



Universidad de Jaén

FACULTAD DE
CIENCIAS
EXPERIMENTALES

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS LESIONES DE OVIPOSICIÓN DE CICADA BARBARA (HOMOPTERA: CICADIDAE). INFLUENCIA DE LAS PRÁCTICAS DE MANEJO DEL OLIVAR.

Alumno: Juan Francisco Cuesta Cocera

Grado:
Ciencias Ambientales

Fecha: Julio de 2024





UNIVERSIDAD
DE JAÉN



Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN
DE LAS LESIONES DE
OVIPOSICIÓN DE CICADA
BARBARA
(HOMOPTERA:CICADIDAE).
INFLUENCIA DE LAS
PRÁCTICAS DE MANEJO DEL
OLIVAR.**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan Francisco Cuesta Cocera'.

Alumno: Juan Francisco Cuesta Cocera

Jaén, Julio, 2024

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. El canto.....	6
1.2. Reproducción y desarrollo.	9
1.3. Los Cicadidae de la Península Ibérica.....	11
1.4. Los cicádidos, plagas de los cultivos	14
1.5. Especies plaga en la Península Ibérica	15
2. OBJETIVOS.....	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Descripción de las parcelas de estudio.....	18
3.2. Olivares con manejo ecológico (CV1 y CV2)	19
3.3. Olivar con manejo convencional (CONV)	20
3.4. Diseño experimental	22
3.4.1. Estudio de la vegetación herbácea.....	22
3.4.2. Muestreo de las lesiones por oviposición de Cicada barbara.	22
4. RESULTADOS	25
4.1. Diversidad y abundancia relativa de la vegetación herbácea (olivares CV1 y CV2).....	25
4.2. Descripción de las lesiones por oviposición de <i>C. barbara</i>	27
4.3. Distribución de las lesiones.	29
4.3.1. En los brotes.	29
4.3.2. Entre distintos olivares: Influencia del manejo del cultivo.	29
4.3.3. Influencia de zona altitudinal y sector cardinal en el olivo.....	29
5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	31
6. CONCLUSIONES	33
7. BIBLIOGRAFÍA	34

RESUMEN

Durante los últimos años se ha observado una tendencia de aumento de *Cicada barbara* (Hemiptera, Cicadidae) en olivares de la provincia de Jaén. Hasta la actualidad no se han realizado evaluaciones sobre el alcance de las lesiones provocadas por las cigarras en el olivar, y son insuficientes las observaciones sobre su biología y ecología. Este estudio tiene como objetivos aportar datos fiables sobre la distribución de las lesiones por oviposición dentro del árbol, de cara a definir un programa de muestreo extensivo, y valorar el posible efecto de las prácticas de manejo de los cultivos –Convencional y Ecológico- en la densidad de sus ataques. Para ello, se ha seleccionado un olivar convencional, y dos olivares ecológicos en los que a la cubierta vegetal herbácea se le incorporan los restos de poda triturados desde hace 13 y 7 años, respectivamente (CV1 y CV2).

Palabras clave: Olivar, cubierta vegetal mixta, lesiones, cícadass.

Abstract.

During recent years, an increasing trend of *Cicada barbara* (Hemiptera, Cicadidae) has been observed in olive groves in the province of Jaén. To date, no evaluations have been carried out on the extent of injuries caused by cicadas in olive groves, and observations on their biology and ecology are insufficient. This study aims to provide statistically reliable data on the distribution of oviposition lesions within the tree, in order to define an extensive sampling program, and assess the possible effect of crop management practices - Conventional and Organic - on the density of their attacks. To do this, a conventional olive grove has been selected, and two organic olive groves in which crushed pruning remains from 13 and 7 years ago, respectively, are incorporated into the herbaceous plant cover (CV1 and CV2).

Key Words: Olive grove, mixed vegetation cover, injuries, cicada

1. INTRODUCCIÓN

Los cicádidos (Cicadidae) son una familia de insectos fitófagos, pertenecientes al orden Hemiptera, suborden Auchenorrhyncha, Infraorden Cicadomorpha, superfamilia Cicadoidea, conocidos comúnmente en España como cigarras o chicharras. El fósil más antiguo conocido de Cicadomorpha corresponde al Pérmico, siendo particularmente llamativos los fósiles de Palaeontinidae o "cigarras gigantes", que corresponden al Jurásico y al Cretácico Inferior, cuyas especies vivieron en Eurasia y América del Sur (Wang y col, 2009). Las dos familias de cicadoideos: Tettigarctidae y Cicadidae, habrían divergido entre sí antes o durante el Jurásico, como lo demuestran los fósiles de ambos linajes procedentes del Jurásico Medio. La morfología de los fósiles bien conservados de los primeros ancestros de Cicadidae conservados en ámbar de Birmania sugiere que, a diferencia de muchas cicádidas modernas, originalmente estas especies eran silenciosas o sólo emitían sonidos leves. Los fósiles de Cicadidae comienzan a ser más abundantes en el transcurso del Cenozoico (Moulds, 2018), mientras que la cigarra moderna más antigua identificada es *Davispia bearcreekensis* (subfamilia Tibicininae) del Paleoceno, y su origen data de entre 59 a 56 millones de años (Poinar y col., 2012).

Actualmente la familia Cicadidae engloba a 35000 especies, estimándose la existencia de un gran número aún por describir. En todo caso, las especies son fitófagas, y propias de climas templados y tropicales.

Las cigarras son insectos con extensa documentación literaria, debido a lo llamativamente característico de sus cantos. Estas se han citado desde la época de la Ilíada de Homero, siendo motivos artísticos durante la dinastía china *Shang*. También se han utilizado en los mitos y el folclore como símbolos de una vida sin preocupaciones y la inmortalidad. La cigarra también se menciona en el Escudo de Hesíodo (Il. 393-394), en el que se dice que canta cuando el mijo madura por primera vez. Más recientemente son objeto de cultivo como alimento humano en varias partes del mundo, incluyendo China, Myanmar, Malasia y África central.

La especie de mayor tamaño es la cigarra emperadora de Malasia, *Megapomponia imperatoria*; cuya envergadura llegaba a los 20 cm.

Las cigarras se caracterizan por poseer tres artejos en el tarso y pequeñas antenas con bases cónicas, de tres a seis segmentos, incluida una seta apical. Son saltadores débiles aunque las ninfas carecen por completo de la capacidad de saltar. Otra característica son las adaptaciones de las extremidades anteriores de las ninfas a la vida subterránea. La familia relictada Tettigarctidae se diferencia de los Cicadidae por un protórax que se extiende hasta el escutelo y además, carecen de aparato timpánico.

El cicádido adulto (imago) mide entre 1,5 y 7 cm de longitud, siendo la especie de mayor tamaño la cigarra emperatriz (*Megapomponia imperatoria*), con una longitud de alrededor de 7 cm, y con una envergadura de 18 a 20 cm. Tienen cabeza opistognata, pronoto pequeño, mesonoto bien desarrollado, tarsos de uno a tres artejos, y dos pares de alas membranosas dispuestas en forma de tejadillo. Las cigarras tienen ojos compuestos bastante prominentes y muy separados, con las antenas cortas que sobresalen entre o delante de ellos. También tienen tres pequeños ocelos en la parte superior de la cabeza en disposición triangular entre los dos ojos compuestos; esto distingue a las cigarras de otros hemípteros. Las piezas bucales forman un estilete largo y afilado que insertan en la planta para alimentarse (Capinera, 2008). El postclípeo es una estructura grande que se encuentra entre los ojos y ocupa la mayor parte de la parte frontal de la cabeza, y contiene la musculatura para el bombeo de la savia.

El tórax alberga los poderosos músculos del ala. Los dos pares de alas membranosas pueden ser hialinas, turbias o pigmentadas. La venación alar varía entre especies y puede ser de gran utilidad en la identificación específica. El segmento torácico medio (mesotórax) contiene un opérculo en la parte inferior, que puede extenderse hacia atrás. El abdomen está segmentado, con los segmentos posteriores que albergan los órganos reproductivos, terminando en las hembras en un ovipositor, largo y de bordes aserrados. En los machos el abdomen es en gran medida hueco y es utilizado como cámara de resonancia (Capinera, 2008).

La superficie de las alas anteriores es súper hidrófoba, y está cubierto de diminutos conos cerosos y púas romas, que crean una película repelente al agua, por lo que las gotas resbalan por la superficie. Las bacterias que se depositan en la superficie alar son destruidas por púas de tamaño nanométrico, lo que convierte a la superficie del ala de los cicádidos en el primer biomaterial conocido

que es letal para bacterias (Pogodin et al., 2013). La mayoría de las cigarras son crípticas, y son activas durante el día.

1.1. El canto

Es especialmente característico el canto emitido por los machos con fines reproductivos, y por tanto con finalidad atrayente para las hembras. Esto se debe a un aparato “estridulatorio” localizado situado en las pleuras del primer segmento abdominal, y que está constituido por membranas quitinosas llamadas “timbales” y sacos con aire que hacen las veces de cajas de resonancia. Esto les permite emitir un sonido propio, y característico de la especie.

-Órganos y musculatura que producen el sonido de la cigarra:

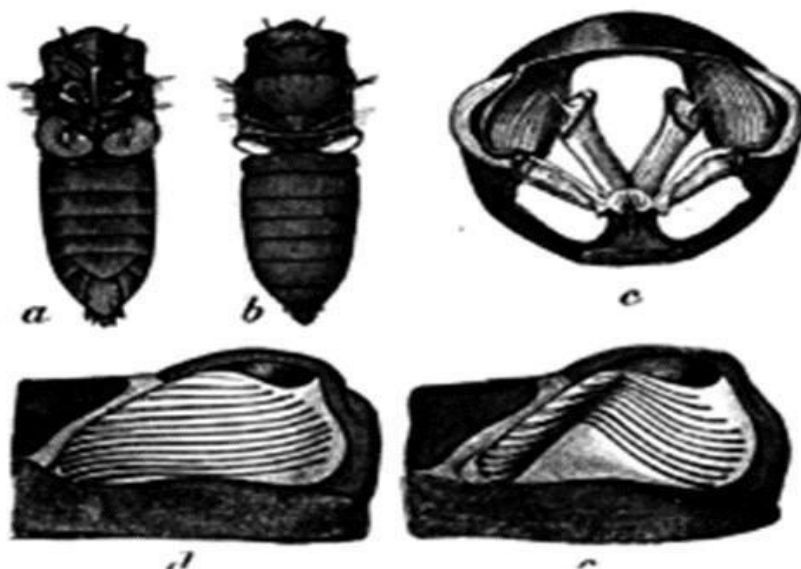


Fig 1. 1. Partes del órgano estridulatorio de un cicádido: a. Cuerpo masculino vista ventral; b. Vista dorsal de los timbales; c. Músculos que hacen vibrar los timbales. Fuente: Wikipedia ©

En lo que respecta a los receptores auditivos, estos se localizan en el tagma torácico. En lo que respecta al momento del día, el sonido puede ser emitido desde el amanecer al anochecer, habiendo incluso especies que son nocturnas. No obstante, la mayor parte de las especies emiten su canto durante el día, a las horas de máxima insolación, y de calor más intenso. Las cigarras cantan desde diferentes alturas en los árboles; en caso de encontrarse varias especies en un mismo árbol, los individuos de una misma especie se sitúan en

un mismo intervalo de altura, adoptando una distribución estratificada, situarse a diferentes alturas, y emitir en diferentes tiempos de llamada (Sueur y Aubin, 2003).

Si bien la gran mayoría de las cigarras cantan a nivel epigeo, se sabe que dos especies -*Okanagana pallidula* y *O. vanduzeei*- cantan desde huecos existentes en la base del árbol, debajo del nivel del suelo. El significado adaptativo no está del todo claro, ya que las llamadas no son amplificadas ni modificadas por la estructura de la madriguera, aunque se cree que es una adaptación para reducir la depredación (Sanborn y Phillips, 1995).

El canto de las cigarras es característico y exclusivo de cada especie. Básicamente, la finalidad es atraer a las hembras con fines reproductivos, aunque además de este canto de apareamiento, muchas especies pueden emitir una llamada de socorro o de alarma, consistente en un sonido entrecortado y errático emitido por el insecto cuando se encuentra amenazado y entra en pánico. Algunas especies también tienen cantos de cortejo, generalmente más tranquilos, y se producen después de que una hembra ha sido atraída por el canto de llamada.

Aunque sólo los machos producen los sonidos distintivos de la especie, ambos sexos tienen órganos timpánicos, lo que les permite detectar los sonidos propios y ajenos. Los machos desactivan su propio tímpano mientras llaman, evitando así daños en su audición (Sanborn & Phillips, 1995) lo que es una necesidad en parte, porque algunas cigarras producen sonidos de hasta 120 dB (el sonido más fuerte producido por insectos). Se ha indicado que el sonido emitido es lo suficientemente estridente como para causar pérdida auditiva transitoria en humanos, especialmente si la cigarra está a corta distancia. No obstante, se ha indicado que algunas especies tienen cantos de tono a frecuencias que son inaudibles para los oídos humanos (Brizio, 2015).

El volumen o intensidad del canto está fuertemente influido por la temperatura ambiente. Aunque las cigarras pueden controlar en cierto modo su temperatura interna mediante transpiración a través de poros existentes en los terguitos de los segmentos dorsales y abdominales (Sanborn et al. 1992; Fonseca y Revez, 2002), no dejan de ser organismos poiquiloterms, y por tanto estrechamente dependientes de la temperatura exterior, por lo que las

fluctuaciones térmicas ambientales influyen determinadamente en los parámetros fisiológicos de los sistemas nervioso y muscular, lo que determina el patrón temporal del canto. Esto se ha indicado para diversas especies, que apoyan esta hipótesis (Walker 1962, 1975; Josephson y Young (1979); Doherty (1985) y Pires y Hoy (1992) quienes fueron los primeros en estudiarlo, y más recientemente por Fonseca y Revez (2002), indicando la relación entre el ciclo timbal y la temperatura. Algunas especies de cícadas cantan al amanecer o al anochecer, y aunque lo más frecuente es que el canto se produzca en pleno día, se sabe que unas pocas especies son nocturnas.

A menudo resulta difícil localizar con precisión dónde se origina el canto de una cigarra. El tono es casi constante, y el sonido es continuo para el oído humano, muy frecuentemente emitido simultáneamente por agrupaciones de individuos. En algunas especies, los machos permanecen constantemente en un mismo lugar, desde el que llaman para atraer a las hembras, aunque en ciertos casos los machos cambian periódicamente de emplazamiento. Sea como fuere, las cícadas tienen un comportamiento relativamente gregario (Sueur, 2003), por lo que los machos tienden a atraer también a otros machos, lo que provoca el establecimiento de agrupaciones compuestas por varios machos, o coros, en las que se mantiene una distancia mínima entre ellos. Para mantener esta distancia, los machos también producen llamadas de encuentro, a veces incluso durante el cortejo, (Villet y col., 2003). Sobre estos coros se han realizado diversos estudios (Alexander y Moore, 1958; Doolan, 1981, Villet, 1992), habiéndose señalado que el canto puede también atraer a machos de otras especies gregarias (Boulard 2006) y en especial a los de especies hermanas, como es el caso de *Cicada barbara* y *C. orni* (Seabra y col., 2008). Estas agrupaciones corales, a veces constituidas por varias especies, representan una adaptación para minimizar los riesgos de sufrir depredación, o para maximizar la capacidad de atraer hembras a través del aumento de la amplitud máxima de las poblaciones (Williams y Smith, 1991, Greenfield y Roizen, 1993).

Por último, destacar que a diferencia de los Cicadidae, los Tettigarctidae no emiten sonidos, sino que producen vibraciones en el sustrato.

1.2. Reproducción y desarrollo.

Entre sus principales características, las cigarras se destacan por el prolongado periodo de desarrollo en sus estadios juveniles (Burton y Burton, 2002). La mayoría de las especies presentan un ciclo de vida ninfal con una duración de 2 a 5 años, aunque hay especies con periodos de desarrollo mucho más largos, como las del género *Magicicada*, que llega a durar hasta 17 años.

En lo que respecta al patrón de emergencia de los adultos, las cícadas suelen separarse en dos categorías:

- Aquellas especies cuyo patrón de aparición de adultos ocurre anualmente, con independencia de la duración del desarrollo pueda durar varios años (entre 1 y 9, aunque la mayoría presenta ciclos de entre 2 y 5 años). La emergencia de los adultos en estas especies está escasamente sincronizada, lo que provoca que - independientemente de la duración del desarrollo- siempre haya individuos durante los meses de verano (Fitzgeralds, 2016).
- Otro grupo de especies presentan ciclos de vida largos, de múltiples años de duración, en las que la emergencia de adultos es mucho más sincronizada. En estas no suele haber emergencia de adultos en el periodo entre dos picos. Entre estas, las mejor conocidas son las especies del antes mencionado género *Magicicada*, cuya emergencia tiene lugar cada 13 o 17 años, según la especie y localidad (Simon et al., 2022).

En cuanto al significado biológico del inusual intervalo de duración de las cigarras, y de la sincronía de su aparición –especialmente en aquellas de ciclo largo- se ha interpretado que esto les permite a las especies reducir las pérdidas causadas por la depredación, al convertirlas en presas difícilmente disponibles (cualquier depredador que evolucionara para depender de las cigarras para su sustento podría morir de inanición esperando su aparición). Los ciclos de vida largos pueden haberse desarrollado como respuesta a depredadores tales como los avispones (Hymenoptera; Apocrita: Vespoidea) o los mantidos (Dyctioptera: Mantodea). Un depredador especializado con un ciclo de vida más corto que el de las cícadas, no podría cazarlas habitualmente y de forma fiable (Dawkins, 1986).

Se han propuesto varias hipótesis alternativas para dar explicación sobre el origen y mantenimiento de la sincronización de la emergencia de las cícadas, aunque rara vez satisfacen su significado evolutivo. Entre las más plausibles, destaca la propuesta por Yoshimura (1996) sobre la selección de ciclos de desarrollo de una duración que coincide con números primos (13,17 años). Argumenta que, ante un escenario evolutivo marcado por las edades de hielo, ciclos de vida de desarrollo son necesariamente ralentizados, originándose densidades de adultos extremadamente bajas y periodos de desarrollo juvenil extremadamente largos, lo que implica escasas oportunidades para el apareamiento. Consecuentemente, los números primos (13, 17) resultaron positivamente seleccionados dado que suponen una más escasa probabilidad de coemergencia con poblaciones de la misma especie que presenta otro patrón de desarrollo, reduciéndose así la posibilidad de hibridar con poblaciones con otro patrón de desarrollo, impidiendo así alterar sus ciclos previamente seleccionados.

Los cicádidos ponen sus huevos en hendiduras realizadas mediante incisiones realizadas por el ovipositor en la corteza de las ramas bajo las cuales deposita sus huevos (Resh y Cardé, 2009), unas zonas relativamente húmedas que favorecen la supervivencia de los huevos hasta su eclosión. Tanto machos como hembras mueren pocas semanas después de emerger del suelo. Aunque tienen aparatos bucales bien adaptados a la succión de savia, su longevidad natural es de menos de dos meses.

Cuando los huevos eclosionan, las ninfas recién nacidas caen al suelo donde excavan, viviendo hipogeas durante todo su desarrollo, desarrollándose a profundidades de hasta aproximadamente 2,5 m. Las ninfas tienen patas delanteras muy desarrolladas, fuertes y bien adaptadas para excavar cámaras en las proximidades de las raíces, donde se alimentan de la savia del xilema. En terrenos húmedos, ciertas especies por lo general de mayor tamaño, construyen *torres de barro epigeas* (similares a las de algunos Termitidae), con objeto de permitir la ventilación de las madrigueras. En la última edad, la ninfa construye un túnel de salida hacia la superficie y emerge al exterior. Los adultos emergen del suelo con una fuerte tendencia a mantenerse en las cercanías de su lugar de desarrollo, y por tanto originando una agregación extrema (Yoshimura 1996). Posteriormente a su emergencia, la ninfa de última edad trepa a un árbol o planta

cercana, donde se producirá la muda imaginal, y posteriormente, la emergencia del individuo adulto. Las exuvias o exoesqueletos abandonados permanecen adheridos a la corteza de la planta soporte incluso durante varios meses (Grimaldy y Engel, 2005), mientras que los adultos no presentan una tendencia a la dispersión (Yoshimura, 1996). Los adultos se alimentan exclusivamente mediante la succión de savia bruta, y al igual que otros homópteros, de las cigarras adultas se produce un exudado líquido que secretan en forma de gotículas que son excretadas en la parte posterior del abdomen (Weiss, 2006; Challita y col., 2024).

1.3. Los Cicadidae de la Península Ibérica

En la península Ibérica las observaciones sobre los cicádidos han estado generalmente supeditados a estudios generales sobre el conjunto de la entomofauna, y más frecuentemente al grupo parafilético de los Homópteros, hasta 1879. En un primer catálogo en la región catalana (Martorell i Peña, 1879) se incluían las siguientes especies de cicádidos:

- *Cicada orni* Linné, 1758 (entonces denominada como *Tettigia orni*).
- *Lyristes plebejus* Scopoli, 1763 (citada como *Cicada plebeja*).
- *Cicadatra atra* Olivier, 1790.
- *Tibicina hematodes* Scopoli, 1763. (citada como *Cicadetta montana* Scopoli).
- *Tettigettalna argentata* Olivier, 1790 (citada como *Cicadetta argentata*).
- Cuatro décadas después (Codina, 1920) se citan tres nuevas especies:
- *Hilaphura varipes* Walzl, 1837 (citada como *Melampsalta picta* Germar 1830).
- *Tibicina quadrisignata* Hagen, 1855 (citada como *Tibicen quadrisignata*).
- *Oligoglana tibia* 1798 [citada como *Melampsalta (Pauropsalta) tibialis*].

Los posteriores reajustes taxonómicos, que afectan principalmente a la subfamilia Cicadettinae, son los que han influido más notablemente en el número de especies de cicádidos en territorio europeo. Se pone de manifiesto que los ejemplares del género *Cicadetta* (Kolenati, 1857), y más concretamente

los atribuidos a la especie *C. montana*, corresponden en realidad a un complejo de al menos 13 especies, únicamente distinguibles mediante técnicas bioacústicas y moleculares.

Más adelante, son destacables los estudios proporcionados por GómezMenor (1957) y por Aguin-Pombo y col. (2007). En este último se mencionan los siguientes taxones:

- Familia Cicadidae Leach, 1815
- Subfamilia Cicadinae Leach, 1815
- Tribu Cicadini Leach, 1815
- Género *Cicada* Linnaeus, 1758

Cicada orni Linnaeus, 1758. Especie holomediterránea presente también en el centro de Europa y Oriente Próximo. Citada como *Tettigia orni* L. (Acha, 1903) (Melic y Blasco-Zumeta, 1999).

- Subfamilia Platyleurinae (Schmidt, 1919) • Tribu Cryptotympanini Handlirsch, 1925.
- Género *Lyristes* Horváth, 1926.

Lyristes plebejus (Scopoli, 1763) Presente en Europa central y meridional, y Oriente Próximo. Citada como *Cicada plebeja* (Asso, 1784); como *Lyristes plebeja* (Scop.) (Gómez-Menor, 1957). Como *Cicada plebeja* Scop. (Bolívar y Chicote, 1879; Acha, 1903).

- Subfamilia Tibicininae Distant, 1905
- Tribu Cicadettini Buckton, 1889
- Género *Cicadetta* Amyot, 1847.

Cicadetta dubia (Rambur, 1840) Especie endémica de España. Citada como *Melampsalta dubia* (Ramb.) (Gómez-Menor, 1957).

- Género *Hilaphura* Webb, 1979.

Hilaphura varipes (Waltl, 1837) Especie endémica de la Península Ibérica. Citada como *Cicadetta picta* Germ. (Navás, 1904). Citada como *Melampsalta varipes* (Waltl, 1837) (Melic y Blasco-Zumeta, 1999). *Cicada picta* Germ. Es considerada una sinonimia de *Hilaphura varipes* (Waltl, 1837).

- Género *Tettigetta* Kolenati, 1857.

Tettigetta argentata (Olivier, 1790) Especie euromediterránea, citada como *Melampsalta argentata* (Oliv.) (Gómez-Menor, 1957), y como *Melampsalta argentata* (Oliv.) (Gómez-Menor, 1957).

- Tribu Tibicinini Distant, 1915.
- Género *Tibicina* Amyot, 1847.

Tibicina haematodes (Scopoli, 1763). Es una especie holomediterránea presente también en Europa central y Oriente Próximo. Citada como *Cicada haematodes* (Asso, 1784), como *Tibicen haematodes* (Scop.) (Gómez-Menor, 1957), como *Tibicina haematodes*, Scop. (Acha, 1903), como *Tibicina tomentosa* (Olivier, 1790), como *Tibicina tomentosa* Oliv. (Navás, 1904) y como *Tibicina contentei* (Boulard, 1982).

Tibicina nigronevosa Fieber, 1876. Presente en Francia, Italia y España (Acha, 1903) y citada por Nast (1972) del norte de África, Francia incluyendo Córcega, Italia incluyendo Cerdeña y España. Sueur et al. (2004) consideran que esta especie es probablemente endémica de Córcega y Cerdeña.

Tibicina quadrisignata (Hagen, 1855) Especie endémica de la Península Ibérica y Francia. Citada como *Tibicen quadrisignata* (Hag.) (Gómez-Menor, 1957).

Posteriormente, Pons y col (2021) en su inventario realizado en Cataluña, indican la presencia constatada de 12 especies, 5 de ellas no citadas anteriormente (Tabla 1.1): *Cicada barbara*, *Tibicina garricola*, *Tibicina tomentosa* y *Cicadetta petryi*.

nombre científico	autor(es)	1ª cita	sinónimo (1920)
<i>Cicada orni</i>	Linné, 1758	1879	<i>Cicada orni</i>
<i>Cicada barbara</i>	Stal, 1866	2017	<i>Cicada barbara</i>
<i>Lyristes plebejus</i>	Scopoli, 1763	1879	<i>Lyristes plebeja</i>
<i>Cicadatra atra</i>	Olivier, 1790	1879	<i>Cicadatra atra</i>
<i>Tibicina garricola</i>	Boulard, 1983	2015	---
<i>Tibicina haemathodes</i>	Scopoli, 1763	1879	<i>Tibicen haemathodes</i>
<i>Tibicina quadrisignata</i>	Hagen, 1855	1920	<i>Tibicen quadrisignata</i>
<i>Tibicina tomentosa</i>	Olivier, 1790	2013	<i>Tibicen tomentosa</i>
<i>Cicadetta petryi</i>	Schumacher, 1924	2012	<i>Melampsalta montana</i>
<i>Tettigettalna argentata</i>	Olivier, 1790	1879	<i>Melampsalta argentata</i>
<i>Hilaphura varipes</i>	Waltl, 1837	1920	<i>Melampsalta picta</i>
<i>Euryphara dubia</i>	Rambur, 1840	2018	<i>Melampsalta dubia</i>

Tabla 1. 1. Lista de especies de Cicadidae citadas por Pons y col. (1921) en su inventario realizado en Cataluña.

1.4. Los cicádidos, plagas de los cultivos

Las cigarras no suelen constituir plagas agrícolas de consideración, no obstante en determinadas condiciones, en situaciones de elevada población, los árboles pueden acusar una inusual concentración de lesiones, en especial los causados por las hembras en los ramillos terminales y brotes, al ser las zonas más sensibles y productivas, y las que preferentemente utilizan para su oviposición. Aunque todos los árboles pueden acusar los síntomas, y perder parte de sus brotes terminales (Capinera, 2008), son mucho más vulnerables los ejemplares jóvenes, que pueden llegar a marchitarse por completo. Aunque en general la alimentación de las ninfas de las primeras edades es de escasa consideración, las ninfas de la última edad son mucho más voraces, y pueden afectar seriamente el crecimiento de las plantas (Yang, 2004). Esto se ha podido comprobar en situaciones en las que los cicádidos han pasado de zonas silvestres a zonas adyacentes cultivadas, como ha sido reportado en campos de caña de azúcar, donde los daños han llegado a ser considerables. Por otra parte, se han reportado daños importantes como consecuencia de la oviposición de las hembras en cultivos comerciales tales como palmeras datileras, vides, cítricos, espárragos y algodón (Capinera, 2008).

Análogamente, en árboles y arbustos ornamentales, las cicatrices que estas causan en las ramas durante la oviposición representan problemas importantes para el normal desarrollo de las plantas en los viveros comerciales (Miller y Crowley, 1998), por lo que entre los elementos preventivos de control en árboles frutales se ha propuesto el uso mangas de exclusión de oviposición (Frank, 2020).

1.5. Especies plaga en la Península Ibérica

Aunque los cicádidos son fitófagos relativamente polífagos, en ocasiones sus densidades de población pueden implicar daños de consideración en determinados cultivos de una determinada especie. Entre las especies perjudiciales de interés agrícola en la península Ibérica destacan las del género *Cicada*, las cuales se han citado en cultivos de olivar en Francia, noroeste de África (Boulard, 1982; Quartau, 1988; Moalla et al, 1992), Italia (Silvestri, 1939), Portugal (Quartau, 1988), Grecia y Túnez (Taïeb Jardak et al, 1996), habiendo sido calificadas como plagas de importancia localizada y aparición puntual o intermitente (Arambourg, 1986). Análogamente, las especies del género *Cicada* se han citado en España (Ruiz Castro, 1951; De Andrés Cantero, 1991; Pons y col., 1991; González y col., 1998). La especie más estrechamente relacionada con el olivo ha sido *Cicada barbara*, razón por la que ha recibido la denominación de “cigarra del olivar” (Pons y col., 2021). En países alejados del área circunmediterránea donde el olivo ha sido introducido, diferentes especies de cicádidos ejercen un papel ecológico similar. Sobre *Olea europea* se especies como *Cytosoma schmeltzi* se ha citado en olivares australianos, estando considerada entre las plagas importante (Spooner-Hart, 2007), tanto por las lesiones causadas por las hembras durante la oviposición, como el decaimiento en los olivos causado por las ninfas durante su alimentación radicular.

Cicada barbara (Stål) y *C. orni* L. son especies hermanas que se distribuyen en el área mediterránea, y presentes en la Península Ibérica (Seabra y col., 2008). Su aspecto es muy similar, a excepción de escasas diferencias, como el diferente patrón de moteado alar (Quartau, 1988; Ribeiro, 1998) y la genitalia de los machos (Seabra et al., 2006). Los adultos de ambas especies

aparecen al principio de la estación cálida y seca, después de que las ninfas se hayan desarrollado bajo tierra, y los machos cantan en los días soleados cuando la temperatura ambiente supera los 23° C o incluso por la noche si la temperatura es muy superior a 30° C. El canto de llamada en las cigarras es producido por membranas timbales, situadas en la parte dorsolateral del primer segmento abdominal y activadas por potentes músculos (Bennet-Clark y Young 1992). Se han destacado diferencias genéticas de las poblaciones de *C. barbara* de la Península, siendo genéticamente homogénea en Portugal, respecto de otras zonas de Iberia, donde la especie se encuentra en simpatria con *C. orni* (Quartau et al., 2000, 2001). Una posible explicación para estas diferencias en la homogeneidad genética es que *C. barbara* es relativamente reciente en la Península Ibérica, procedente del norte de África, tal y como ha sido reportado por Boulard (1982). Basándose en diferencias morfológicas de la genitalia, este autor ha indicado que los especímenes capturados en Portugal correspondieron a una nueva subespecie, denominándose *C. barbara ssp lusitanica*, distinta genéticamente de la subespecie norteafricana, *C. barbara ssp barbara*. Los patrones de variación genética dentro de una misma especie se atribuyen al resultado de aislamiento geográfico entre poblaciones, así como a los retrocesos y expansiones de las áreas de distribución como resultado de los cambios climáticos (Hewitt, 1996, 1999, 2000, 2001; Gómez et al., 2005). En este sentido, durante el periodo de glaciaciones varió el área de distribución de muchas especies, y en especial las termófilas, como es el caso de los cicádidos. Estos vieron relegados zonas de microclima más favorable, por lo que la diferenciación genética actual sería una consecuencia de la existencia de este tipo de zonas, calificadas como áreas de refugio, en conjunción con la consecuente deriva genética y los fuertes efectos fundadores durante las etapas de expansión en periodos térmicamente más favorables (Schmitt, 2007). En lo que respecta al área de distribución original de *Cicada barbara*, a partir de la “Crisis Salina del Mesiniense” (hace unos 5,33 Ma) la reapertura y la consecuente inundación del estrecho de Gibraltar ha representado una determinante barrera geográfica, separado la Península Ibérica del Norte de África (Hsu et al., 1977), y dividiendo la original zona de refugio Atlántico-Mediterránea, lo que ha desencadenado una más que notable influencia en el proceso de diferenciación genética de las poblaciones (Pinho et al., 2007; Schmitt, 2007). Como ha sido indicado

(Yokohama et al, 2000) el descenso del nivel del mar durante los períodos de avance de los hielos (Máximo Glacial Tardío) se ha estimado entre 120 y 130 m.

2. OBJETIVOS

Desde finales del siglo XX se observa en Andalucía un aumento de las poblaciones de cícadas en el olivar, así como de la densidad de los síntomas de su actividad en los olivos (González y col., 1998). Este aumento se ha ido reafirmando durante el transcurso del siglo XXI, haciendo de estos insectos originalmente considerados fitófagos de escasa o nula importancia económica un motivo de preocupación para los agricultores. Los efectos más severos de *Cicada barbara* se han apreciado fundamentalmente en viveros y plantaciones jóvenes, no obstante, no se ha realizado ningún estudio cuantitativo que permita disponer de datos fiables para evaluar económicamente su impacto en el olivar, y proporcionar las bases para realizar una evaluación de sus poblaciones en áreas extensas. Para esto resulta necesario previamente determinar el patrón de distribución del insecto dentro del olivo, y en cualquier caso, mediante un muestreo intensivo a escala de árbol, delimitar la existencia de posibles zonas preferentes. Los resultados son un requisito necesario para en una etapa posterior, optimizar un procedimiento de muestreo *extensivo* aceptable en términos de esfuerzo-rendimiento, de aplicación en estudios de prospección, y así como para la evaluación de la eficacia de las medidas de control de la plaga. Igualmente, es un objetivo principal determinar el impacto de la implantación de *cubiertas vegetales mixtas*, mediante la incorporación de los restos de poda triturados a la cubierta vegetal herbácea, una práctica agronómica de aplicación creciente en olivicultura durante los últimos años.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de las parcelas de estudio

Este estudio se ha realizado en olivares de la provincia de Jaén (Andalucía) durante los meses de diciembre y abril (2024). El área de estudio corresponde a los olivares situados en la finca “Virgen de los Milagros”, Ctra. Jaén-Baeza km 30, 23100, en el municipio de Mancha Real (Figura 3.2).

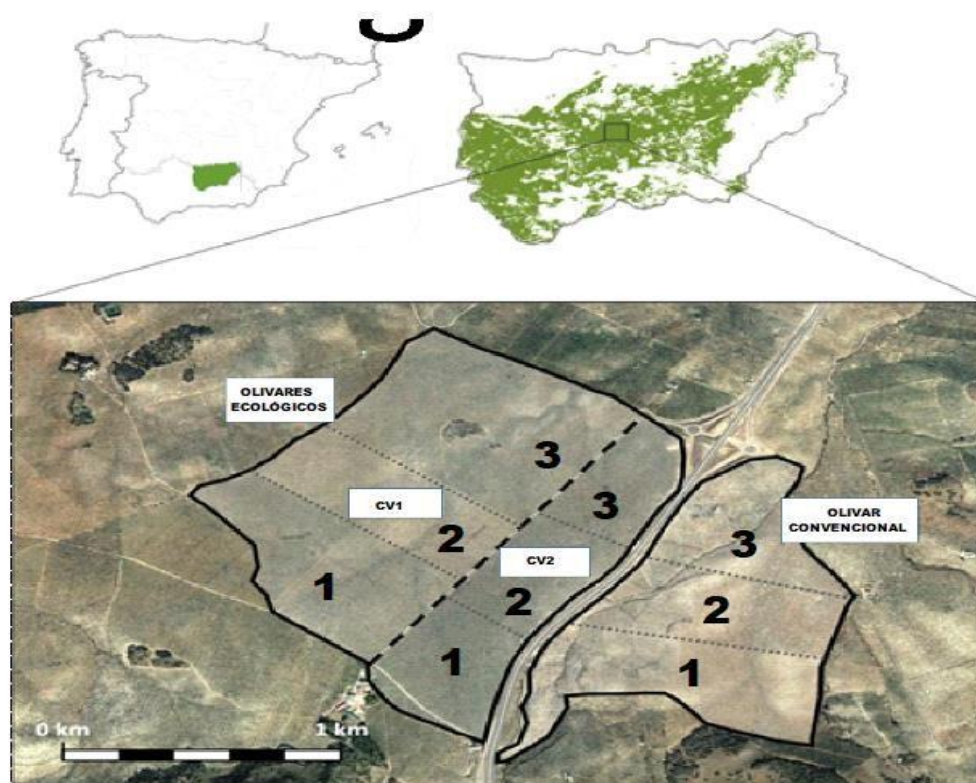


Fig. 3.2. Localización del área de estudio en la provincia de Jaén (arriba), y de la distribución de las parcelas en la Finca *Virgen de los Milagros*. Mediante línea continua se marcan las parcelas con diferente manejo: CV1 (parcela ecológica con adición de poda triturada al suelo durante los últimos 13 años); CV2 (id. durante los últimos 7 años) y CONV (parcela en régimen convencional). En cada olivar se delimita mediante línea discontinua las tres parcelas establecidas para los muestreos. De González-Ruiz et al. (2023).

La mayoría de los olivos tienen entre 80 y 100 años, que corresponde a la variedad picual, cultivados en régimen de regadío, y plantados en marco de 10 m × 10 m. En este olivar existen dos grandes áreas (Figura 3.2) que se caracterizan por diferentes tipos de manejo agrícola:

3.2. Olivares con manejo ecológico (CV1 y CV2)

Tiene una extensión de 238 ha, con las coordenadas 37°52'12.55" N, 3°34'03.33" W, una altitud aproximada de 500 m, y un marco de plantación de 10×10 m. Recibe fertilización edáfica mediante la aplicación, dos veces al año, de nutrientes orgánicos y minerales. Además, se aplica fertilización foliar anual con urea cristalina (contenido de nitrógeno 46%), sulfato de potasio y aminoácidos naturales (arginina, glicina, treonina y prolina). En este olivar se promueve de forma controlada el desarrollo de una cubierta vegetal espontánea y homogénea. La poda de los olivos se realiza por sectores a finales de invierno, podándose toda la extensión a lo largo de un ciclo de tres o cuatro años. En este olivar se diferenciaron dos sub áreas relativamente extensas (Figura 3.2) en función del destino de los restos de poda:

- **CV1.** Tiene una extensión de 163 ha, en la que se los restos de poda (brotes terminales y hojas) se trituran *in situ* y el material vegetal resultante se esparce por la franja central de las interlíneas (o calles). Este proceso se ha estado aplicando durante los últimos 13 años.
- **CV2.** Esta subzona tiene una extensión de 75 ha; y en ella los restos finos de poda tienen igual destino que en la precedente, de la que se diferencia por el periodo de tiempo en el que se ha estado aplicando su adición al suelo, que es de 7 años.

En cuanto al control de plagas y patógenos, en estos olivares ecológicos no se aplican agroquímicos de síntesis. El control de plagas se realiza mediante la combinación con dispositivos de captura específicos (trampas McPhail, trampas delta cebadas con feromonas y trampas cromotrópicas). En ambos, la vegetación adventicia se controla mecánicamente mediante desbroces en los meses de marzo y abril con tractor de martillos. Los restos vegetales resultantes se trituran al igual que la poda, y se esparcen a lo largo de las líneas intermedias. Para evitar la sobreacumulación de restos vegetales durante el verano y reducir el riesgo de incendio, al final de la primavera, se realiza una pasada con un tractor equipado con una desbrozadora de paletas. Su función es triturar los restos secos de la cubierta vegetal en fragmentos mucho más pequeños, de solo pocos milímetros, que quedan esparcidos por la superficie del olivar. Esto da

como resultado una capa vegetal protectora, constituida por pequeños elementos cuya compactación hace posible reducir considerablemente su espesor.



Fig 3. 3. Olivar de la parcela CV1 (Elaboración propia).



Fig 3. 4. Suelo de la parcela CV1 (Elaboración propia).

3.3. Olivar con manejo convencional (CONV)

Su posición se indica en la Figura 3.5, y comprende un total de 150 ha de olivos variedad picual, igualmente en un marco de plantación de 10 x 10 m. Las aplicaciones de fertilización y enriquecimiento son idénticas a las de los olivares

ecológicos; siendo dos enmiendas de nutrientes orgánicos y minerales al año y fertilización foliar anual de urea cristalina de 46% de nitrógeno más sulfato de potasio y aminoácidos naturales (arginina, glicina, treonina y prolina). La diferencia de este cultivo con los dos ecológicos radica en que el tratamiento del suelo es más agresivo, aplicándose el laboreo intensivo mediante arado, que produce grandes pérdidas de suelo por erosión, además del uso de glifosato (Roundup UltraPlus© 500ml, Monsanto).



Fig 3. 5. Vistas del olivar convencional (Fuente. Google imágenes).

Para el control de plagas, el insecticida más utilizado es el Spineto-ram-25% (Spintor® 480 SC, Dow AgroSciences) para el control de la polilla del olivo (*Prays oleae*) y la mosca del olivo, *Bactrocera oleae* (Rossi, 1790) (Diptera: Tephritidae). Para el control del barrenador de ramas, *Euzophera pinguis* (Haworth, 1811) (Lepidoptera: Pyralidae), se aplica Clorpirifos© 48% (IRAC Grupo 1B). Para el control del repilo (*Spilocaea oleagina* = *Cycloconium oleaginum*), durante el otoño y comienzos de primavera se realizan las aplicaciones fungicidas mediante Agrofite® (Agrocobre 50 incoloro, Agrotterra) como una formulación de polvo mojable con 50% de cobre.

3.4. Diseño experimental

3.4.1. Estudio de la vegetación herbácea

El estudio de la diversidad y abundancia herbácea en las cubiertas vegetales (olivares CV1 y CV2) se realizó durante el mes de mayo de 2022, realizándose 5 muestreos secuenciales en cada uno de las parcelas de los dos olivares con cubierta vegetal. En cada parcela se seleccionó al azar 1 olivo de la zona central, y mediante flexómetro se estableció un transecto de 5 m de largo, que se extendía en dirección este-oeste a una distancia aproximada de 3 m del tronco del olivo seleccionado. En cada transecto se anotaban el número de interacciones de cada especie vegetal, los cuales posteriormente se determinaron taxonómicamente.

3.4.2. Muestreo de las lesiones por oviposición de *Cicada barbara*.

Desde el comienzo de la etapa de campo se ha procedido a la selección en cada olivar, de 1 olivo aleatoriamente en cada una de las parcelas, procurando seleccionar olivos con desarrollo de copa similar, y homogéneos en cuanto a cantidad y estructura del follaje. A continuación, mediante el flexómetro procedemos a establecer los tres niveles altitudinales en los que dividimos cada la copa de cada olivo: tercio inferior (o zona baja), tercio intermedio (o zona media) y tercio superior (o zona alta). Dentro de cada nivel altitudinal, delimitamos los cuatro sectores cardinales: Este (E), Oeste (W), Sur (S) y Norte (N).

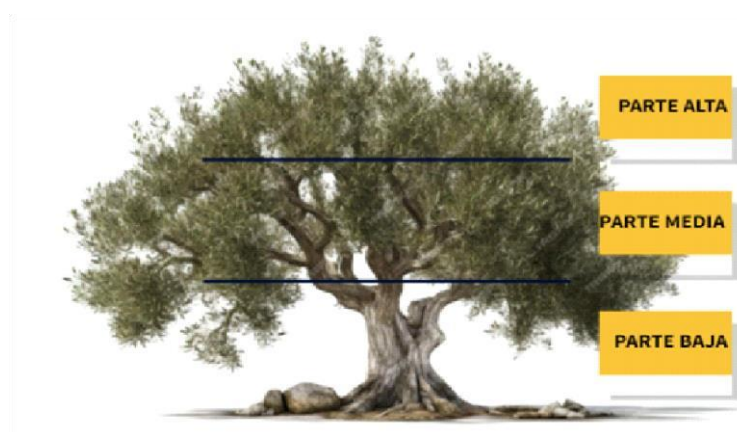


Fig 3. 6. División de las partes de estudio del árbol (Elaboración propia).

Para la realización del muestreo se ha procedido a la selección de los 30 cm terminales en cada orientación y nivel altitudinal (por lo que obtenemos 120 muestras por olivo). Mediante observación, en cada muestra se determina la presencia de los síntomas característicos (lesiones corticales por oviposición) causados por las hembras de *Cicada barbara*, y que consisten en hendiduras realizadas en la corteza mediante su aparato ovipositor, lo que provoca una profunda grieta cortical que afecta a corteza y floema. El posterior desprendimiento y desecación del tejido afectado respecto de los vasos del xilema provoca una cierta retracción a ambos lados de la incisión. Durante el muestreo se procede a contabilizar el número de lesiones en los segmentos seleccionados, anotándose la longitud (cm) y su posición en el brote, especificando si afectan a la zona superior (orientada hacia la zona alta), inferior (orientada hacia el suelo) o lateral, especificándose en lateral derecha o izquierda, en sentido acrópeto (desde la base hacia el ápice). Dado que frecuentemente las lesiones llegan a ser coalescentes, no es posible asegurar que la lesión corresponda a una sola herida, causada por una misma hembra, en diferentes etapas de puesta, o bien por varias hembras, por lo que en cualquier caso, en esta situación se ha procedido a medir la longitud total de la lesión. En un alto porcentaje, los ataques por oviposición han sido fatales para el tallo, lo que ha derivado en ocasiones en su fractura por el peso ejercido por el fruto, lo que ha sido documentado gráficamente.



Figs 3. 7. y 3. 8. Cubierta vegetal de parcelas CV1 (izquierda) y CV2 (derecha) durante el mes de abril (2024). (Elaboración propia).



Figs 3. 9. y 3. 10. A la izquierda, una herida producida en una rama. A la derecha, muestreo de la copa de un olivo. (Elaboración propia).

Los materiales necesarios para los muestreos de campo han sido: lápiz, papel, flexómetro y escalera.



Figs 3. 11. y 3. 12. A la izquierda, detalle del fruto de un olivo. A la derecha, Daños producidos por Cicada en el fruto del olivo. (Elaboración propia).

4. RESULTADOS

4.1. Diversidad y abundancia relativa de la vegetación herbácea (olivares CV1 y CV2)

Los muestreos correspondientes a la vegetación herbácea arrojaron la presencia de un total de 19 especies herbáceas en la vegetación de los olivares ecológicos (Tabla 4.2), correspondiendo 16 y 15 especies a los olivares CV1 y CV2, respectivamente, de las cuales 12 especies estaban presentes en ambos.

Entre las especies comunes, tres especies presentaron densidades de población significativamente más elevadas en el olivar CV1, y otras cuatro especies lo presentaron en el olivar CV2.

En general, el número de ejemplares registrados fue mayor en el olivar CV1, en el que se colectaron 1422 ejemplares, mientras que, en el olivar CV2, el número de ejemplares fue considerablemente inferior, de 620 ejemplares. La mayor abundancia de vegetación del olivar CV1 se atribuye principalmente a *Filago fuscescens*, *Filago pyramidata*, *Astragalus hamosus* y *Malva parviflora* (Tabla 4.2) cuya abundancia fue significativamente mayor. $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$) y, en menor medida, a *Herniaria cinerea*, *Bromus rubens* y *Hordeum murinum*. En cambio, en el olivar de CV2, solo las especies *Diplotaxis virgata* y *Trigonella monspeliaca* mostraron valores de abundancia significativamente mayor (Tabla 4.2; $p < 0,01$), aunque con valores de abundancia relativamente bajos.

Plantago lagopus la encontramos entre las especies exclusivas del olivar CV1, estando presente en 3 de 5 muestreos (Tabla 4.2), mientras que *Stellaria pallida* y *Anagallis foemina* solo se encontraron solo accidentalmente. Por el contrario, las especies exclusivas del olivar CV2 se registraron con mucha más regularidad durante todo el periodo de muestreo (*Diplotaxis virgata*, *Erodium malacoides* y *Crucianella patula*).

Asteraceae			M1	M2	M3	M4	M5	Total	t-test
<i>Filago fuscescens</i> Pomel	CV1		13	14	16	22	27	92	p<0.001
	CV2		5	0	2	0	4	11	
<i>Filago pyramidata</i> L.	CV1		105	73	137	64	111	490	p<
	CV2		8	27	29	27	25	116	
<i>Leontodon longirostris</i> (Finch & P. D. Sell) Talavera	CV1		0	0	0	0	0	0	
	CV2		0	9	1	0	0	10	
Brassicaceae									
<i>Diplotaxis virgata</i> (Cav.) DC.	CV1		0	0	0	0	0	0	p<0.01
	CV2		5	15	5	6	4	35	
Caryophyllaceae									
<i>Herniaria cinerea</i> D. C.	CV1		12	5	39	5	12	73	p>0.05
	CV2		1	9	3	5	1	19	
<i>Stellaria pallida</i> (Dumort.) Piré	CV1		0	1	0	0	0	1	
	CV2		0	0	0	0	0	0	
Fabaceae									
<i>Astragalus hamosus</i> L.	CV1		25	18	40	21	38	142	p<0.01
	CV2		0	1	1	3	2	7	
<i>Melilotus elegans</i> Salzm. ex Ser.	CV1		0	0	2	0	0	2	p>0.05
	CV2		5	1	0	2	1	9	
<i>Ononis biflora</i> Desf.	CV1		0	0	0	0	5	5	
	CV2		5	2	1	1	5	14	
<i>Trigonella monspeliaca</i> L.	CV1		1	0	1	2	2	6	p<0.01
	CV2		5	4	3	6	2	20	
Geraniaceae									
<i>Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér.	CV1		0	0	0	0	0	0	
	CV2		2	4	2	3	1	12	
Malvaceae									
<i>Malva parviflora</i> L.	CV1		80	43	30	62	49	264	p<0.05
	CV2		51	30	16	35	20	152	
Plantaginaceae									
<i>Plantago lagopus</i> L.	CV1		0	0	8	9	5	22	
	CV2		0	0	0	0	0	0	
Poaceae									
<i>Bromus rubens</i> L.	CV1		30	25	15	106	50	226	p>0.05
	CV2		20	22	18	9	10	79	
<i>Crucianella patula</i> L.	CV1		0	0	0	0	0	0	
	CV2		6	10	24	2	5	47	
<i>Hordeum murinum</i> L. <i>leporinum</i> (Link) Arcang.	CV1		5	0	11	11	2	29	p>0.05
	CV2		0	2	1	0	2	5	
<i>Phalaris minor</i> Retz.	CV1		1	0	5	3	2	11	p>0.05
	CV2		1	3	1	2	5	12	
<i>Trisetaria panicea</i> (Lam.) Paunero	CV1		1	0	5	3	2	11	p>0.05
	CV2		1	3	1	2	5	12	
Primulaceae									
<i>Anagallis foemina</i>	CV1		0	0	1	0	0	1	
	CV2		0	0	0	0	0	0	

Tabla 4.2. Listado de especies inventariadas en olivares CV1 y CV2, Índices de frecuencia en cada muestreo (M1-M5). Elaboración propia.

4.2. Descripción de las lesiones por oviposición de *C. barbara*.

Los diámetros de los brotes terminales afectados por lesiones de oviposición oscilaron entre 1,5 mm y 5 mm (es el rango completo que presentan), no obstante el intervalo donde las hembras presentan mayor preferencia oscila 2 y 4 mm (Fig. 4.14). La longitud media de las lesiones oscila entre 6 y 7 cm, con valores medios de 6,20 cm (SD=3,38); 5,84 cm (SD=4,40 y 6,99 cm (SD=3,54) para los olivos 1, 2, y 3, olivar CV1, Fig. 4.15). Como se ha indicado anteriormente, es frecuente que las lesiones se presenten en serie de hendiduras discontinuas (Fig. 4.13).



Fig 4. 13. Detalle de lesión por oviposición, mostrando las discontinuidades entre hendiduras sucesivas. (Elaboración propia).

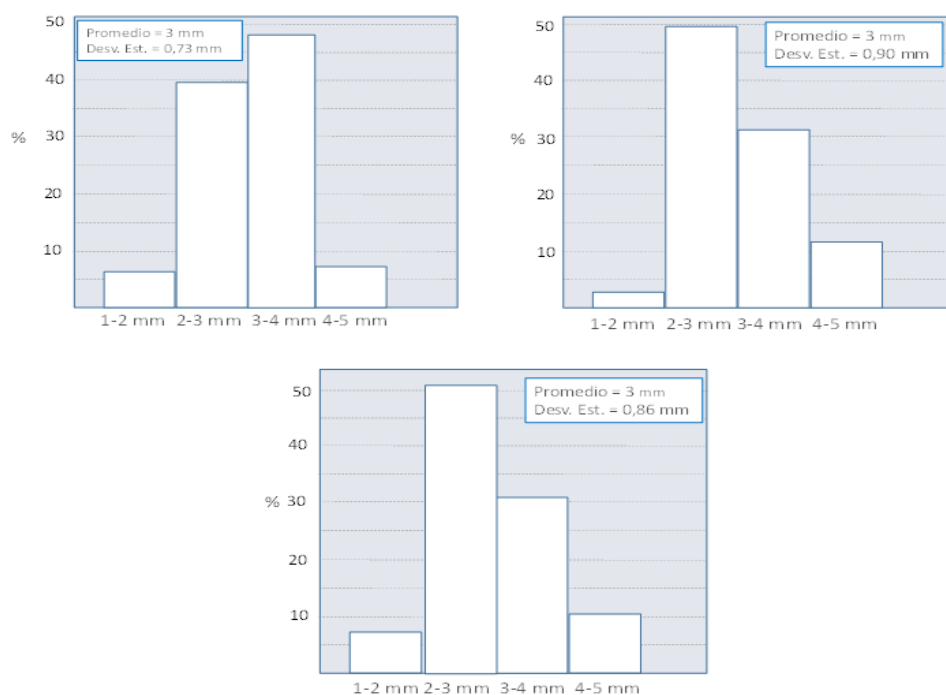


Fig 4. 14. Frecuencia (%) de los intervalos de diámetros (mm) de los diámetros de los brotes terminales afectados por lesiones oviposición (olivos 1, 2, 3 del olivar CV1).

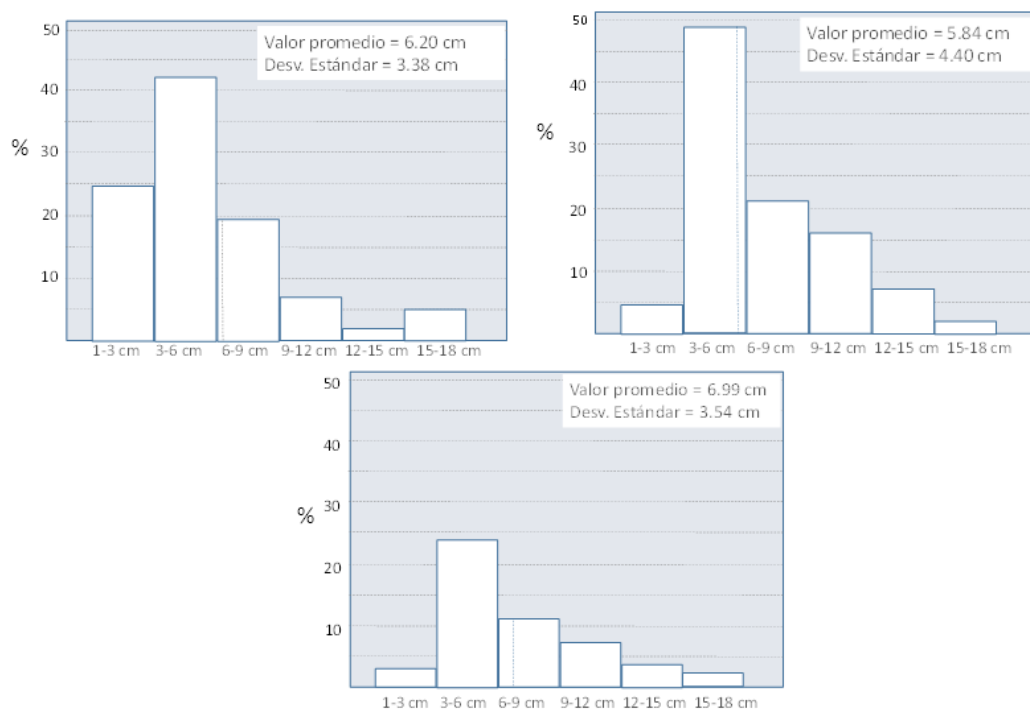


Fig 4. 15. Frecuencia (%) de los intervalos de longitud (cm) de las lesiones de oviposición (olivos 1, 2, 3 del olivar CV1).

4. 3. Distribución de las lesiones.

4.3.1. En los brotes.

En lo que respecta a su localización en el brote, las lesiones estas predominan en la zona inferior (orientada hacia el suelo (50-60% de los casos), siendo la preferencia de las hembras mucho menor en la zona superior (7-14%), e intermedia en las zonas laterales (18-27%) (Fig. 4.16).

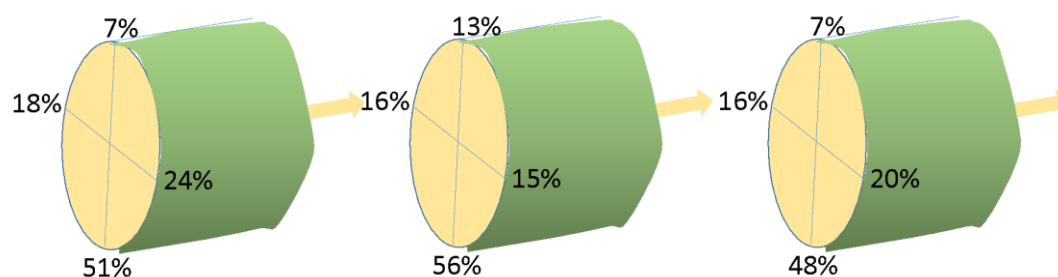


Fig 4. 16. Frecuencia (%) de la localización de las lesiones en los brotes terminales.(las flechas indican sentido acrópeto) (olivos 1, 2, 3; olivar CV1).Elaboración propia.

4.3.2. Entre distintos olivares: Influencia del manejo del cultivo.

El estudio estadístico (ANOVA) indica diferencias significativas entre los distintos olivares, con valores superiores en CV1, intermedios en CV2, e inferiores en Convencional (Fig. 4.17).

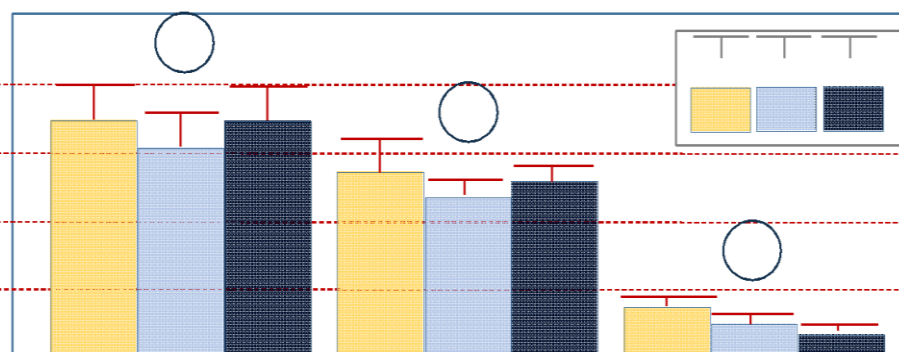
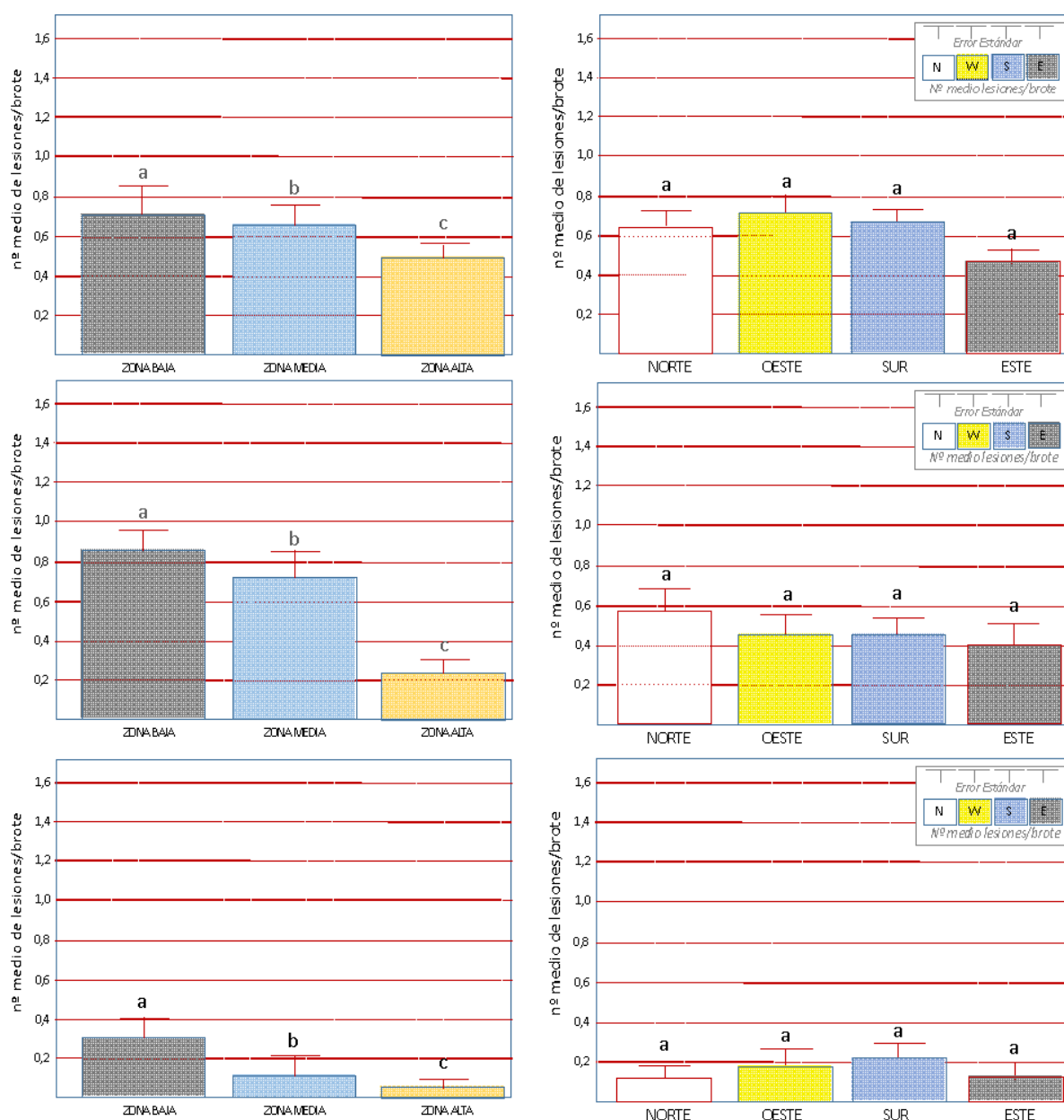


Fig. 4.17. Valores de la Media (y Error Estándar) del número de lesiones/ brote terminal en olivos de olivares CV1, CV2 y Convencional. Se considera la totalidad de muestras (3 niveles altitudinales y 4 orientaciones (120/olivo; 360/olivar; 1080 en total). Letras diferentes indican diferencias significativas entre olivares ($p < 0,05$).

4.3.3. Influencia de zona altitudinal y sector cardinal en el olivo.

La aplicación del análisis de la varianza (ANOVA) a los datos indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las zonas

alta-media-baja de los olivos, tanto en el olivar CV1 ($F=22.74$, 2 g.l, $p<0.001$), en el CV2 ($F=11.38$, 2 g.l, $p<0.001$) y en el Convencional ($F=5.24$, 2 g.l, $p<0.05$).



Figs. 4.18. 4.19. Valores medios del número de lesiones en brotes terminales en las 3 niveles de altura (Fig. 16.4., serie izquierda) y en las 4 orientaciones (Fig. 17.4, serie derecha) en las parcelas CV1 (superior), CV2 (central) y Convencional (inferior). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$).

Como se representa en la Fig. 4.18, la densidad de las lesiones presentó diferencias entre todos y cada uno de los niveles altitudinales, siendo superior la abundancia en la zona baja, y reduciéndose la densidad con la altura de la copa del olivo. No obstante, en ninguno de los tres olivares (CV1, CV2, Convencional) se han apreciado diferencias significativas entre los sectores cardinales de los

olivos ($p>0,05$), por lo que en este sentido, la distribución presentó valores uniformes (Fig. 4.19).

5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con las referencias consultadas sobre esta especie en España, y más concretamente en Andalucía, *Cicada barbara* inicia la oviposición a partir de mediados de julio, y se prolonga durante el mes de agosto (González et al., 1998), periodo en el que las temperaturas alcanzan sus valores máximos anuales. Según estos autores, además de los brotes de los olivos, las hembras utilizan cualquier tipo de material vegetal suficientemente blando, como pueden ser los tallos de las “malas hierbas” o incluso estacas de entutorado. Al igual que en este estudio, indican una mayor preferencia por aquellas con diámetros de entre 2 y 4 mm, e igualmente de acuerdo, estos autores no detectan preferencia en relación a una determinada orientación o zona cardinal concreta en el olivo. Estos autores (González et al. 1998) constatan preferencia de las hembras, por ovipositar en la zona inferior, más sombreada de los brotes terminales. Aunque su muestreo no discrimina zonas altitudinales dentro del olivo en particular, esta preferencia por las zonas sombreadas, y térmicamente más favorables, son bastante compatibles con la mayor densidad de lesiones en los brotes de la zona baja de los olivos, y con la existencia de un gradiente altitudinal, tal y como se ha presentado en el capítulo de Resultados. La diferencia de insolación a diferentes alturas dentro de la copa del árbol es un hecho contrastado y manifiesto en diversos estudios, tanto frutales como forestales. En los primeros, se ha indicado que la posición del fruto dentro de la copa (y por tanto, las condiciones microclimáticas particulares en la copa del olivo), es un factor de importancia en su desarrollo, maduración y calidad (García & Menchaca, 1983). En el caso de árboles forestales, el influjo proporcionado por la cubierta arbórea determina condiciones de habitabilidad para numerosas especies de vertebrados e invertebrados, habiéndose destacado impacto que las prácticas de selvicultura severas en los aumentos de las temperaturas máximas estivales (Rambo & North, 2009). En este sentido, Ma

(2003) indica valores de temperatura bajo los árboles de hasta 28 °C menos, en relación a la registrada en las zonas de claros forestales.

La preferencia de las especies plaga por determinadas zonas más favorables para su desarrollo es un hecho mencionado frecuentemente, con independencia de sus afinidades ambientales. En contraste con *Cicada barbara*, con preferencia por depositar la puesta en las zonas sombreadas, especies como la araña roja de los frutales, *Oligonychus* sp. (Acari: Tetranychidae), plaga de frutales como *Persea americana* Miller (Cango et al., 2014), parecer mostrar preferencia por las zonas más soleadas del árbol hospedador, correspondientes a la zona alta, y orientación norte (observaciones efectuadas en el hemisferio sur, lo que explica que sea esta la orientación cardinal que recibe mayor radiación solar).

Entre las principales aportaciones de estudio, llama la atención el hecho de que los daños ocasionados por *Cicada barbara* sean muy superiores en olivares con manejo ecológico (a diferencia del olivar convencional), caracterizados por el desarrollo de una bien desarrollada y diversa cubierta vegetal de tipo mixto (por la adición de restos de poda triturados a la cubierta herbácea). Esta aparente incongruencia contrasta con los resultados de otros estudios de similar finalidad, realizados sobre la valoración del impacto de las prácticas de manejo agrícola en la comunidad de enemigos naturales de plagas de mayor importancia económica, como es el de la polilla, o *Prays oleae* (González-Ruiz et al., 2023). De este estudio se desprende el positivo efecto de la vegetación en cultivos tipo CV1 y CV2, en los que (a diferencia del cultivo convencional) el potencial depredador de los enemigos naturales resulta potenciado, proporcionando un satisfactorio control biológico de la plaga. En casos como este, la vegetación asociada proporciona un apoyo esencial para depredadores como los crisópidos (Neuroptera: Chrysopidae), principales depredadores oófagos de *P. oleae*. No obstante, como se ha indicado en la Introducción, las ninfas de *Cicada barbara* tienen un desarrollo hipogeo y prolongado (varios años), durante el cual se encuentran relativamente protegidas en el suelo, donde disponen del abundante alimento proporcionado por las raíces disponibles en el área de cultivo, entre las que se encuentran las de los propios olivos, además de las de cualquier herbácea, en especial las geófitas (aquellas especies en las que el desarrollo en la época desfavorable estival tiene lugar de modo subterráneo (Fang et al., 2023), ya sea sea bajo la forma de bulbo,

rizoma, tubérculo o raíces reservantes. Resulta obvio que respecto del olivar convencional, los olivares del tipo CV1 y CV2 proporcionen una mucho más variada y abundante oferta nutricia, asegurando a las ninfas mayores posibilidades de supervivencia. Si a esto se le añade las estrategias para evitar la depredación por las aves -sus principales depredadores en estado adulto, característica de los Cicadidae, basada en adaptaciones como mimetismo, comportamiento gregario, emisión de sonidos de alarma, etc... los hábitats agroforestales uniformes ofrecen condiciones relativamente favorables (Takakura & Yamazaki, 2007).

6. CONCLUSIONES

Este estudio ha permitido delimitar las zonas del árbol principalmente afectadas por *Cicada barbara* durante su oviposición, la correspondiente a la zona baja de los olivos, indistintamente de la orientación cardinal, donde se concentra la mayor parte de lesiones. Con el fin de la puesta a punto de muestreos en áreas extensas de olivar, esta preferencia es de importancia para aumentar la fiabilidad de las estimas indirectas de población.

En relación con el manejo convencional, la existencia de una comunidad vegetal herbácea, diversa y biológicamente activa durante los meses de verano, proporciona condiciones edáficas particularmente favorables para el incremento de las poblaciones de *Cicada barbara*.

Agradecimientos

A mis tutores Ramón y Valentina por su dedicación y empeño en que esto saliera bien.

A Tote, Manu y María que confiaron siempre.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acha, M. (1903). Excursión del día 27 de octubre de 1903. *Boletín de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales*, 2, 269-273.
- Aguin-Pombo, D., Freitas, C., Álvarez, P. A., & Bourgoïn, T. (2007). *Catálogo de los hemípteros Cicadomorpha y Fulgoromorpha de Aragón. Catalogus de la entomofauna aragonesa*, 34, 3-22.
- Alexander, R. D., & Moore, T. E. (1958). Studies on the acoustical behavior of seventeen-year cicadas (Homoptera: Cicadidae: Magicicada).
- Arambourg, Y. (1986). *Traite d'entomologique oleicole*. COI Madrid.
- Asso, I. (1784). *Introductio in Oryctographiam et Zoologiam Aragoniae. Accedit Enumeration stirpium in eadem Regione noviter detectarum. Catalogus de la Entomofauna Aragonesa*, 8 (2005): 15-20 (edición facsímil).
- Bolívar, I., & Chicote, C. (1879). Enumeración de los hemípteros observados en España y Portugal. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 8, 147-186.
- Boulard, M. (1982). Les cigales du Portugal, contribution á leur étude (Homoptera, Cicadidae). *Annales de la Société Entomologique de France*, 18, 181-198.
- Brizio, C. (2015). High frequency components of the songs of two cicadas (Hemiptera Cicadidae) from Sardinia (Italy) investigated by a low-cost USB microphone. *Biodiversity Journal*, 6(1), 41-52.
- Burton, M., & Burton, R. (2002). *International Wildlife Encyclopedia: Chickaree - crabs*. Marshall Cavendish. pp. 455-457. ISBN 978-0-7614-7270-4.
- Cango, M. N., Cabrejo, C. V., Quispe, R. Q., Cornejo, R. B., & Castro, E. V. (2014). Distribución poblacional de la arañita roja *Oligonychus* sp.(Acari: Tetranychidae), sobre árboles del palto (*Persea americana* Miller) en Lima, Perú.

- Capinera, J. L. (2008). *Encyclopedia of Entomology*. Springer Science & Business Media. p. 876. ISBN 978-1-4020-6242-1.
- Challita, E. J., Rohilla, P., & Bhamla, M. S. (2024). Fluid ejections in nature. *arXiv preprint arXiv:2403.02359*.
- Codina, A. (1920). Lista inédita de Homópteros (Hemípteros) de Cataluña. *Boletín de la Sociedad Entomológica de España*, 3, 100-104.
- Dawkins, R. (1986). *The Blind Watchmaker*. W. W. Norton & Company. p. 100. ISBN 978-0-393-31570-7.
- Doherty, J. A. (1985). Temperature coupling and 'trade-off' phenomena in the acoustic communication system of the cricket, *Gryllus bimaculatus* De Geer (Gryllidae). *Journal of Experimental Biology*, 144, 173-185.
- Doolan, J. M. (1981). Male spacing and the influence of female courtship behaviour in the bladder cicada, *Cystosoma saundersii* Westwood. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 9, 269-276.
- Fang, T., Rao, M., Chen, Q., Liu, S., Lai, J., Chen, T., & Ye, D. (2023). Different biomass allocation strategies of geophytes and non-geophytes along an altitude gradient. *Ecological Indicators*, 146, 109805.
- Fitzgeralds, K. (2016). How Do Cicadas Know When to Emerge from the Ground? *Entomology Today*. Retrieved July 24, 2017.
- Fonseca, P. J., & Revez, M. A. (2002). Song discrimination by male cicadas *Cicada barbara lusitanica* (Homoptera, Cicadidae). *Journal of Experimental Biology*, 205(9), 1285-1292.
- Fonseca, P. J., & Allen Revez, M. (2002). Temperature dependence of cicada songs (Homoptera, Cicadoidea). *Journal of Comparative Physiology A*, 187, 971-976.
- Frank, D. L. (2020). Evaluation of organically acceptable methods to control periodical cicada (Hemiptera: Cicadidae) oviposition injury on nonbearing apple trees. *Journal of Entomological Science*, 55(2), 210-218.

- González, M. I., Alvarado, M., Duran, J. M., Serrano, A., & De la Rosa, A. (1998). Estudios sobre *Cicada* sp.(Homoptera: Cicadidae) en olivo. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 24, 803-432.
- González-Ruiz, R., García, A. P., Rodríguez, M. L., & Pérez, A. B. (2023). The influence of mixed green covers, a new trend in organic olive growing, on the efficiency of predatory insects. *Agriculture*, 13(4), 785.
- Greenfield, M. D., & Roizen, I. (1993). Katydid synchronous chorusing is an evolutionarily stable outcome of female choice. *Nature*, 364(6438), 618620.
- Grimaldi, D., & Engel, M. S. (2005). *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press.
- Gómez, A., Vendramin, G. G., González-Martínez, S. C., & Alía, R. (2005). Genetic diversity and differentiation of two Mediterranean pines (*Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Ait.) along a latitudinal cline using chloroplast microsatellite markers. *Diversity and Distributions*, 11, 257263.
- Gómez-Menor, J. (1957). Monografía de Cicádidos (Homoptera) de España. *Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, 19, 1-87.
- Hewitt, G. M. (1996). Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. *Biological Journal of the Linnean Society*, 58, 247-276.
- Hewitt, G. M. (1999). Post-glacial re-colonization of European biota. *Biological Journal of the Linnean Society*, 68, 87-112.
- Hewitt, G. M. (2000). The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature*, 405, 907-913.
- Hewitt, G. M. (2001). Speciation, hybrid zones and phylogeography—or seen genes in space and time. *Molecular Ecology*, 10, 537-549.
- Hogue, C. L. (1993). *Latin American insects and entomology*. University of California Press.

- Hsü, K. J., Montadert, L., Bernoulli, D., Bianca, C. M., Erickson, A., Garrison, R. E., Kidd, R. B., Mèlières, F., Müller, C., & Wright, R. (1977). History of the Mediterranean salinity crisis. *Nature*, 267, 399-403.
- Josephson, R. K., & Young, D. (1979). Body temperature and singing in the bladder cicada, *Cystosoma saundersii*. *Journal of Experimental Biology*, 80, 69-81.
- Ma, S., 2003. Interactions Between Microclimate, Soil Respiration, and Disturbance in a Forest Ecosystem: Lessons from the Teakettle Experimental Forest in California's Sierra Nevada. PhD Dissertation, University of Toledo, Ohio.
- Marren, P., & Mabey, R. (2010). *Bugs Britannica*. Chatto and Windus.
- Martorell i Peña, M. (1879). *Catálogos sinonímicos de los insectos encontrados en Cataluña: Hemípteros*. Barcelona.
- Melic, A., & Blasco-Zumeta, J. (Eds.). (1999). Inventario provisional de la biodiversidad monegrina in Manifiesto Científico por Los Monegros. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 24, 1-266.
- Miller, F., & Crowley, W. (1998). Effects of periodical cicada ovipositional injury on woody plants. *Journal of Arboriculture*, 24, 248-253.
- Moulds, M. S. (2018). Cicada fossils (Cicadoidea: Tettigarctidae and Cicadidae) with a review of the named fossilised Cicadidae. *Zootaxa*, 4438(3).
- Navás, L. (1904). Notas zoológicas. VI. Excursión de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales a la Sierra de Guara en Julio de 1903. *Boletín de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales*, 3, 190-201.
- Pinho, C., Harris, D. J., & Ferrand, N. (2007). Contrasting patterns of population subdivision and historical demography in three western Mediterranean lizard species inferred from mitochondrial DNA variation. *Molecular Ecology*, 16, 1191-1205.
- Pinto-Juma, G. A., Quartau, J. A., & Bruford, M. W. (2008). Population structure of *Cicada barbara* Stål (Hemiptera, Cicadoidea) from the Iberian

Peninsula and Morocco based on mitochondrial DNA analysis. *Bulletin of Entomological Research*, 98(1), 15-25.

Pires, A., & Hoy, R. R. (1992). Temperature coupling in cricket acoustic communication. I. Field and laboratory studies of temperature effects on calling song production and recognition in *Gryllus firmus*. *Journal of Comparative Physiology*, 171, 69-78.

Pogodin, S., Hasan, J., Baulin, V. A., Webb, H. K., Truong, V. K., Boshkovikj, V., & Ivanova, E. P. (2013). Biophysical model of bacterial cell interactions with nanopatterned cicada wing surfaces. *Biophysical Journal*, 104(4), 835-840.

Poinar, G., & Kritsky, G. (2012). Morphological conservatism in the foreleg structure of cicada hatchlings, *Burmaticada protera* n. gen., n. sp. in Burmese amber, *Dominicicada youngi* n. gen., n. sp. in Dominican amber and the extant *Magicicada septendecim* (L.) (Hemiptera: Cicadidae). *Historical Biology*, 24(5), 461-466.

Pons, P., Carbonell Font, R., Franch, M., Bas, J. M., Espejo Fraga, D., Fontelles, F., Funosas, D., Fusellas, M., Puig-Gironès, R., Tobella, C., & Franch, M. (2021). Diversitat, distribució i fenologia de les cigales (Hemiptera: Cicadidae) a Catalunya (NE Península Iberica).

Quartau, J. A. (1988). A numerical analysis of interspecific morphological differences in two closely related species of *Cicada* (Homoptera, Cicadoidea) in Portugal. *Great Basin Naturalist Memoirs*, 12, 171-181.

Quartau, J. A., Ribeiro, M., Simoes, P. C., & Coelho, M. M. (2001). Genetic divergence among populations of two closely related species of *Cicada* Linnaeus (Hemiptera: Cicadoidea) in Portugal. *Insect Systematics and Evolution*, 32, 99-106.

Quartau, J. A., Ribeiro, M., Simoes, P. C., & Crespo, A. (2000). Taxonomic separation by isozyme electrophoresis of two closely related species of *Cicada* L. (Hemiptera: Cicadoidea) in Portugal. *Journal of Natural History*, 34, 1677-1684.

- Rambo, T. R., & North, M. P. (2009). Canopy microclimate response to pattern and density of thinning in a Sierra Nevada forest. *Forest ecology and management*, 257(2), 435-442.
- Resh, V. H., & Cardé, R. T. (2009). *Encyclopedia of insects*. Academic Press.
- Ribeiro, M. (1998). Diferenciação em duas espécies gémeas do género Cicada L. (Insecta, Homoptera, Cicadoidea): Cicada orni L. e Cicada barbara (Stål) (Thesis). Faculty of Sciences, University of Lisbon.
- Sanborn, A. F., & Phillips, P. K. (1995). No acoustic benefit to subterranean calling in the cicada Okanagana pallidula Davis (Homoptera: Tibicinidae). *The Great Basin Naturalist*, 55(4), 374-376.
- Sanborn, A. F., Heath, J. E., & Heath, M. S. (1992). Thermoregulation and evaporative cooling in the cicada Okanagodes gracilis (Homoptera: Cicadidae). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 102A, 751-757.
- Schmitt, T. (2007). Molecular biogeography of Europe: Pleistocene cycles and postglacial trends. *Frontiers in Zoology*, 4(11), 1-13.
- Seabra, S. G., André, G., & Quartau, J. A. (2008). Variation in the acoustic properties of the calling songs of Cicada barbara and C. orni (Hemiptera: Cicadidae) at the individual and population levels. *Zoological Studies*, 47(1).
- Seabra, S. G., Pinto-Juma, G., & Quartau, J. A. (2006). Calling songs of sympatric and allopatric populations of Cicada barbara and C. orni (Hemiptera: Cicadidae) on the Iberian Peninsula. *European Journal of Entomology*, 103(4), 843.
- Simoes, P. C., & Quartau, J. A. (2007). On the dispersal of males of Cicada orni in Portugal (Hemiptera: Cicadidae). *Entomologia Generalis*, 30(3), 245.
- Simon, C., Cooley, J. R., Karban, R., & Sota, T. (2022). Advances in the evolution and ecology of 13-and 17-year periodical cicadas. *Annual Review of Entomology*, 67, 457-482.

- Spooner-Hart, R., Tesoriero, L., & Hall, B. H. (2007). *Field guide to olive pests, diseases and disorders in Australia*. Rural Industries Research and Development Corporation.
- Sueur, J. (2003). Indirect and direct acoustic aggression in cicadas: first observations in the Palaearctic genus *Tibicina* Amyot (Hemiptera: Cicadomorpha: Cicadidae). *Journal of Natural History*, 37(24), 2931-2948.
- Sueur, J., & Aubin, T. (2003). Is microhabitat segregation between two cicada species (*Tibicina haematodes* and *Cicada orni*) due to calling song propagation constraints? *Naturwissenschaften*, 90, 322-326.
- Takakura, K. I., & Yamazaki, K. (2007). Cover dependence of predation avoidance alters the effect of habitat fragmentation on two cicadas (Hemiptera: Cicadidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 100(5), 729-735.
- Villet, M. H., Sanborn, A. F., & Phillips, P. K. (2003). Endothermy and chorusing behaviour in the African platypleurine cicada *Pycna semiclara* (Germar, 1834) (Hemiptera: Cicadidae). *Canadian Journal of Zoology*, 81(8), 1437-1444.
- Walker, T. J. (1962). Factors responsible for intraspecific variation in the calling songs of crickets. *Evolution*, 16, 407-428.
- Wang, B., Zhang, H., & Szwedo, J. (2009). Jurassic Palaeontinidae from China and the higher systematics of Palaeontinoidea (Insecta: Hemiptera: Cicadomorpha). *Palaeontology*, 52(1), 53-64.
- Weiss, M. R. (2006). Defecation behavior and ecology of insects. *Annual Review of Entomology*, 51, 635-661.
- Williams, K. S., & Smith, K. G. (1991). Dynamics of periodical cicada chorus centers (Homoptera: Cicadidae: Magicicada). *Journal of Insect Behavior*, 4, 275-291.
- Yang, L. H. (2004). Periodical cicadas as resource pulses in North American forests. *Science*, 306(5701), 1565-1567.

Yokohama, Y., Lambeck, K., De Deckker, P., Johnston, P., & Fifield, L. K. (2000).
Timing of the Last Glacial Maximum from observed sea-level minima.
Nature, 406, 713-716.