



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

**Diversidad de familias de
coleópteros de suelo en
olivar: uso potencial como
bioindicador de
intensificación agrícola y
de uso de la tierra**

Alumno: Lucía Arjonilla Torres

Jaén, junio 2022



Trabajo Fin de Grado

Diversidad de familias de coleópteros de suelo en olivar: uso potencial como bioindicador de intensificación agrícola y de uso de la tierra

Alumno/a: Lucía Arjonilla Torres

Jaén, junio 2022

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
1. ABSTRACT	1
Palabras clave.....	2
Key words	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1 El cultivo del olivo	3
2.2 Medidas agroambientales.....	4
2.3 Generalidades acerca de los coleópteros	5
2.4 Ecología de los coleópteros	6
2.5 Antecedentes	8
2.6 Justificación.....	10
3. OBJETIVOS	11
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
4.1 Área de estudio.....	11
4.2 Diseño experimental.....	12
4.3 Muestreo de coleópteros	13
4.4 Determinación de coleópteros	14
5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	14
6. RESULTADOS	16
7. DISCUSIÓN.....	22
8. CONCLUSIONES.....	25
9. BIBLIOGRAFÍA.....	27

1. RESUMEN

El olivar ha sufrido alteraciones por intensificación agrícola que han afectado principalmente al manejo del suelo y sus cubiertas herbáceas y, por tanto, a la biodiversidad que alberga. Entre dicha diversidad destacan los coleópteros edáficos, un grupo con potencial bioindicador del uso del suelo. Este trabajo se realizó en 24 fincas de olivar situadas en 12 localidades de varias provincias de Andalucía mediante la recolección de coleópteros en trampas de caída para evaluar el efecto del tipo de manejo agrícola de la cubierta vegetal y la simplificación paisajística sobre la diversidad de familias y morfotipos de coleópteros. Examinamos también los efectos en la frecuencia de *Ocypus olens*, un estafilínido depredador de las pupas de la mosca del olivo. Como resultado se obtuvo que por un lado no hubo efecto del manejo ni de la simplificación paisajística sobre la diversidad de familias, morfotipos y presencia de *O. olens*. Por otro lado, se obtuvieron diferencias significativas en la composición de familias en relación a la complejidad paisajística. El nivel taxonómico de familia parece por tanto ser más resolutivo para detectar efectos de intensificación agrícola sobre la composición que sobre la diversidad a escala paisajística, debido posiblemente a la pérdida de elementos naturales.

1. ABSTRACT

The olive grove has suffered alterations for agricultural intensification that have mainly affected the management of the soil, its herbaceous covers and, therefore, the biodiversity it houses. Among this diversity, edaphic beetles stand out, a group with potential bioindicator of land use. This work was conducted in 24 olive grove farms located in 12 localities in various provinces of Andalusia by collecting beetles in pitfall traps to evaluate the effect of the type of agricultural management of the vegetation cover and landscape simplification on the diversity of families and Coleoptera morphotypes. We also examined the effects on frequency of *Ocypus olens*, a sataphylinid predator of olive fly pupae. As a result, there was no effect of management or landscape simplification on the diversity of families, morphotypes and presence of *O. olens*. Besides, significant differences were obtained in the composition of families in relation to landscape complexity, which means that family level seems to be detecting more effects of agricultural intensification on composition than on diversity at landscape scale, possibly due to the loss of natural elements.

Palabras clave: Andalucía, biodiversidad, coleópteros, familias, manejo agrícola, simplificación paisajística, suelo.

Key words: Andalusia, biodiversity, beetles, families, agricultural management, landscape simplification, soil.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 El cultivo del olivo

El cultivo del olivo (*Olea europea* Linnaeus, 1753) constituye el cultivo arbóreo con mayor importancia económica y extensión en Europa. Se distribuye principalmente por la cuenca del Mediterráneo hasta unos 600-800 m sobre el nivel del mar, aunque en las orlas de las sierras alcanza hasta los 1000 m, estando presente en Portugal, España, Francia, Italia, Grecia, Chipre, Eslovenia y Malta principalmente.

Mundialmente se extiende por algunas zonas de África (Marruecos, Túnez), oriente próximo (Turquía y Siria), en países de otros continentes como Estados Unidos, Ecuador, Australia, Nueva Zelanda, la Polinesia francesa y Hawái.

La subespecie *europaea* en Europa se extiende por partes de la cuenca mediterránea hacia el oeste.

El olivar constituye uno de los agroecosistemas más ampliamente distribuidos en España, siendo el cultivo más abundante en Andalucía, más concretamente de la provincia de Jaén. En Andalucía el sector del olivar es de gran relevancia a nivel económico, medio-ambiental, cultural y social. Este supone el 26% de producción agraria y el 32% de mano de obra. Es la base de la economía en una gran cantidad de municipios. El cultivo tradicional del olivar ha generado una modificación del paisaje formando parte del patrimonio cultural de Andalucía por sus intereses a nivel histórico, científico, cultural, etc.

Debido a su gran extensión e importancia en la región, el tipo de sistema de cultivo que se desarrolla en las plantaciones cobra vital importancia por la gran repercusión que tiene este sobre la conservación del medio ambiente. Se distinguen dos tipos principales de sistema de cultivo en función de cómo sea el manejo de la cubierta herbácea del olivar, manejo convencional: En el cual el manejo de la cubierta herbácea es intensivo, con olivos plantados en tierras de secano con escasa masa vegetal, sin uso de maquinaria y aplicación masiva de herbicidas y el cultivo bajo

producción integrada: En el que se lleva a cabo un manejo algo más extensivo de la cubierta, que tiene un seguimiento, mayor masa vegetal y se usa maquinaria (Barranco et al. 2008).



Imagen 2.1: Olivar ecológico (Ifapa, 2020).

El olivar tiene un gran valor ambiental dado que es un referente en la lucha contra el cambio climático, es un sumidero de gases efecto invernadero, además de presentar un gran potencial de generar energías renovables. En los últimos años se ha promovido la agricultura más respetuosa con el medio ambiente por lo que se han desarrollado procedimientos más sostenibles para su explotación, lo que motivó a crear una serie de medidas agroambientales con el apoyo de la Política Agraria Común, entre las que destaca la agricultura ecológica (Imagen 2.1), aunque se están aplicando otras medidas agroambientales no excluyentes con estas últimas prácticas.

2.2 Medidas agroambientales.

Las medidas agroambientales o AES (agri-environment schemes) aparecieron en la reforma de la Política Agraria Común (PAC) de la Unión Europea en 1992, con el objetivo de reducir los impactos del incremento de la intensificación de la agricultura (Kleijn & Sutherland, 2003). Estas medidas surgieron de acuerdos entre agricultores y la administración para reducir la pérdida de biodiversidad asociada al impacto de la

agricultura. De hecho, el porcentaje de estas medidas orientadas a la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como la polinización o el control biológico de plagas en agroecosistemas es alto (Ekroos et al. 2014). En el caso del olivar, entre las medidas más comunes y destacadas están el mantenimiento de las cubiertas herbáceas durante el mayor tiempo posible y la conservación y restauración de áreas con vegetación seminatural en el entorno del cultivo.

2.3 Generalidades acerca de los coleópteros

Los coleópteros son el orden de insectos más diverso, contando con alrededor de 370.000 especies descritas pertenecientes a unas 200 familias, lo que les hace ser uno de los grupos animales con mayor éxito evolutivo. Constituyen un grupo monofilético y muestran desarrollo holometábolo, es decir, presentan una metamorfosis completa en la cual pasan por 4 fases de desarrollo bien diferenciadas: huevo, larva, pupa e imago o adulto. Poseen una fuerte esclerotización del cuerpo con un primer par de alas muy esclerosadas denominadas élitros que en reposo cubren un segundo par de alas membranosas plegadas. También poseen un aparato bucal de tipo masticador, antenas, patas, y una morfología corporal que puede ser muy variada debido a la multitud de adaptaciones que pueden presentar (Zarazaga, 2015).

Presentan características diagnósticas que difieren en cada familia como es el caso de:

- Número y estructura de los tarsómeros.
- Número y conformación de las uñas de los tarsos.
- Composición de las tibias, si son dentadas o no.
- Estructura de los élitros, tamaño, ausencia o presencia, presencia de punteaduras, etc.
- Estructura y composición de las antenas.
- Posición cefálica.
- Estructura de la parte ventral del tórax.
- Número de ventritos abdominales, si son tapados o no por las coxas.

-Estructura de piezas bucales (Zarazaga, 2015).

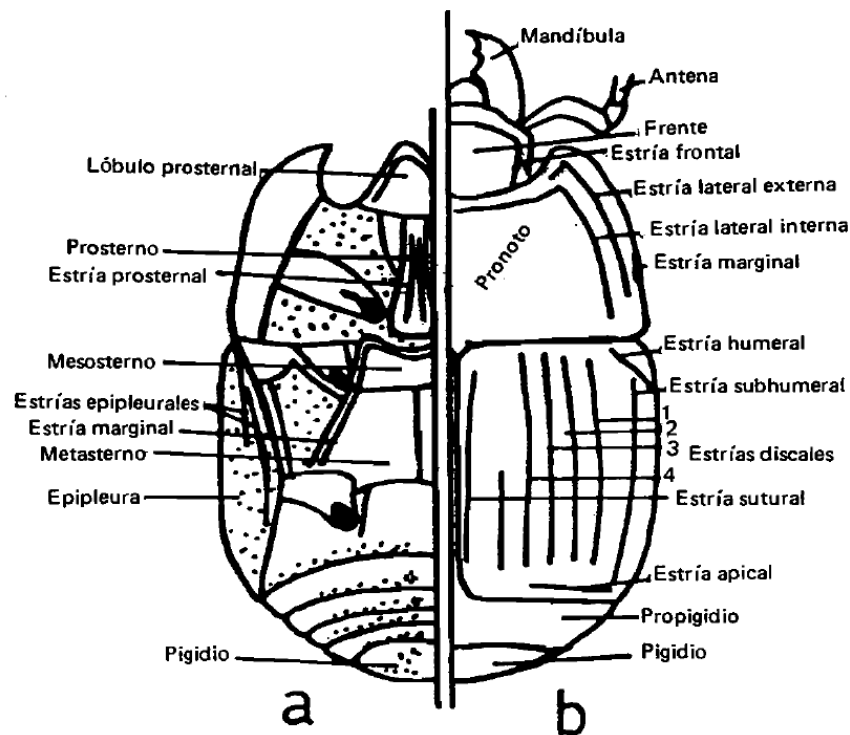


Imagen 2.2: Visión ventral (a) y dorsal (b) de un coleóptero (Barrientos, 2004).

2.4 Ecología de los coleópteros

Los coleópteros presentan una ecología muy diversa, tanto es así que son capaces de colonizar gran variedad de ambientes muy diferentes entre sí, desde medios terrestres como zonas alpinas de gran altitud hasta zonas de 1000 metros de profundidad de las simas kársticas e incluso medios acuáticos salobres, salinos intermareales y dulces.

Por otro lado también poseen hábitos alimenticios muy variados y establecen multitud de tipos de interacciones con otros seres vivos, lo cual se traduce en que son elementos claves en los ecosistemas terrestres, desempeñando funciones ecológicas esenciales (Pearson & Cassola, 1992).

Dentro de esta variedad se encuentran coleópteros omnívoros que se alimentan de vegetación y de otros seres vivos, carnívoros que se alimentan exclusivamente de otros animales, fitófagos que únicamente se alimentan de vegetales, micetófagos

que se alimentan de hongos y saprófagos que se alimentan de biomasa muerta o en descomposición.

En cuanto al tipo de interacciones bióticas que establecen, destacan gran diversidad de especies depredadoras, como es el caso de la mariquita de 7 puntos (*Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758) que depreda sobre Aphididae, familia de los pulgones (Kalushkov & Hodek, 2004), incluso otras que se han adaptado al parasitismo. También pueden establecer tanto relaciones ectosimbióticas, por ejemplo con hongos, ácaros y nematodos, así como endosimbióticas con microorganismos y con otras especies como termitas y hormigas. Por último, sirven de alimento a un gran número de especies de animales diferentes con las que comparten hábitat, bien formando parte de su dieta como presas, o por ser hospedadores de parásitos o parasitoides, como es el caso del escarabajo rinoceronte (*Oryctes nasicornis* Linnaeus, 1758), cuyas larvas son parasitadas por las larvas de la avispa mamut (*Megascolia maculata* Drury, 1773), el himenóptero más grande de Europa (Vereecken & Carriere, 2003; Zarazaga, 2015; Grove & Stork, 2000; Duelli et al. 1999).

En cuanto a funciones ecológicas, destaca la descomposición de la materia orgánica y la mineralización de nutrientes, que cobra además especial relevancia en sistemas agrícolas, que llevan a cabo coleópteros edáficos, como es el caso de la familia Tenebrionidae que es de especial interés para la evaluación del impacto que producen las actividades humanas (Crawford, 1991). Al igual que la familia Scarabaeidae, que también ha sido objeto de estudios de la fragmentación del paisaje (Lovejoy et al. 1986; Klein, 1989).

Otra función de especial relevancia en sistemas agrícolas es la del control biológico de plagas que algunas especies de coleópteros llevan a cabo, como es el caso del estafilínido *Ocypus olens* (Müller 1764) (Tortosa, 2022). Esta especie, depreda, entre otras presas, sobre la mosca de la aceituna (*Bactrocera oleae* Rossi, 1790). Las pupas de la mosca son depredadas por este coleóptero cuando abandonan el fruto para enterrarse.

Recientemente, los coleópteros han cobrado un notable interés en estudios sobre conservación y son usados como bioindicadores biológicos ya que están presentes

en numerosos hábitats y son sensibles a los cambios ambientales (Uehara, 2009). Los coleópteros edáficos, en particular guardan una estrecha relación con el suelo, son buenos indicadores de la calidad de este hábitat, pues son muy sensibles a sus características, como el pH, la salinidad, la temperatura o la humedad, ya que juegan un papel importante sobre su fisiología, alimentación, reproducción y desarrollo (Cárdenas et al. 2011; Zerbino et al. 2008). Cambios bruscos en alguna de estas variables físico-químicas del suelo pueden resultar fatales para el desarrollo y supervivencia de estos organismos en el suelo, como pueden ser los cambios inducidos por la ausencia de la cubierta vegetal, (Zerbino et al. 2008).

Los coleópteros como bioindicadores presentan una serie de ventajas:

- Su reducido tamaño les hace sensibles a cualquier alteración del hábitat, dicha alteración provoca que se desplacen del lugar en busca de un mejor lugar en el que seguir su ciclo biológico.
- El gran número de individuos que se da gracias a los cortos periodos entre generaciones presenta un rango de respuesta ambiental bastante amplio, (Samways et al. 2010).
- Presentan una gran diversidad ecológica y taxonómica.
- Están presentes todo el año.
- Pueden ser atrapados y manipulados fácilmente para su estudio, (Brown, 1997; McGeoch & Chown, 1998; McGeoch et al. 2002).

2.5 Antecedentes

El orden Coleóptera ha sido objeto de investigación en muchos estudios para analizar el impacto humano sobre los hábitats y su calidad ambiental. (Grandchamp et al. 2005; Heyborne et al. 2003; Rainio & Riemela, 2003). Los coleópteros de la familia Carabidae se han usado como bioindicadores del manejo de cultivos, dado

que se encuentran en todos los agroecosistemas y se ha observado que son depredadores de numerosas plagas (Holland & Luff, 2000). Coleópteros de la familia Scarabaeidae se han utilizado como bioindicadores en un estudio del grado de impacto humano en bosques húmedos amazónicos, mostrando como resultado que el número de especies e individuos aumentó con la perturbación antropogénica (Otavo et al. 2013). Una tesis sobre la utilización de las familias Carabidae, Cholevidae, Histeridae, Silphidae y Staphylinidae como bioindicadores edáficos de la presión urbana muestra que la abundancia y diversidad de determinadas especies son de gran relevancia para evaluar el impacto que se produce en los ecosistemas. (Álvarez, 2016).

Hay trabajos que han evaluado el efecto de diferentes tipos de manejos agrícolas, el impacto ambiental que causan y cómo afecta directamente a la fauna del suelo, en los cuales se ha trabajado con el nivel taxonómico de orden y especie como por ejemplo, estudios de Kromp, (1999); Clough et al. (2007); Decaëns et al. (1994); Concretamente en el agroecosistema del olivar han sido llevados a cabo algunos estudios sobre el efecto del manejo agrícola y otros factores ecológicos sobre la diversidad y abundancia de coleópteros edáficos. Se han llevado a cabo estudios a nivel taxonómico de orden, como el de Vitanovic et al. (2018) y de especie, como es el caso de Pizzolotto et al. (2018); sin embargo otros trabajos como el de Cotes et al. (2009b), demuestran que el empleo del nivel de familia es una ventaja dado que sin necesidad de muchos recursos, se detectan efectos del tipo de manejo agrícola. En este trabajo se estudiaba por un lado, la diversidad de familias de coleópteros en un olivar sin cobertura vegetal y por otro lado, la diversidad de familias de coleópteros en un olivar con cobertura vegetal, dando como resultado una mayor riqueza de familias en el olivar con cubierta vegetal, dado que los coleópteros podían protegerse y encontrar más alimento. En el trabajo de Ruano et al. (2004) estudiaron el efecto de distintos sistemas de manejo de olivares sobre la abundancia de cinco grupos de artrópodos entre los que se encontraba el orden coleóptera detectando diferencias entre ellos. De todas las familias de coleópteros detectadas, se seleccionaron morfotipos de carábidos por su papel como depredadores, además de lo frecuentes que son en hábitats cultivables y que por tanto responden de manera sensible a los cambios bruscos que se producen en ellos (Kromp, 1999).

En la familia Staphilinidae se encuentran taxones con amplia distribución, colonizando tanto hábitat cultivado como hábitat seminatural que rodea dicho cultivo, proporcionando de esa manera, distintos servicios ecológicos. Pueden actuar como depredadores, detritívoros, herbívoros y fungívoros (Fournet et al. 2000). Cabe destacar entre estos taxones a *Ocypus olens*, una especie de gran relevancia por la función que realiza en el cultivo del olivar depredando las pupas de *Bactrocera oleae*, una de las principales plagas de este cultivo. Un estudio que analizó el contenido del intestino de este coleóptero puso de manifiesto la existencia de esta interacción (Albertini et al. 2018). El periodo de mayor actividad de *Ocypus olens*, que ocurre durante los meses de otoño, además coincide con los meses en los cuales se produce el desarrollo de las larvas y las pupas de *Bactrocera oleae*, lo que le hace ser una especie muy interesante como controlador de plaga.

2.6 Justificación

Este tipo de estudios en los que se analiza a un grupo tan importante como los coleópteros, que representan una gran parte de la fauna del suelo, muestran cómo pueden afectarles los distintos tipos de manejo que se dan en el cultivo del olivar y por lo tanto ayuda a determinar si se está dando un mal manejo a un cultivo.

El motivo de emplear el nivel de familia es porque no supone un gasto elevado, se ahorra tiempo y no se necesita un amplio conocimiento de la taxonomía por lo que es mucho más accesible para un mayor número de personas y existen trabajos que lo demuestran como el de Cotes et al. (2009b).

Dado que no existen muchos estudios sobre los coleópteros como bioindicadores en el olivar, este estudio pretende evaluar en qué medida los coleópteros epigeos responden al impacto de la intensificación agrícola y simplificación del paisaje y si el nivel taxonómico de familia es suficiente para distinguir entre tipos de manejo, de forma que se puedan usar como bioindicadores de perturbaciones o cambio del uso del suelo en el olivar.

3. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es evaluar el efecto del manejo agrícola y la simplificación paisajística del olivar sobre la comunidad de coleópteros epigeos.

Objetivos específicos:

1. Examinar si el empleo del nivel taxonómico de familia en el análisis de las comunidades de coleópteros es suficiente para poder detectar efectos de la intensificación agrícola sobre la comunidad de estos organismos.
2. Explorar si el manejo extensivo del suelo y cubiertas herbáceas de los olivares favorece la presencia de *Ocypus olens*, potencial controlador de la plaga de la mosca del olivo *Bactrocera oleae* en su fase de pupa.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

Este estudio se ha realizado en olivares de Andalucía, distribuidos a lo largo de la cuenca del Guadalquivir, pertenecientes a las provincias de Jaén, Córdoba, Granada, Sevilla y Cádiz.

Los muestreos se llevaron a cabo en olivares con distinta configuración paisajística y de diferente manejo de la cubierta herbácea.

En cuanto a la complejidad paisajística se ha trabajado con 3 categorías de paisaje: complejidad paisajística alta (con proporción de área no cultivable mayor al 20%), complejidad paisajística intermedia (con proporción de área no cultivable de entre 1% al 20%) y complejidad paisajística baja (con proporción de área no cultivable menor al 1%). Respecto al tipo de manejo, se seleccionaron por un lado fincas con manejo intensivo de la cubierta herbácea, que recurrentemente elimina el estrato herbáceo mediante herbicidas y/o roturación, dejando los suelos desnudos y por otro lado, fincas con manejo extensivo que mantienen las cubiertas herbáceas del olivar

la mayor parte del año, desbrozándolas mecánicamente avanzada la primavera, antes de la floración.

El manejo extensivo se divide a su vez en manejo extensivo no orgánico en el que las cubiertas herbáceas se mantienen la mayor parte del año y manejo extensivo ecológico en el que las cubiertas se conservan sin uso de fertilizantes ni fitosanitarios, siendo posible la variación del paisaje.



Figura 4.1: Mapa de Andalucía con señalización de las localidades de estudio de cada provincia.

4.2 Diseño experimental

Se seleccionaron un total de 24 fincas de olivar, las cuales se encontraban pareadas en 12 localidades, de forma que cada par estaba constituido por una finca con manejo extensivo de la cubierta y la otra con manejo intensivo.

Cada par de fincas se encontraba en una localidad diferente, embebidas en un área circular de 2 km de radio para la cual se calculó el porcentaje de área no cultivable, de modo que cada par de fincas quedaba clasificado en una categoría paisajística (complejidad alta, intermedia y baja) en función del valor de este porcentaje como se mencionó anteriormente. De esta forma las 12 localidades o pares de fincas quedan

segregadas de la siguiente forma: 4 localidades con complejidad paisajística alta, 4 con complejidad paisajística intermedia y 4 con complejidad paisajística baja.

Para el desarrollo de esta propuesta de TFG se contó con una serie de muestras de coleópteros que se recogieron mediante trampas de caída (pitfall) en los diferentes olivares durante el año 2019 y de forma mensual.

4.3 Muestreo de coleópteros

Para llevar a cabo el muestreo de coleópteros epigeos se emplearon trampas de caída o pitfalls. Las trampas de caída consistían en vasos de plástico de 33 cm³ de capacidad, que se enterraban en el suelo con el borde superior al mismo nivel que la superficie del suelo de forma que los artrópodos que se encontrasen con ellos cayesen en su interior. Estos se rellenaban con una mezcla al 50% de agua y propilenglicol (un conservante no tóxico que disminuye la evaporación) a modo de conservante.

Cada una de las trampas permanecían activas durante un mes completo, una vez pasaba ese periodo de tiempo se volcaba el contenido en un recipiente con tapadera para ser transportado al laboratorio y ser procesado. A continuación la trampa se volvía a activar (se volvía a rellenar con agua y propilenglicerol). Este proceso se repitió cada mes del año 2019.

Se emplearon 12 trampas de caída por cada finca distribuidas en puntos diferentes y diferentes ambientes de la siguiente forma: 4 trampas bajo olivos junto al tronco, 4 trampas en las calles entre olivos, y 4 trampas en zonas no cultivadas con vegetación seminatural o zonas improductivas de la finca, para así abarcar mayor heterogeneidad de lugares.

Una vez en el laboratorio el contenido recogido de cada trampa de caída se filtraba y se trasladaba a otro recipiente con alcohol etílico al 70% para conservar los artrópodos hasta su posterior identificación.

4.4 Determinación de coleópteros

Para llevar a cabo este trabajo se identificaron las muestras pertenecientes a los meses de Mayo, Junio, Julio, Octubre y Noviembre, periodo que concentra la mayor abundancia y diversidad de coleópteros.

Para este trabajo, de las 12 trampas de caída recolectadas de cada finca se escogió el contenido de una trampa por cada tipo de ambiente (bajo olivo, calle y zona improductiva) por cada mes seleccionado para llevar a cabo la identificación de los coleópteros.

El procesado de las muestras consistía en verter en una placa Petri el contenido del pitfall con los coleópteros conservados en etanol. A continuación con ayuda de unas pinzas y punzones se procedía a la manipulación de los insectos para ser observados bajo la lupa estereoscópica, y por último con la ayuda de una guía de identificación se procedía a la determinación de los individuos.

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó mediante el software y lenguaje de programación R, a través del entorno integrado de RStudio.

Para evaluar el efecto del manejo agrícola de la cubierta y suelo del olivar sobre la diversidad de familias de coleópteros edáficos, la diversidad de morfotipos de coleópteros y sobre el estafilínido *Ocypus olens* se emplearon modelos lineales generalizados mixtos con una serie de variables respuesta y factores fijos:

Para la diversidad de familias y de morfotipos de coleópteros las variables respuesta fueron el número de familias y morfotipos distintos por pitfall.

Para la presencia de *O. olens* la variable respuesta fue el número de pitfall con presencia de dicha especie.

Los factores fijos o variables independientes fueron los siguientes: tipo de manejo del olivar, complejidad paisajística del entorno de los olivares de estudio, periodo de muestreo (mes de recolecta de las muestras) y tipo de ambiente en el que se colocaron los pitfalls.

Para obtener respuesta a la relación entre las distintas variables, se ajustaron modelos lineales generalizados mixtos en los que se comparaban con un modelo nulo (modelo ajustado solo con la variable respuesta, sin ningún factor fijo), empleando la función 'lme4' del paquete 'lmer' de R. Se seleccionó como factor aleatorio la localidad. Se valoró cada modelo utilizando el criterio de Akaike, parámetro AIC, mediante el que se seleccionó el modelo con mejor ajuste, indicando qué modelo es el más parsimonioso (Blüthgen et al. 2008). Como criterio para seleccionar los modelos mejor ajustados se tomó de referencia a los modelos nulos, de forma que los modelos con un valor de $AIC \leq 2$ respecto del modelo nulo se consideraron no equivalentes a este, y por consiguiente se tuvieron en consideración como modelos candidatos a ser seleccionados como los que mejor explicaban el comportamiento de la variable respuesta en cada caso.

Con motivo de complementar el criterio de Akaike, se aplicaron los parámetros R^2 marginal, R^2 condicional, devianza y p-valor.

Por un lado, el parámetro R^2 marginal es la proporción que explica solo debido a los factores fijos (dejando fuera los aleatorios).

Por otro lado, el parámetro R^2 condicional es la proporción de varianza que explica el modelo con los factores fijos y aleatorios.

La devianza es un parámetro que también hace referencia a la bondad de ajuste de cada modelo.

Por último el P-valor es el indicador del valor de significación de un determinado modelo respecto del nulo (si es menor de 0,05 quiere decir que con un 95% de probabilidad se puede asegurar si hay diferencias entre el modelo dado y el nulo, si

este es mayor no se puede decir que las diferencias que se observan no se deban al azar).

Para comparar las comunidades de coleópteros en función del manejo y el paisaje se ha llevado a cabo el análisis PERMANOVA (Análisis Permutacional de la Varianza), que se desarrolla a partir de la función 'adonis2' del paquete 'vegan' de R, y que en este caso explora si existían diferencias significativas en la composición de familias con respecto a diferente complejidad paisajística. Dicho análisis se realizó a través de una matriz cualitativa (datos de presencia/ausencia). Para representar gráficamente los resultados del análisis PERMANOVA se empleó un Escalamiento Multidimensional No Paramétrico (Non-metric multidimensional scaling - NMDS) a través de la función 'metaMDS' mediante el paquete 'vegan' de R, que mediante la construcción de matrices de disimilaridad proporciona todas las posibilidades y las compara para obtener semejanzas y tiene en cuenta tanto la diversidad como la abundancia.

6. RESULTADOS

Del análisis del contenido de los pitfalls seleccionados se obtuvieron un total de 11 familias diferentes: Scarabaeidae, Carabidae, Tenebrionidae, Meloidae, Curculionidae, Coccinellidae, Silphidae, Lucanidae, Anthicidae, Hydrophilidae y Staphylinidae de la cual se identificaron varias morfoespecies de *Ocypus olens*.

La tabla 6.1 presenta a modo de resumen, los datos obtenidos de diversidad de familias de coleópteros para cada finca de estudio obtenidos del análisis de 180 pitfalls seleccionados de entre los 1344 pitfalls recolectados. El número medio de familias detectadas por finca fue de 4,13 familias de coleópteros por olivar, variando entre 2 familias (Moraleta Extensivo) y 7 familias (Casilla Aranda Extensivo). El número medio de familias detectadas por pitfall y olivar fue de 1,68 familias, variando entre 1,14 familias (Toquillas Extensivo, Moraleta Extensivo y Moraleta Intensivo) y 2,57 familias (Cortijo de Guadiana Intensivo). También puede observarse que no hay apenas diferencias en cuanto a los datos brutos de diversidad obtenidos para cada uno de los dos tipos de manejo contemplados en el estudio, los cuales difieren solo en una familia y además en ambos se han detectado prácticamente la totalidad de familias del estudio.

Tabla 6.1: Tabla de tipo de manejo, complejidad paisajística, contraste ecológico, número total de familias y medias de familias por pitfall de cada finca.

FINCA	PROVINCIAS	TIPO DE MANEJO	COMPLEJIDAD PAISAJÍSTICA	NÚMERO TOTAL DE FAMILIAS	MEDIA DE FAMILIAS POR PITFALL
La Casona	Jaén	Intensivo	Alta	4	1,29
La Casona	Jaén	Extensivo	Alta	3	1,2
Casilla Aranda	Córdoba	Intensivo	Baja	6	2,13
Casilla Aranda	Córdoba	Extensivo	Baja	7	2,28
Torres de Albánchez	Jaén	Intensivo	Alta	3	1,16
Torres de Albánchez	Jaén	Extensivo	Alta	6	1,7
Toquillas	Córdoba	Intensivo	Baja	5	1,6
Toquillas	Córdoba	Extensivo	Baja	3	1,14
Tobazo	Jaén	Intensivo	Intermedia	5	1,7
Tobazo	Jaén	Extensivo	Intermedia	4	1,4
Monva	Jaén	Intensivo	Intermedia	3	1,6
Monva	Jaén	Extensivo	Intermedia	3	1,3
Moraleda	Granada	Intensivo	Intermedia	3	1,14
Moraleda	Granada	Extensivo	Intermedia	2	1,14
La Luna	Córdoba	Intensivo	Alta	3	1,5
La Luna	Córdoba	Extensivo	Alta	3	1,5
Piedras Cucas	Jaén	Intensivo	Baja	5	1,8
Piedras Cucas	Jaén	Extensivo	Baja	4	1,57
Cortijo Guadiana Extensivo	Jaén	Intensivo	Intermedia	6	2,57
Cortijo Guadiana Extensivo	Jaén	Extensivo	Intermedia	4	1,86
David Lantejuela	Sevilla	Intensivo	Baja	5	2,3
David Lantejuela	Sevilla	Extensivo	Baja	4	2,55
Peña del Gallo	Cádiz	Intensivo	Alta	4	2
Peña del Gallo	Cádiz	Extensivo	Alta	4	2
MEDIA				4,13	1,68
MANEJO INTENSIVO				10	1,76
MANEJO EXTENSIVO				9	1,69
PITFALLS RECOLECTADOS	1344				
PITFALLS SELECCIONADOS	180				

Tal y como se muestra en la tabla 6.2 el único modelo que no es equivalente al modelo nulo, y que por tanto es seleccionado como el modelo mejor ajustado es el codificado como NF-6, cuyo factor fijo es la variable 'Mes'.

Tabla 6.2: Tabla de contenido de modelos mixtos generalizados para número de familias por pitfall. Los resultados obtenidos del programa R reflejados en esta tabla muestran los valores de Akaike, R^2 marginal, R^2 condicional, devianza y p valor, que presentan los factores evaluados; manejo de la cubierta, complejidad paisajística, ambiente, manejo + paisaje, interacción de manejo y paisaje y mes, de las variables respuesta familias por pitfall.

Código del modelo	Factores fijos	AIC	Devianza	p-value	R^2 m	R^2 c
a) Variable respuesta: Número de familias/pitfall						
NF-Nulo	Ninungo	815,66	811,66		0	0,083
NF-1	Manejo de la cubierta	817,41	811,41	0,615	0,0007	0,084
NF-2	Complejidad paisajística	817,84	809,84	0,401	0,0168	0,081
NF-3	Ambiente	818,01	810,01	0,438	0,004	0,087
NF-4	Manejo + Paisaje	819,58	809,58	0,555	0,017	0,082
NF-5	Manejo*Paisaje	822,32	808,32	0,647	0,02	0,084
NF-6	Mes	763,28	751,28	0	0,148	0,223

Los resultados son semejantes al considerar el nº de morfotipos diferentes de coleópteros considerados, en lugar del nº de familias. Como puede observarse en la

tabla 6.3 el modelo que difiere del modelo nulo, y que por tanto se escoge como modelo mejor ajustado es el codificado como NM-6, cuyo factor fijo es la variable ‘Mes’.

Tabla 6.3: Tabla de contenido de modelos mixtos generalizados para número de morfotipos por pitfall. Los resultados obtenidos del programa R reflejados en esta tabla muestran los valores de Akaike, R^2 marginal, R^2 condicional, devianza y p valor, que presentan los factores evaluados; manejo de la cubierta, complejidad paisajística, ambiente, manejo + paisaje y mes, de las variables respuesta de morfotipos por pitfall.

Código del modelo	Factores fijos	AIC	Devianza	p-value	R^2m	R^2c
a) Variable respuesta: Número de morfotipos/pitfall						
NM-Nulo	Ninguno	850,67	846,67		0	0,108
NM-1	Manejo de la cubierta	851,93	845,93	0,388	0,002	0,11
NM-2	Complejidad paisajística	852,08	844,08	0,273	0,027	0,106
NM-3	Ambiente	852,3	844,3	0,306	0,006	0,113
NM-4	Manejo + Paisaje	853,34	843,34	0,343	0,029	0,108
NM-5	Manejo*Paisaje	855,83	841,83	0,435	0,032	0,109
NM-6	Mes	799,69	787,69	0	0,148	0,245

Como se observa en ambas tablas (6.2 y 6.3), de las variables contempladas en el estudio, la estacionalidad “Mes” es la que mejor explica las diferencias observadas en la riqueza de familias de coleópteros y de morfotipos. El resto de variables evaluadas, como el tipo de manejo agrícola o la complejidad paisajística no muestran efecto sobre a diversidad de familias, mostrando además medias predichas por lo modelos prácticamente iguales para cada nivel de los factores indicados.

Una vez se desglosan los dos modelos seleccionados para cada una de las variables respuesta seleccionadas (NF-6 y NM-6), se observa que en ambos se muestran diferencias significativas entre los meses de Junio, Noviembre y Octubre (Tabla 6.4 y 6.5).

Tabla 6.4: Tabla de contenido del modelo NF-6 factor mes.

Código del modelo	Términos	Estimate	Error Estándar	z-value	p-value
NF-6	Intercept (Julio)	0,064	0,151	0,425	0,671
	Junio	0,489	0,154	3,176	0,001
	Mayo	-0,194	0,178	-1,094	0,274
	Noviembre	-0,603	0,204	-2,947	0,003
	Octubre	-0,74	0,204	-3,622	0,0002

Tabla 6.5: Tabla de contenido del modelo NM-6 factor mes.

Código del modelo	Términos	Estimate	Error Estándar	z-value	p-value
NM-6	Intercept (Julio)	0,101	0,155	0,652	0,514
	Junio	0,464	0,151	3,072	0,002
	Mayo	-0,098	0,169	-0,583	0,559
	Noviembre	-0,548	0,196	-2,8	0,005
	Octubre	-0,765	0,2	-3,817	0,0001

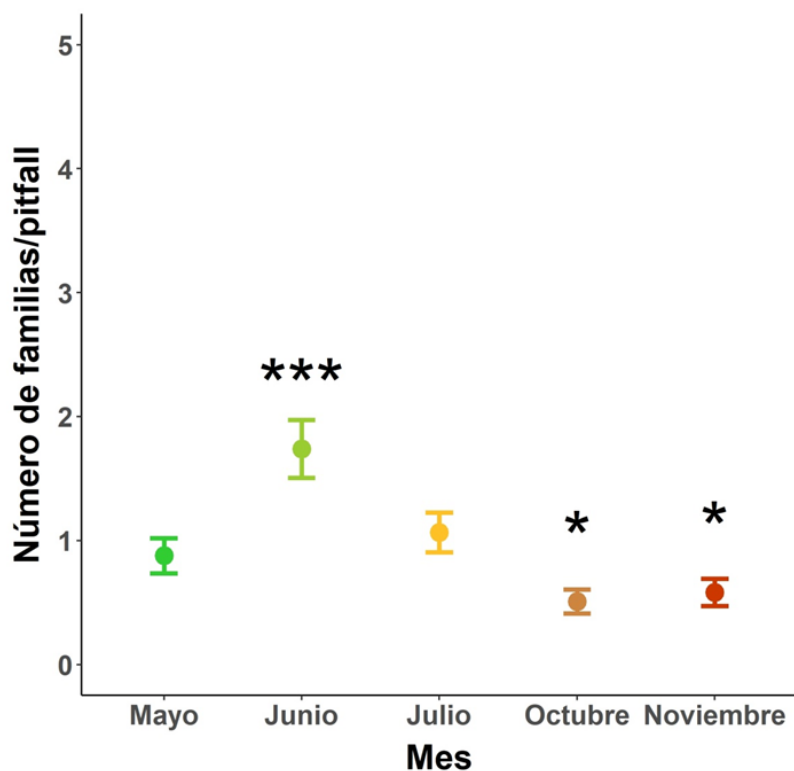


Figura 6.2: Representación gráfica de los meses en los que se detectó la presencia de coleópteros con respecto al número de familias por pitfall de los resultados correspondientes a las tabla 6.4.

Tal y como se observa en la tabla 6.4, la figura 6.2 muestra como el mes de junio fue el mes con más familias por pitfall.

Respecto a la presencia de *O. olens*, como se observa en la tabla 6.6, se ha analizado como variable respuesta el número de pitfall con presencia, mostrándose que no existen diferencias significativas para ninguno de los factores fijos excepto para el factor “Mes”, correspondiente al modelo OL-6.

Tabla 6.6: Tabla de contenido de modelo mixtos generalizados para la presencia de *Ocypus olens*. Los resultados obtenidos del programa R reflejados en esta tabla muestran los valores de Akaike, R^2 marginal, R^2 condicional, devianza y p valor, que presentan los factores evaluados; manejo de la cubierta, complejidad paisajística, ambiente, manejo + paisaje y mes, de las variables respuesta de cantidad de *Ocypus olens* por pitfall.

Código del modelo	Factores fijos	AIC	Devianza	p-value	R^2_m	R^2_c
a) Variable respuesta: Cantidad de pitfalls con presencia de <i>Ocypus olens</i>						
OL-Nulo	Ninguno	808,68	804,68	-	0	0,086
OL-1	Manejo de la cubierta	810,29	804,29	0,533	0,001	0,123
OL-2	Complejidad paisajística	810,77	802,77	0,385	0,025	0,118
OL-3	Ambiente	811,36	803,36	0,516	0,002	0,056
OL-4	Manejo + Paisaje	812,39	802,39	0,513	0,026	0,12
OL-5	Manejo * Paisaje	815,27	801,27	0,637	0,029	0,121
OL-6	Mes	757,32	754,32	<0,001	0,195	0,297

El desglose del modelo OL-6 muestra que los meses de junio, noviembre y octubre son los que presentan diferencias, además de ser más abundante el mes de junio y menos abundante los meses de noviembre y octubre (Figura 6.3).

Tabla 6.7: Desglose del modelo OL-6.

Código del modelo	Términos	Estimate	Error estándar	z-value	p-value
OL-6					
	Mayo	-0,208	0,177	-1,173	0,24
	Junio	0,457	0,154	2,965	0,003
	Julio	0,076	0,151	0,505	0,613
	Noviembre	-0,645	0,206	-3,131	0,001
	Octubre	-0,763	0,205	-3,712	<0,001

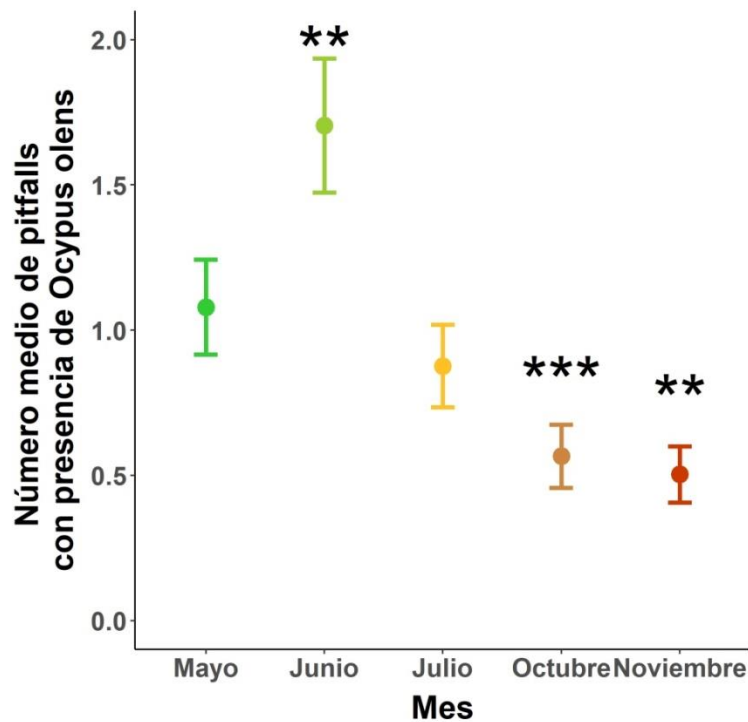


Figura 6.3: Representación gráfica de los meses en los que se detectó mayor y menor presencia de *Ocypus olens* en el contenido de los pitfalls.

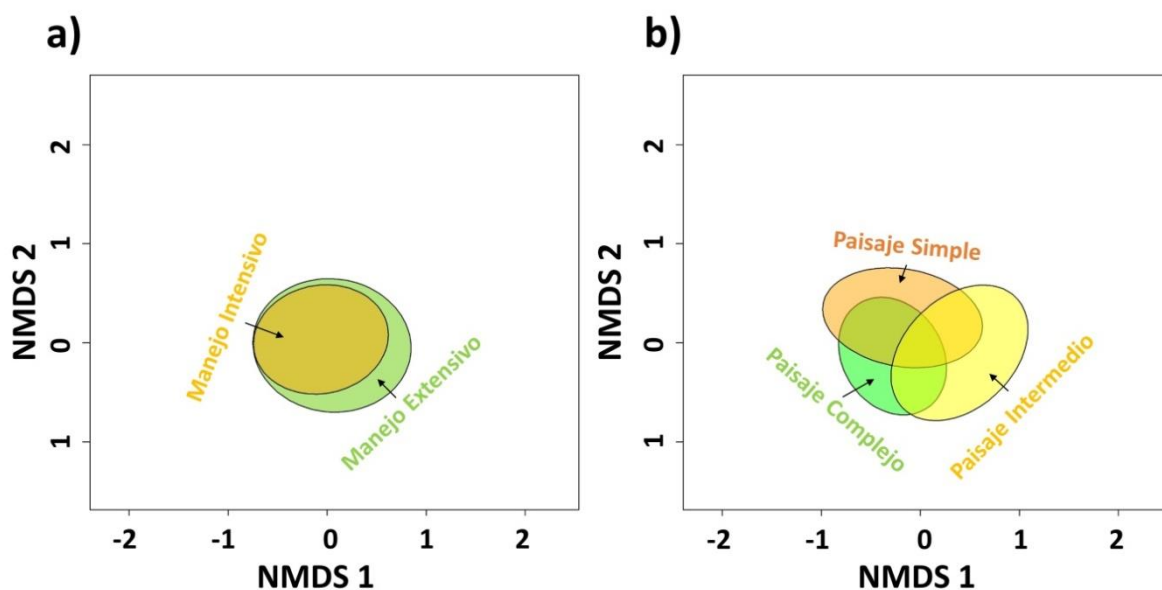
Finalmente respecto a la variación de composición de familias, como se observa en la tabla 6.8, el análisis PERMANOVA muestra que no existen diferencias significativas con respecto al manejo de la cubierta, es decir, no influye en la composición de las comunidades de coleópteros. Por el contrario para la complejidad paisajística sí existen diferencias significativas, lo que indica que las comunidades no son iguales en cuanto a composición en función del paisaje, por lo que de alguna manera el contexto paisajístico hace que haya un grupo de familias u otras. En cualquier caso, si nos fijamos en la R^2 del modelo (la proporción de la varianza), podemos observar que aunque haya una tendencia significativa, resalta que la varianza explicada es baja.

Tabla 6.8: Tabla de contenido del análisis PERMANOVA para los factores Paisaje y Manejo, con datos de presencia/ausencia de familias.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	R^2	F	p-valor
Complejidad Paisajística	2	1.513	0,086	3.399	0,005
Manejo de la cubierta	1	0,198	0,011	0,837	0,707

En la figura 6.4 quedan representados gráficamente mediante escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS) los resultados obtenidos en la tabla 6.8 sobre el efecto del manejo y el paisaje sobre la ausencia o presencia de familias, mostrándose la fuerte superposición de elipses en función del manejo (Fig. 6.4a), lo que significa que sus composiciones de familias son casi iguales (no hay diferencias en composición). Por otro lado, la figura 6.4b muestra las elipses más separadas en el caso de la complejidad de paisaje, lo que indica que existen diferencias, aunque como se puede observar todavía hay un cierto solapamiento que coincide con el resultado de baja varianza explicada por este efecto (análisis de PERMANOVA), aunque sea significativa.

Figura 6.4: Resultado del Escalamiento Multidimensional No Paramétrico (NMDS) para la composición de las fincas con respecto a la ausencia o presencia de familias frente al tipo de manejo (figura 6.4a) y frente a la complejidad paisajísticas (figura 6.4b).



7. DISCUSIÓN

El tipo de manejo de la cubierta herbácea del olivar, a pesar de considerarse un factor importante para el mantenimiento de las comunidades de coleópteros, no ha arrojado diferencias significativas ni en la diversidad de familias o morfotipos de coleópteros, ni en la composición de familias, y tampoco afectó a la frecuencia de *O.*

olens. Esto puede indicar que quizás el estudio a nivel de familia no sea suficientemente resolutivo y que sería más adecuado emplear un nivel taxonómico inferior como concluyen en el estudio de Cotes et al. (2009a), en el que consideran que es más eficaz estudiar la familia Coccinellidae a nivel de especie para usarla como bioindicador en el manejo orgánico y no orgánico del olivar porque es una familia muy abundante, fácil de identificar, se conoce bien su biología y suele permanecer en el cultivo. Emplear el nivel taxonómico de familia para evaluar efectos sobre la diversidad en el caso de los coleópteros podría ser insuficiente dado que el nivel taxonómico de familia, en el caso de los coleópteros, sigue siendo muy vasto y pierden mucha resolución en cuanto a diversidad de especies que las conforman. Englobar la gran diversidad de especies que albergan en grupos tan amplios puede resultar en pérdida de información y variabilidad. Por lo tanto será más fácil detectar diferencias empleando un nivel taxonómico inferior como el de género o especie (Castro et al. 2021).

En lo referente a los resultados obtenidos para el efecto del manejo sobre la diversidad de familias de coleópteros, aunque es algo poco común en artículos de esta temática, existen trabajos como el de Cotes et al. (2009b) en el que se comparaba el número de familias entre dos tipos de manejo, uno con cubierta vegetal y otro sin cubierta vegetal, obteniendo como resultado un total de 19 familias, 18 familias en el manejo sin cubierta y 16 familias en el manejo con cubierta, unos resultados similares a los de este trabajo. El motivo por el cual se han podido producir estos casos puede deberse a que las familias sean relativamente resistentes a las perturbaciones que se producen y por tanto también lo sean frente al estrés que produce dicho el manejo sin cubierta, donde se vería incrementada la diversidad y abundancia de especies más oportunistas (Ruano et al. 2004; Brussaard et al. 2007). No obstante, nuestros resultados de morfotipos reproducen los obtenidos con familias, siendo los morfotipos un análogo de especies, aunque sin su determinación. Otro estudio como el de Thiele, (2012), explica que el hecho de no encontrar diferencias significativas entre especies de coleópteros como los carábidos en explotaciones bajo agricultura orgánica (libre de pesticidas), se debe a la variedad de la comunidad de dichos coleópteros, que presentan una gran resistencia frente a los impactos agroambientales. Otra posibilidad alternativa que no podemos descartar para nuestros resultados es que el uso de los coleópteros

recolectados de 1 única trampa de caída por mes y tipo de microhábitat en cada finca, haya sido insuficiente para muestrear su diversidad. Ello es un inconveniente que se deriva de la dimensión de trabajo que puede asumirse en un TFG. Evidentemente esto solo puede ser resuelto revisando los coleópteros del resto de trampas de caída. Igualmente, el tipo de trampa de caída utilizada puede no ser la más adecuada para estimar diversidad de coleópteros. Así, Santos et al. (2007) destacan la importancia del tamaño del pitfall, de forma que un pitfall de mayor diámetro es capaz de obtener mayor diversidad con respecto a un pitfall de diámetro menor.

En cuanto al estudio de la especie de estafilínido *Ocypus olens*, observamos que sigue un patrón similar al de la diversidad de familias dado que no presenta diferencias significativas con respecto al tipo de manejo y que se encontró una mayor abundancia en junio. Al contrario de lo esperado, mostró menor abundancia en los meses de otoño en los que se considera más activo según demuestra el trabajo de Albertini et al. (2018) en el que recolectaron estafilínidos desde Octubre hasta Marzo encontrando a *O. olens* en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, mostrando así que es una época en la que son muy activos debido a que coincide con la caída al suelo de la mosca de la aceituna. Por lo tanto, teniendo en cuenta los resultados de este trabajo parece que dicha especie no sería un buen elemento en el control de la mosca del olivo.

Tras evaluar los resultados del análisis PERMANOVA, se observó que la composición de familias presentaba diferencias significativas con respecto al contexto paisajístico en contra posición al tipo de manejo que no mostró ningún efecto en la composición de familias. El hecho de que existan diferencias en la composición de familias para el paisaje, podría deberse a la que cambia la composición de familias más adaptadas a perturbación en paisajes dominados por el olivar a otras familias favorecidas por la heterogeneidad de dicho paisaje que aporta fuentes de diversidad, a la vez que modificaciones en las condiciones de humedad y temperatura en el suelo de dicho paisaje que rodea al olivar, regulando la distribución de algunas familias de coleópteros menos generalistas (Garlet et al. 2015; Madeira et al. 2016).

En cualquier caso el efecto más manifiesto y repetido en nuestros resultados es la estacionalidad en la diversidad de familias, morfotipos de coleópteros y en la abundancia de *O. olens*. El mes de junio muestra mayores diversidades. Nuestros resultados coinciden con los obtenidos por Ruano et al. (2004) donde reflejaron en los meses de mayo y junio un mayor número de grupos y mayores diferencias en el tipo de manejo. Esto puede deberse a que las condiciones climáticas de mayo y junio sean más estable (Cotes et al. 2010) en comparación a otros meses de otoño e invierno en los que se dan temporales de lluvias que pueden afectar negativamente a los coleópteros.

Otro aspecto a tener en cuenta es el método de análisis, quizás habría sido más adecuado analizar pitfalls de cada mes de muestreo del año entero y no solo de los meses de más actividad ya que tal como se muestra en Castro et al. (2021), las interacciones tróficas pueden cambiar dependiendo de la estación. Por lo tanto las comunidades de artrópodos, en este caso coleópteros, pueden mostrar también cambios en la composición de taxones en los periodos de menos actividad, por lo que podría ser un aspecto clave a considerar en futuros estudios para detectar efectos del manejo o paisaje sobre la diversidad de la comunidad de coleópteros epigeos.

8. CONCLUSIONES

Las conclusiones principales que se extraen de este estudio son las siguientes:

-Contrariamente a lo esperado, tanto el manejo agrícola de la cubierta vegetal como el contexto paisajístico de los olivares de estudio no reflejaron efecto sobre la diversidad de familias de coleópteros. Una de las principales causas podría ser que el nivel taxonómico de familia fuese insuficiente para detectar efectos de manejo agrícola y simplificación paisajística en grupos tan diversos como los coleópteros en los que centrarse en el nivel de familia oculta mucha información taxonómica y especificidad de requerimientos ambientales de especies o géneros.

- La estacionalidad fue la variable que mejor explicó las diferencias tanto para la diversidad de familias de coleópteros, como la presencia de *Ocypus olens* en las

trampas de caída, siendo el inicio del verano la época donde mayor diversidad de familias, morfotipos e incidencia de *O. olens* se detectó, frente a la de otoño, en la cual ambas disminuyeron significativamente. Esto puede estar relacionado con un ambiente climático más estable en esos meses de inicios de verano.

- En base a los datos obtenidos, parece que *Ocypus olens* no tiene un gran potencial como controlador de *Bactrocera oleae* en su fase de pupa debido a que su presencia en el olivar disminuye en otoño, época en la cual las pupas de *Bactrocera oleae* se encuentra en el suelo.

- Analizar un mayor número de pitfalls, incrementar la superficie de captación de la trampa y no restringir los análisis a los meses de mayor actividad podría mejorar la capacidad de detección de efectos de manejo y complejidad paisajística.

-Dado que el tipo de manejo no muestra diferencias significativas frente a la composición de familias de coleópteros, puede ponerse en valor el papel del contexto paisajístico, que sí muestra diferencias significativas dado que quizás pueda conservar la composición de familias debido a la humedad y temperatura propicias que alberga el suelo de dicho paisaje.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la colaboración y apoyo brindados en este estudio a mi cotutor, por contribuir en la parte experimental de este trabajo con la identificación de las familias de coleópteros y por ayudarme a interpretar los resultados de los análisis. A mi tutor por brindarme un estudio experimental que trata un tema tan importante y actual y por aportarme sus conocimientos y a los técnicos de laboratorio por su dedicación en la recogida de las muestras.

En especial, agradezco al Proyecto LIFE Olivares Vivos (LIFE14 NAT/ES/001094, European Commission) por la toma de muestras de campo y la financiación que han hecho posible el desarrollo de este trabajo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTINI, A., MARCHI, S., RATTI, C., BURGIO, G., PETACCHI, R., & MAGAGNOLI, S. (2018). *Bactrocera oleae* pupae predation by *Ocypus olens* detected by molecular gut content analysis. *BioControl*, 63(2), 227-239.
- ALONSO-ZARAZAGA, M.A (2015) Orden Coleoptera SEA Depto. de Biodiversidad y Biología Evolutiva Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), 55, [Coleoptera SEA.pdf](#)
- ALBERTINI, A., MARCHI, S., RATTI, C., BURGIO, G., PETACCHI, R., & MAGAGNOLI, S. (2018). *Bactrocera oleae* pupae predation by *Ocypus olens* detected by molecular gut content analysis. *BioControl*, 63(2), 227-239.
- ÁLVAREZ, V. Á. S. (2016). Utilización de coleópteros como indicadores ecológicos en gradientes urbanos de Gijón y León (NO Península ibérica). (Coleoptera: Carabidae, Cholevidae, Histeridae, Silphidae y Staphylinidae) (Doctoral dissertation, Universidad de León).
- BARRANCO NAVERO, D. I. E. G. O., FERNANDEZ ESCOBAR, R. I. C. A. R. D. O., & RALLO ROMERO, L. U. I. S. (2017). *El cultivo del olivo* 7ª ed. Mundi-Prensa Libros.
- BARRIENTOS, J. A. (Ed.). (2004). *Curso práctico de entomología* (Vol. 41). Universidad Autónoma de Barcelona. [Fotografía]
- BIAGGINI M., CONSORTI R., DAPPORTO L., DELLACASA M., PAGGETTI E., CORTI C., (2007). The taxonomic level order as a possible tool for rapid assessment of Arthropod diversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 122: 183-191.
- BLÜTHGEN, N., FRÜND, J., VÁZQUEZ, D. P., & MENZEL, F. (2008). What do interaction network metrics tell us about specialization and biological traits. *Ecology*, 89(12), 3387-3399.
- BROWN, K. S. (1997). Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect conservation*, 1(1), 25-42.
- BRUSSAARD, L., DE RUITER, P. C., & BROWN, G. G. (2007). Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, ecosystems & environment*, 121(3), 233-244.
- CÁRDENAS, A. M., BUJALANCE, J. L., & HIDALGO, J. M. (2011). Assessment of darkling beetle fauna after implementation of an environmental restoration program in the Southern Iberian Peninsula affected by the Aznalcóllar toxic spill. *Journal of Insect Science*, 11(1).
- CASTRO, J., PASTOR, M., & CAMPOS, P. (1996). Influencia de los sistemas de cultivo empleados en olivar y girasol sobre la composición de la fauna de artrópodos en el suelo. *Bol. San. Veg., Plagas*. 22: 557-570.
- CASTRO, J., TORTOSA, F. S., & CARPIO, A. J. (2021). Structure of canopy and ground-dwelling arthropod communities in olive orchards is determined by the type of soil cover. *European Journal of Entomology*, 118.
- CLOUGH, Y., HOLZSCHUH, A., GABRIEL, D., PURTAUF, T., KLEIJN, D., KRUESS, A. & TSCHARNTKE, T. (2007). Alpha and beta diversity of arthropods and plants in organically and conventionally managed wheat fields. *Journal of Applied Ecology*, 44(4), 804-812.
- COTES, B., CASTRO, J., CARDENAS, M., & CAMPOS, M. (2009b). Responses of epigeal beetles to the removal of weed cover crops in organic olive orchards. *Bull. Insectol*, 62, 47-52.

- COTES, B., RUANO, F., GARCÍA, P. A., PASCUAL, F., & CAMPOS, M. (2009a). Coccinellid morphospecies as an alternative method for differentiating management regimes in olive orchards. *ecological indicators*, 9(3), 548-555.
- COTES, B., CAMPOS, M., PASCUAL, F., GARCÍA, P. A., & RUANO, F. (2010). Comparing taxonomic levels of epigeal insects under different farming systems in Andalusian olive agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, 44(3), 228-236.
- CRAWFORD, C. S. (1991). The community ecology of macroarthropod detritivores. *Ecology of Desert Communities*. University of Arizona Press, Tucson.
- DECAËNS, T., LAVELLE, P. M., JIMÉNEZ JAÉN, J. J., ESCOBAR, G., & RIPPSTEIN, G. (1994). Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *European Journal of Soil Biology*.
- DUELLI, P., OBRIST, M. K., & SCHMATZ, D. R. (1999). Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 33-64.
- EKROOS, J., OLSSON, O., RUNDLÖF, M., WÄTZOLD, F., & SMITH, H. G. (2014). Optimizing agri-environment schemes for biodiversity, ecosystem services or both? *Biological conservation*, 172, 65-71.
- FOURNET, S., STAPEL, J. O., KACEM, N., NENON, J. P., & BRUNEL, E. (2000). Life history comparison between two competitive Aleochara species in the cabbage root fly, Delia radicum: implications for their use in biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 96(3), 205-211.
- GARLET, J., COSTA, E. C., BOSCARDIN, J., MACHADO, D. N., & PEDRON, L. (2015). Fauna de Coleoptera edáfica em eucalipto sob diferentes sistemas de controle químico da matocompetição. *Floresta e Ambiente*, 22, 239-248.
- GRANDCHAMP, A. C., BERGAMINI, A., STOFER, S., NIEMELÄ, J., DUELLI, P., & SCHEIDEGGER, C. (2005). The influence of grassland management on ground beetles (Carabidae, Coleoptera) in Swiss montane meadows. *Agriculture, ecosystems & environment*, 110(3-4), 307-317.
- GROVE, S. J., & STORK, N. E. (2000). An inordinate fondness for beetles. *Invertebrate Systematics*, 14(6), 733-739.
- HEYBORNE, W. H., MILLER, J. C., & PARSONS, G. L. (2003). Ground dwelling beetles and forest vegetation change over a 17-year-period, in western Oregon, USA. *Forest Ecology and Management*, 179(1-3), 123-134.
- HOLLAND, J. M., & LUFF, M. L. (2000). The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated pest management reviews*, 5(2), 109-129.
- KALUSHKOV, P., & HODEK, I. (2004). The effects of thirteen species of aphids on some life history parameters of the ladybird Coccinella septempunctata. *BioControl*, 49(1), 21-32.
- IFAPA (2020): Ifapa trabaja en la identificación de variedades de olivo que estén bien adaptadas al cultivo ecológico [Fotografía]. [Ifapa trabaja en la identificación de variedades de olivo que estén bien adaptadas al cultivo ecológico - Fundación Descubre \(fundaciondescubre.es\)](https://fundaciondescubre.es/)
- KLEIJN, D., & SUTHERLAND, W. J. (2003). How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal of applied ecology*, 40(6), 947-969.
- KROMP, B., 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74, 187–228.

- KLEIN, B. C. (1989). Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. *Ecology*, 70(6), 1715-1725.
- KROMP, B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 187-228.
- LOVEJOY, T. E., BIERREGAARD JR, R. O., RYLANDS, A. B., MALCOLM, J. R., QUINTELA, C. E., HARPER, L. H. & HAYS, M. B. (1986). Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments.
- MADEIRA, F., TSCHARNTKE, T., ELEK, Z., KORMANN, U. G., PONS, X., RÖSCH, V. & BATÁRY, P. (2016). Spillover of arthropods from cropland to protected calcareous grassland—the neighbouring habitat matters. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 235, 127-133.
- MCGEOCH, M. A., & CHOWN, S. L. (1998). Scaling up the value of bioindicators. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(2), 46-47.
- MCGEOCH, M. A., VAN RENSBURG, B. J., & BOTES, A. (2002). The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of applied ecology*, 39(4), 661-672.
- OTAVO, S. E., PARRADO-ROSSELLI, Á., & ARI NORIEGA, J. (2013). Superfamilia Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) como elemento bioindicador de perturbación antropogénica en un parque nacional amazónico. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 735-752.
- PEARSON, D. L., & CASSOLA, F. (1992). World-wide species richness patterns of tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae): indicator taxon for biodiversity and conservation studies. *Conservation Biology*, 6(3), 376-391.
- PIZZOLOTTO, R., MAZZEI, A., BONACCI, T., SCALERCIO, S., IANNOTTA, N., & BRANDMAYR, P. (2018). Ground beetles in Mediterranean olive agroecosystems: Their significance and functional role as bioindicators (Coleoptera, Carabidae). *PloS one*, 13(3), e0194551.
- RAINIO, J., & NIEMELÄ, J. (2003). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity & Conservation*, 12(3), 487-506.
- ROMERO, R. O. (2015). La influencia del manejo del suelo en las comunidades de coleópteros edáficos (Coleoptera) en la ZEPa-LIC La Serena y Sierras Periféricas (Badajoz, España). *Boletín de la SEA*, 56, 291-299.
- RUANO, F., LOZANO, C., GARCIA, P., PENA, A., TINAUT, A., PASCUAL, F., & CAMPOS, M. (2004). Use of arthropods for the evaluation of the olive-orchard management regimes. *Agricultural and Forest Entomology*, 6(2), 111-120.
- SAMWAYS, M. J., MCGEOCH, M. A., & NEW, T. R. (2010). *Insect conservation: a handbook of approaches and methods*. Oxford University Press.
- SANTOS, S. A., CABANAS, J. E., & PEREIRA, J. A. (2007). Abundance and diversity of soil arthropods in olive grove ecosystem (Portugal): Effect of pitfall trap type. *European Journal of Soil Biology*, 43(2), 77-83.
- THIELE, H. U. (2012). *Carabid beetles in their environments: a study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour* (Vol. 10). Springer Science & Business Media.
- TORTOSA, A., DUFLLOT, R., RIVERS-MOORE, J., LADET, S., ESQUERRÉ, D., & VIALATTE, A. (2022). Natural enemies emerging in cereal fields in spring may contribute to biological control. *Agricultural and Forest Entomology*.
- UEHARA-PRADO, M., DE OLIVEIRA FERNANDES, J., DE MOURA BELLO, A., MACHADO, G., SANTOS, A. J., VAZ-DE-MELLO, F. Z., & FREITAS, A. V. L. (2009). Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale

- disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 142(6), 1220-1228.
- VEREECKEN, N., & CARRIERE, J. (2003). Contribution à l'étude éthologique de la grande Scolie à front jaune *Megascolia maculata flavifrons* (F., 1775)(Hymenoptera, Scoliidæ) en France méditerranéenne. *Notes Fauniques Gembloux*, 53, 71-80.
- VITANOVIĆ, E., IVEZIĆ, M., KAČIĆ, S., KATALINIĆ, M., DURBEŠIĆ, P., & BARČIĆ, J. I. (2018). Arthropod communities within the olive canopy as bioindicators of different management systems. *Spanish journal of agricultural research*, 16(2), 7.
- ZERBINO, S., ALTIER, N., MORÓN, A., & RODRÍGUEZ, C. (2008). Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia Uruguay*, 12(1), 44-55.