., BLANCO-ROLDÁN, G.L. y CASTRO, S. (2009): "Mecanización del cultivo de la recolección en el olivar", *Junta de Andalucía*.

GIL, J., BLANCO-ROLDÁN, G.L, CASTILLO-RUIZ, F.J, CASTRO, S., COLMENERO, J.T., BAYANO, S. y SOLA-GUIRADO, R.R. (2018): "Análisis de la mecanización en la recolección del olivar: sistemas actuales y evolución futura", *Mecanización y Tecnología Rural*.

GLISAKIS, V., VOLAKAKIS, N., KOLLAROS, D., BÀRBERI, P. y KABOURAKIS, E.M. (2016): "Soil arthropod community in the olive agroecosystem: determined by environment and farming practices in different management systems and agroecological zones", *Agric Ecosyst Environ*, 218, pp. 178-189.

GÓMEZ, J.A., INFANTE-AMATE, J., GONZÁLEZ DE MOLINA, M., VANWALLEGHEM, T., TAGUAS, E.V. y LORITE, I. (2014): "Olive cultivation, its impact on soil erosion and its progression into yield impacts in Southern Spain in the past as a key to a future of increasing climate uncertainty", *Agriculture*, 4(2), pp. 170-198.

GONZÁLEZ-RUIZ, R., CIVANTOS, M., SÁINZ-PÉREZ, M. y GÓMEZ-GUZMÁN, J.A. (2017): "Importancia de la cubierta vegetal herbácea en el control natural ejercido por *Chrysoperla Agilis* (Neu., Chrysopidae) sobre la generación carpófaga de *Prays Oleae* (Lep., Praydidae)", *Phytoma España*, pp. 153-155.

GUTIÉRREZ, J.E., REY, P.J., VALERA, F., MURGADO, E.M., BERMÚDEZ, S., GALIANO, S. y RUIZ, C. (2015): "Biodiversidad en la mesa", *Olivares Vivos*.

GUZMÁN, G., FORASTER, L., y SÁNCHEZ, J. L. (2018): "El olivar ecológico", *Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca*.

INFANTE-AMATE, J. (2012): "The ecology and history of the Mediterranean Olive Grove: The Spanish Great Expansion", *Rural History*, 23, pp. 161-184.

JOONSSON, M., STRAUB, C.S., DIDHAM, R.K., BUCKELY, H. L., CASE, B.S., HALE, R.J., GRATTON, C., y WRATTEN, S.D. (2015): "Experimental evidence that the effectiveness of conservation biological control depends on landscape complexity", *Journal of Applied Ecology*, 52(5), pp. 1274–1282.

KARLIK, J.F. y TJOSVOLD, S.A. (2003): "Integrated pest management", *Encyclopedia of Rose Science*, pp. 466–473.

LANDIS, D.A., WRATTEN, S.D., y GURR, G.M. (2000): "Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture", *Annual Review of Entomology*, 45, pp. 175–201.

LENDÍNEZ, S. (2018): "Aproximación a la red de polinización de la flora asociada al cultivo del olivar mediante el estudio palinológico de elementos de restauración

para insectos polinizadores ("Bee-hotels") en olivares", Universidad de Jaén.

LIFE AGROINTEGRA. (2014): *Proyecto AGROIntegra - Demostración de alternativas sostenibles a la lucha química en la protección de cultivos en Europa*.

LIZANA, A.R., ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, R., y RIBES, G. (2005): "Cubiertas vegetales en el olivar", *Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca*.

MARTÍN, A. y RUIZ, M.J. (2014): *Guía de gestión integrada de plagas*, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

MARTÍNEZ-NÚÑEZ, C., REY, P.J., MANZANEDA, A.J., TARIFA, R., SALIDO, T., ISLA, J., PÉREZ, A.J., CAMACHO, F.M., y MOLINA, J.L. (2020): "Direct and indirect effects of agricultural practices, landscape complexity and climate on insectivorous birds, pest abundance and damage in olive groves", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 304, pp. 107145.

MARTÍNEZ-NÚÑEZ, C., REY, P.J., SALIDO, T., MANZANEDA, A.J., CAMACHO, F.M. e ISLA, J. (2021): "Ant community potential for pest control in olive groves: Management and landscape effects", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 305, pp. 107185.

MARTÍNEZ-NÚÑEZ, C., MANZANEDA, A.J., ISLA, J., TARIFA, R., CALVO, G. MOLINA, J., SALIDO, T., RUIZ, C. GUTIÉRREZ, J. y REY, P.J. (2019): "Low-intensity management benefits solitary bees in olive groves", *J Appl Ecol.*, 57, pp. 111-120.

MARTÍNEZ-NÚÑEZ, C., MANZANEDA, A.J. y REY, P.J., (2020): "Plant-solitary bee networks have stable cores but variable peripheries under differing agricultural management: Bioindicator nodes unveiled", *Ecological Indicators*.

MAS, M.T. y VERDÚ, A.M.C. (2005): "Biodiversidad de la flora arvense en cultivos de mandarina según el manejo del suelo en interfilas. *Boletín sanidad vegetal, plagas*, 31, pp. 231-241.

MATÍAS, A.C., TORO, A.A., MONTALVÁN, I.D. y MOLINA, M.S. (2010): "Variedades de olivo cultivadas en las provincias de Catamarca y La Rioja, Argentina", *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina)*.

MCLAUGHLIN, A. y MINEAU, P. (1995): "The impact of agricultural practices on biodiversity", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 55(3), pp. 201–212.

NICHOLLS, C.I. (2008): "Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico", *Universidad de Antioquia*.

PAREDES, D., CAYUELA, L. y CAMPOS, M. (2013): "Synergistic effects of

ground cover and adjacent vegetation on natural enemies of olive insect pests", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 173, pp. 72–80.

PAREDES, D., CAMPOS, M. y CAYUELA, L. (2013): "Conservation biological control of arthropod pests: techniques and state of art", *Ecosistemas*, 22(1), pp. 56-61.

PAREDES, D., CAYUELA, L., GURR, G.M. y CAMPOS, M. (2013): "Effect of non-crop vegetation types on conservation biological control of pests in olive groves", *PeerJ*, 2013(1).

PAREDES, D., CAYUELA, L., GURR, G.M. y CAMPOS, M. (2015): "Is ground cover vegetation an effective biological control enhancement strategy against Olive Pests?", *Plos One*, 10(2).

PASTOR, M., CASTRO, J., HUMANES, M.D. y MUÑOZ, J. (2001): "Sistemas de cultivo con cubiertas en olivar en Andalucía (I)", *Vida Rural, Marzo*, 1, pp. 58-62.

PAJARÓN, M. (2007): "El olivar ecológico", *La fertilidad de la tierra*, pp. 153.

PLATA, A., MORENO-CHOCANO, J., MANJÓN-CABEZAS, J., CAMPOS, M. y PAREDES, D. (2019): "Influencia de los hábitats naturales adyacentes en la plaga del olivo *Prays oleae*", *Ecosistemas*, 28(3), pp. 107–114.

PLEGUEZUELO, C.R., ZUARZO, V.H.D., MARTÍNEZ, J.R.F., MARTÍN, F.M. y GARCÍA, I.F. (2018): "Organic olive farming in Andalusia, Spain. A review", *Agronomy for Sustainable Development*, 38, pp. 20.

PNUMA, (2021): Impactos del sistema alimentario en la pérdida de biodiversidad.

PORCEL, M., COTES, B., CASTRO, J. y CAMPOS, M. (2016): "El efecto de la cubierta vegetal residente en la abundancia y diversidad de encajes verdes (Neuroptera: Chrysopidae) en olivos", *Journal Pest Science*.

RAMÍREZ, G. (2019): "Entomofauna auxiliar asociada a cubiertas vegetales en una parcela de cítricos ecológicos", Universitat Politècnica de València.

REY, P.J., MANZANEDA, A.J., VALERA, F., ALCÁNTARA, J.M., TARIFA, R., ISLA, J., MOLINA-PARDO, J.L., CALVO, G., SALIDO, T., GUTIÉRREZ, E. y RUIZ, C. (2019): "Landscape-moderated biodiversity effects of ground herb cover in olive groves: Implications for regional biodiversity conservation", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 277, pp. 61-73.

RODRÍGUEZ-ARIZA, M.O. y MONTES MOYA, E. (2007): "Origen y domesticación del olivo en Andalucía (España) a partir de los hallazgos arqueológicos de *Olea Europaea* L.", *I Congreso de Cultura Del Olivo*, pp. 221–

243.

RODRÍGUEZ, A., GUILLÉN, C., VALLE, H., UVA, V., SEGURA, R., LAPRADE, S. y SANDOVAL, J. (2010): *Aspectos a considerar sobre el control biológico*.

RODRÍGUEZ, E., GONZÁLEZ, B. y CAMPOS, M. (2009): "Effects of cereal cover crops on the main insect pests in Spanish olive orchards", *Journal of Pest Science*, 82(2), pp. 179–185.

RODRÍGUEZ, N., LÓPEZ, I. y ORTIZ, F. (2011): "Olivar ecológico", *Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca*.

ROCKSTRÖM, J., STEFFEN, W., NOONE, K., PERSSON, A., STUART, C., LAMBIN, E., LENTON, T., SCHEFFER, M., FOLKE, C., SCHELLNHUBER, H.J., NYKVIST, B., DE WIT, C.A., HUGHES, T., VAN DER LEEUW, S., RODHE, H., SÖRLIN, S., SNYDER, P.K., COSTANZA, R., SVEDIN, U., FALKENMARK, M., KARLBERG, L., CORELL, R.W., FABRY, V.J., HANSEN, J., WALKER, J., LIVERMAN, D., RICHARDSON, K., CRUTZEN, P. y FOLEY, J.A. (2009): "A safe operating space for humanity", *Nature*, 461, pp. 472-475.

RUIZ, M.J. (2012): "Perspectivas del control biológico de la polilla del olivo", *Vida Rural*.

RUSH, A., BONMMARCO, R. y EKBOM, B. (2017): "Conservación del control biológico en paisajes agrícolas", *Advances in botanical research*, 81, pp. 333-360.

SAAVEDRA, M., HIDALGO, J., PÉREZ, HIDALGO, J.C. y PÉREZ, D. (2015): "Guía de cubiertas vegetales en olivar", *Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural*.

SILES, G. (2018): "Control biológico mediante cubiertas vegetales en el olivar", *El acebuche*.

STOMS, D.M., MCDONALD, J.M. y DAVIS, F.W. (2002): "Fuzzy assessment of land suitability for scientific research reserves", *Environmental Management*, 29(4), pp. 545–558.

TAMBURINI, G., DE SIMONE, S., SIGURA, M., BOSCUCCI, F. y MARINI, L. (2016): "Conservation tillage mitigates the negative effect of landscape simplification on biological control", *Journal of Applied Ecology*, 53(1), pp. 233–241.

TARIFA, R., MARTÍNEZ-NÚÑEZ, C., VALERA, F., GONZÁLEZ-VARO, F.V., SALIDO, T. y REY, P.J. (2021): "Agricultural intensification erodes taxonomic and

functional diversity in Mediterranean olive groves by filtering out rare species", *Journal of Applied Ecology*.

TITTONELL, P. (2014): "Intensificación ecológica de la agricultura-sostenible por naturaleza", *Curr Opin Environ Sustain*, 8, pp. 53-61.

TSCHARNTKE, T., GRASS, I., WANGER, T.C., WESTPHAL, C. y BATÁRY, P. (2021): "Beyond organic farming- harnessing biodiversity-friendly landscapes", *Trends in Ecology & Evolution*, 36 (10), pp. 919-930.

TSCHARNTKE, T., KLEIN, A.M, KRUESS, A., STEFFAN-DEWENTER, I. y THIES, C. (2005): "Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management, *Ecology letters*, 8, pp. 857-874.

TSCHARNTKE, T., TYLIANAKIS, J.M., RAND, T.A., DIDHAM, R.K., FAHRIG, L., BATÁRY, P., BENGTSSON, J., CLOUGH, Y., CRIST, T.O., DORMANN, C.F., EWERS, R.M., FRÜND, J., HOLT, R.D., HOZSCHUH, A., KLEIN, A.M., KLEIJN, D., KREMEN, C., LANDIS, D., LAURANCE, W., LINDENMAYER, D., SCHERBER, C., SODHI, N., STEFFAN-DEWENTER, I., THIES, C., VAN DER PUTTEN, W.H. y WESTPHAL, C. (2012): "Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses", *Biological Review*, 87, pp. 661-685.

UNEP. (2006): *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. Naciones Unidas y El Estado de Derecho.

WAGNER, W.P. (2017): "Trends in expert system development: a longitudinal content analysis of over thirty years of expert system case studies", *Expert systems with applications*, pp. 85-96.

WILLE, J. (1943): *Entomología agrícola del Perú; manual para entomólogos, ingenieros agrónomos, agricultores y estudiantes de agricultura*.

WILSON, J. D., WHITTINGHAM, M. J. y BRADBURY, R.B. (2005): "The management of crop structure: a general approach to reversing the impacts of agricultural intensification on birds?", *Ibis*, 147(3), pp. 453–463.

