



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PRODUCCIÓN VEGETAL Y
ECOSISTEMAS AGROFORESTALES

INFLUENCIA DE TRES ESPECIES DE HORMIGAS EN LA PROLIFERACIÓN Y EL PARASITISMO DE PLAGAS EN EL CULTIVO DE LOS CÍTRICOS



Trabajo Fin de Máster

Berta Grau Sanchis

Tutor

Dr. Ferrán García-Marí

Valencia, Septiembre de 2015



*Porque no hay cosa oculta
que no haya de ser manifestada,
ni cosa escondida
que no haya de ser conocida
y venida a la luz.*

Palabras de un profeta

A Víctor Sanjuán Grau



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor y profesor Ferrán García-Marí toda la ayuda y que me prestado, así como el tiempo que me ha dedicado siempre que lo he necesitado.

En segundo lugar al Instituto Agro-Mediterráneo (IAM), por prestarme sus instalaciones y equipos para realizar este trabajo y a Altea Calabuix por la su ayuda en campo.

No puedo dejar de nombrar a mis compañeras y compañeros del Máster, a mis Petardikis Marta, Susana y Sugnith, por todos esos momentos inolvidables y esa amistad que siempre continuará. Gracias!

Y como no a mi familia, mis padres, mi abuela y mi hermana, por su apoyo incondicional.

A Jose, mi pareja, amigo, confidente... todo es poco. Te quiero.



ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
RESUM	3
INTRODUCCIÓN	5
JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	8
MATERIAL Y MÉTODOS	10
Parcelas	10
Diseño experimental	10
Exclusión de hormigas	10
Evaluación de la abundancia de insectos:	12
- Piojo rojo de California (<i>Aonidiella aurantii</i>)	12
- Mosca Blanca algodonosa (<i>Aleurothrixus floccosus</i>)	13
- Minador de los cítricos (<i>Phyllocnistis citrella</i>)	13
Evaluación del parasitismo:	14
- Parasitismo del piojo rojo de California (<i>Aonidiella aurantii</i>)	14
- Parasitismo de Mosca Blanca (<i>Aleurothrixus floccosus</i>)	14
- Parasitismo de Minador de cítricos (<i>Phyllocnistis citrella</i>)	14
Análisis de datos	14
RESULTADOS	
Actividad de las hormigas	16
Nivel de infestación de:	
- <i>Aonidiella aurantii</i> en ramas y frutos	17
- <i>Phyllocnistis citrella</i>	21
- <i>Aleurothrixus floccosus</i>	22
Porcentaje de parasitismo:	
- <i>Aonidiella aurantii</i> en ramas y frutos	23
- <i>Aleurothrixus floccosus</i>	26
- <i>Phyllocnistis citrella</i>	27
DISCUSIÓN	30
CONCLUSIONES	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

ABSTRACT

Ants are an important element of citrus agroecosystem, which act simultaneously as predators of insects and as mutual Hemiptera. As a result, the ants are at the center of a complex food web where they can affect the composition and population dynamics of a large group of arthropods, including producing and non-producing herbivores honeydew, and their natural enemies.

It has conducted a test of exclusion of ants in three citrus orchards in 2012 with the objective of determining the influence of ants on infestation levels and the percentage of parasitism of three of the most important pests in the crop Citrus, whiteflies *Aleurothrixus floccosus*, producer plague of honeydew, and the California red scale *Aonidiella aurantii* and citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* two pests that do not produce honeydew.

The plots were chosen so that each of the three different species predominate an ant, *Lasius grandis*, *Pheidole pallidula* or *Linepithema humile*, which are the most common species of ants in citrus.

In all three plots a reduction of 27% was observed in the level of infestation of fruit by California red scale in the trees where ants were excluded, compared with undisturbed trees where the ants were present. In the case of the whitefly, the percentage of employed average outbreaks was 36% lower in the treatment of exclusion of ants in the plots dominated by species of ants *P. pallidula* and *L. humile*, and there were no significant differences in the third plot. In the case of citrus leafminer no differences in the percentages of damaged trees where the ants for any of the three plots were excluded leaf were observed.

As for the percentage of parasitism, we found no differences between ants excluding trees and trees with the presence of ants to any of the three pests studied.

These results demonstrate that the three species of ants can induce increases studied populations of some pests producing and non-producing honeydew in citrus. Furthermore, the results suggest that these population increases do not appear to be caused by the influence of ants on parasitism but may be other factors such as predation, which are affected by the activity of the ants.

RESUM

Les formigues constitueixen un element important de l'agroecosistema dels cítrics, en el qual actuen simultàniament com insectes depredadors i com mutualistes de hemípters. Com a conseqüència, les formigues es troben al centre d'una complexa xarxa tròfica en què poden afectar la composició i la dinàmica poblacional d'un ampli grup d'artròpodes, incloent herbívors productors i no productors de melassa, així com als seus enemics naturals.

S'ha dut a terme un assaig d'exclusió de formigues en tres parcel·les de cítrics durant l'any 2012 amb l'objectiu de determinar la influència de les formigues en els nivells d'infestació i el percentatge de parasitisme de tres de les plagues més importants en el cultiu dels cítrics, la mosca blanca *Aleurothrixus floccosus*, plaga productora de melassa, i el poll roig de Califòrnia *Aonidiella aurantii* i el minador dels cítrics *Phyllocnistis citrella*, dues plagues que no produeixen melassa.

Les parcel·les es van escollir de manera que en cadascuna de les tres predominés una espècie de formiga diferent, *Lasius grandis*, *Pheidole pallidula* o *Linepithema humile*, que són les espècies de formigues més freqüents en cítrics.

En el conjunt de les tres parcel·les s'observa una reducció del 27% en el nivell d'infestació dels fruits per poll roig de Califòrnia en els arbres on es van excloure les formigues, comparant amb arbres no alterats on les formigues eren presents. En el cas de la mosca blanca, el percentatge de brots ocupats va ser de mitjana un 36% menor en el tractament d'exclusió de formigues en les parcel·les dominades per les espècies de formigues *P. pallidula* i *L. humile*, i no hi va haver diferències significatives en la tercera parcel·la. En el cas del minador dels cítrics no es van observar diferències en els percentatges de fulla danyada en els arbres on es van excloure les formigues per a cap de les tres parcel·les.

Pel que fa al percentatge de parasitisme, no trobem diferències entre arbres amb exclusió de formigues i arbres amb presència de formigues per a cap de les tres plagues estudiades.

Aquests resultats demostren que les tres espècies de formigues estudiades poden induir increments poblacions d'algunes plagues productores i no productores de melassa en cítrics. A més, els resultats suggereixen que aquests increments poblacionals no semblen ser produïts per la influència de les formigues sobre el parasitisme sinó que poden ser altres factors, com la depredació, el que es vegin afectats per l'activitat de les formigues.

RESUMEN

Las hormigas constituyen un elemento importante del agroecosistema de los cítricos, en el que actúan simultáneamente como insectos depredadores y como mutualistas de hemípteros. Como consecuencia, las hormigas se encuentran en el centro de una compleja red trófica en la que pueden afectar a la composición y a la dinámica poblacional de un amplio grupo de artrópodos, incluyendo herbívoros productores y no productores de melaza, así como a sus enemigos naturales.

Se ha llevado a cabo un ensayo de exclusión de hormigas en tres parcelas de cítricos durante el año 2012 con el objetivo de determinar la influencia de las hormigas en los niveles de infestación y el porcentaje de parasitismo de tres de las plagas más importantes en el cultivo de los cítricos, la mosca blanca *Aleurothrixus floccosus*, plaga productora de melaza, y el piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* y el minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella*, dos plagas que no producen melaza.

Las parcelas se escogieron de forma que en cada una de las tres predominara una especie de hormiga distinta, *Lasius grandis*, *Pheidole pallidula* o *Linepithema humile*, que son las especies de hormigas más frecuentes en cítricos.

En el conjunto de las tres parcelas se observa una reducción del 27% en el nivel de infestación de los frutos por piojo rojo de California en los árboles donde se excluyeron las hormigas, comparando con árboles no alterados donde las hormigas estaban presentes. En el caso de la mosca blanca, el porcentaje de brotes ocupados fue de media un 36% menor en el tratamiento de exclusión de hormigas en las parcelas dominadas por las especies de hormigas *P. pallidula* y *L. humile*, y no hubo diferencias significativas en la tercera parcela. En el caso del minador de los cítricos no se observaron diferencias en los porcentajes de hoja dañada en los árboles donde se excluyeron las hormigas para ninguna de las tres parcelas.

En cuanto al porcentaje de parasitismo, no encontramos diferencias entre árboles con exclusión de hormigas y árboles con presencia de hormigas para ninguna de las tres plagas estudiadas.

Estos resultados demuestran que las tres especies de hormigas estudiadas pueden inducir incrementos poblacionales de algunas plagas productoras y no productoras de melaza en cítricos. Además, los resultados sugieren que estos incrementos poblacionales no parecen ser producidos por la influencia de las hormigas sobre el parasitismo sino que pueden ser otros factores, como la depredación, lo que se vean afectados por la actividad de las hormigas.



INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) constituyen uno de los grupos faunísticos más importantes de todos los ecosistemas por su abundancia, diversidad y participación en varios niveles de las redes tróficas (DeBach y Rosen 1991). Comprenden el grupo depredador más importante dentro de los himenópteros y son muy valiosas en el control natural. Los antecedentes más remotos de la lucha biológica, se dieron en la antigua China, donde se criaba una especie de hormiga (*Oecophylla smaragolina*) para controlar determinados insectos que atacan a los cultivos de los agrios (DeBach, 1975). Sin embargo, también muchas especies de hormigas están consideradas plagas indirectas al proteger a insectos perjudiciales, principalmente a los insectos productores de melaza.

En los ecosistemas agrícolas desde hace tiempo se sabe que las hormigas están asociadas con los trastornos sobre el control biológico de las especies de plagas de artrópodos (Flanders, 1945; Buckley, 1987). La capacidad de las hormigas de promover el aumento de cóccidos excretores de melaza y la reducción en número de estas plagas después de la eliminación de las hormiga se ha demostrado repetidamente (Van der Goot 1916; Way 1954; Bess 1958; Annecke 1959). Los productores de melaza se benefician de las hormigas como medio de protección de sus enemigos naturales, aumentando sus tasas de crecimiento, con mejores condiciones de higiene, transporte y dispersión (Way 1963; Bukley 1987), además, como beneficio para la salud de la planta se produce un aumento de la depredación por parte de las hormigas sobre otros insectos herbívoros (Skinner y Whittaker, 1981).

La interacción de hormigas también puede influir en la abundancia y distribución de otros herbívoros (Flandes, 1945; Haney *et al.*, 1987), modificando la dinámica poblacional de los enemigos naturales no solo de los hemípteros asociados (Daane *et al.*, 2007), sino también de hemípteros que no producen melaza y no están involucrados en el mutualismo (James *et al.*, 1999).

Las hormigas utilizan la melaza como fuente de azúcar y nutrientes. A su vez pueden transportar los áfidos, cochinillas u otros productores de melaza a nuevos sitios de alimentación, los protegen en sus nidos, y proporcionan servicios de saneamiento mediante la eliminación de melaza e individuos muertos (Bartlett 1961, Buckley 1987, Flatt y Weisser 2000). El más reconocido servicio que proporcionan las hormigas a los productores melaza, sin embargo, es la protección de los depredadores y parasitoides (Buckley 1987). En muchos casos, los enemigos naturales son atacados agresivamente, en otros el mero movimiento de una hormiga cercano es suficiente para disuadir a los intrusos (Bartlett 1961, Bristow 1984, Hanks y Sadof 1990).

Hay insectos que no producen ningún tipo de melaza, como es el caso del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* Maskell (Hemiptera: Diaspididae), esta cochinilla, al no producir ningún tipo de melaza, no está atendida por las hormigas. Sin embargo, se ha demostrado que la actividad de las hormigas induce leves o considerables aumentos de las poblaciones del piojo rojo de California (DeBach 1954, Steyn 1954, Moreno *et al.*, 1987, James *et al.*, 1997). Las hormigas perturban y/o matan a los enemigos naturales del piojo rojo de California cuando suben a los árboles a recolectar la melaza secretada por hemípteros como cotonet, moscas blancas, pulgones y cóccidos que accidentalmente se encuentran con ellos (Pekas, *et al.*, 2009a). Se ha comprobado, que el impacto de las especies de hormigas sobre las poblaciones del piojo rojo de California dependen de la intensidad con que las hormigas suben a los árboles (Pekas *et al.*, 2009a).

El papel de las hormigas en el ecosistema de los cítricos es controvertido puesto que pueden actuar como depredadores generalista consumiendo insectos plaga o como plagas indirectas ofreciendo protección a los hemípteros productores de melaza (Pekas *et al.*, 2009a). En cítricos existen numerosos ejemplos de la influencia de las hormigas sobre el cultivo, tanto por su acción beneficiosa como por su efecto perjudicial al interferir en el control biológico de diversas plagas. Como ejemplo de acción beneficiosa de hormigas en parcelas de cítricos, Wong *et al.*, 1984 en Hawai comprueba que la hormiga argentina (*Linepithema humile* (Mayr)) es un depredador importante de larvas, pupas y adultos de mosca blanca de la fruta *Ceratitis capitata* (Wiedermann) cuando se encuentran en el suelo. También Liotta (1963), en Sicilia, comprueba que *Plagiolepis pygmaea* Latreille ataca a diversos insectos como tisanópteros y ácaros, aunque considera que el beneficio es inferior al daño que produce al proteger a cochinillas y pulgones. Algunas especies de hormigas pueden llegar a la categoría de plagas porque cuidan a algunas especies del orden Homóptera que producen melaza en los árboles. Este espiral de mutualismo puede dar lugar a una fuerte competencia asimétrica y dominación de una especie de hormiga sobre otras presentes en el cultivo, por lo que una de ellas puede llegar a desplazar totalmente a las demás (Sanways, 1981).

Hay numerosos trabajos donde se han estudiado las especies de hormigas presentes en los cítricos, tanto en la cuenca Mediterránea como en España (Rosen 1967; Panis, 1981; Tumminelli *et al.*, 1996; Alvis, 2003; Vanaclocha *et al.*, 2005; Urbaneja *et al.*, 2006; Cerdá *et al.*, 2009). En los cítricos Valencianos, las especies de hormigas más abundantes son las dominantes *Lasius grandis* Forel y *Pheidole pallidula* Nylander (Alvis, 2003; Vanaclocha *et al.*, 2005) y la subordinada *Plagiolepis schmitzii* Forel (Pekas *et al.*, 2009c). Estas hormigas usan la melaza de los hemípteros como principal fuente de alimento en las copas de los cítricos, son agresivas (en el caso de las especies dominantes *L. grandis* y *P. pallidula*), y aunque coexisten en la misma parcela compiten intensamente entre sí manteniendo territorios separados dentro de la misma parcela (Pekas, *et al.*, 2009b). Además, Pekas *et al.*, (2010a) demostraron que poblaciones de éstas especies de hormigas estaban asociadas con incrementos poblacionales de piojo rojo de California en cítricos valencianos. Urbaneja *et al.*, 2006, también comprobaron el efecto beneficioso de éstas especies de hormigas al actuar como depredadoras de pupas presentes en el suelo en plagas como la *Ceratitis capitata* (Weiderman).

La hormiga Argentina, *Linepithema humile* Mayr, fue citada por primera vez en los cítricos españoles en el año 1923, asociada con hemípteros productores de melaza (Font de Mora, 1923; García Mercet, 1923). Actualmente está presente en los cítricos valencianos pero no se ha extendido (Pekas, *et al.*, 2009c). Sin embargo, se desconoce si, como la hormiga Argentina, estas hormigas pueden inducir un aumento de piojo rojo de California, ya que la agresividad de las hormigas hacia los enemigos naturales varía según especies (Way, 1963; Martínez-Ferrer *et al.*, 2003; Mgocheki and Addison, 2009). En cuanto a las pautas de actividad observadas, se ha comprobado que éstas pueden estar relacionadas con la temperatura y las necesidades alimenticias de las colonias de hormigas, ya que para las tres especies, el máximo de actividad estacional coincidió con el período de reproducción de la colonia (Pekas *et al.*, 2009a).



JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En los cítricos valencianos, por una parte, existen numerosos hemípteros que son plagas importantes, algunos de ellos son plagas productoras de melaza como la cochinilla algodonosa o el minador de los cítricos, mientras que otros no producen melaza como el piojo rojo de California, mientras que por otra parte están las hormigas en las copas de los árboles. En éstos cítricos son habituales unas especies de hormigas que habitan en las copas de los árboles, como son las autóctonas *Lasius grandis*, *Pheidole pallidula* como especies dominantes y *Plagiolepis pygmaea*, como especie subordinada y otra especie *Linepithema humile* que es introducida.

El objetivo de este trabajo es comprobar si las tres especies de hormigas más abundantes en los cítricos valencianos pueden dar lugar a incrementos de poblaciones de plagas, tanto productoras de melaza como no productoras de melaza. Para ello planteamos un experimento en campo de exclusión de hormigas en los árboles, comparando con árboles sin alterar y por tanto con presencia de hormigas, y observamos las diferencias en las poblaciones de plagas y en los niveles de parasitismo en dichas plagas.

Los objetivos concretos son:

- 1) Comprobar si la exclusión de las hormigas se traduce en una reducción de las poblaciones de plagas, tanto productoras como no productoras de melaza.
- 2) Comprobar si hay diferencias entre las tres especies de hormigas en relación a su comportamiento y a su influencia sobre las poblaciones de plaga.
- 3) Comprobar si la exclusión de las hormigas altera los niveles de parasitismo que se observan en las poblaciones de las especies de insectos fitófagos.



MATERIAL Y MÉTODOS

MATERIAL Y MÉTODOS

Parcelas

La parte experimental del estudio, se realizó entre Abril y Noviembre de 2012. Se llevó a cabo en tres campos de cítricos en las comarcas de la Ribera Baixa (Valencia) , dos situados en la localidad de Riola y otro en El Mareny de Barraquetes (Sueca). Los de Riola eran plantaciones comerciales con árboles en plena producción, de 15 a 20 años de edad, de naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) variedad Navelina y en El Mareny una mezcla de naranjo (cv. Navelina) y Clementino *Citrus reticulata* Blanco (cv. Clementina fina). En los campos no se llevó a cabo ningún tratamiento fitosanitario durante el estudio, ni en los dos años anteriores. En las tres parcelas el suelo se mantuvo sin cubierta vegetal desde mayo hasta octubre aproximadamente, mediante aplicaciones locales de herbicidas. El sistema de riego en las tres parcelas era por inundación.

Diseño experimental

Cada parcela experimental se dividió en cuatro subparcelas donde las hormigas tenían acceso a la copa de los árboles y otras cuatro en donde se impedía el acceso de las hormigas a la copa, quedando un diseño de cuatro bloques al azar, donde cada grupo de dos subparcelas, una con hormigas y otra sin hormigas, corresponde a un bloque. Cada subparcela constaba de 16 árboles, en un grupo de 4x4, de forma que se excluían las hormigas de los 16 árboles pero se muestreaban solo los cuatro árboles del centro. En cada parcela por tanto había un total de ocho subparcelas experimentales de 16 árboles cada una. En el campo del Mareny de Barraquetes, dada la desigualdad de la parcela y el estado de los árboles, se escogieron las 8 subparcelas de entre grupos de árboles lo más homogéneos posibles en vigor y desarrollo.

Exclusión de las hormigas

En las parcelas sin hormigas, la exclusión se realizó impidiendo la subida de las hormigas a la copa colocando una barrera pegajosa en el tronco (Foto N°1). En cada árbol se colocó una banda de cinta adhesiva de 20 cm de ancho en la que se aplicó una capa de resina pegajosa Tanglefoot®, que iba siendo renovada mensualmente. Con el fin de asegurarnos de que el tronco fuera el único acceso de las hormigas a la copa, se realizaron podas de ramas para evitar que éstas tocaran el suelo. Esta poda se realizaba siempre que fuera necesario.

Foto Nº 1.- Detalle de la banda de pegamento aplicada a los árboles para evitar la subida de hormigas a la copa.



Fuente: Foto propia.

Las tres parcelas se seleccionaron por tener una de las tres especies de hormiga, *Lasius grandis* (Foto Nº 2) *Pheidole pallidula* (Foto Nº 3) y *Linepithema humile* (Foto Nº 4). Las dos primeras son autóctonas en la cuenca del Mediterráneo, y se encontraron en los dos campos de Riola (junto a *Plagiolepis schmitzii*, especie subordinada), mientras que *Linepithema humile* (la hormiga Argentina) es una especie invasora, conocida por su papel negativo en el control biológico de plagas de cítricos, hallada en este caso en el campo del Mareny de Barraquetes. Las tres especies son dominantes y muy agresivas compitiendo por tanto entre ellas por el territorio, llegando algunas en el caso de coexistir en la misma parcela a expulsarse hasta llegar a ocupar territorios separados. *Plagiolepis schmitzii* compartió árboles con las dos especies nativas, principalmente con *P. pallidula*

Foto Nº 2.- *Lasius grandis*.



Fuente: F. García-Mari

Foto N° 3.- *Pheidole pallidula*



Fuente: F. García-Mari

Foto N° 4.- *Linepithema humile*



Fuente: F. García-Mari

Evaluación de la abundancia de insectos

Para determinar la actividad de las hormigas se contabilizó el número de hormigas que ascendían o descendían cruzando una línea imaginaria en el tronco durante dos minutos de observación, determinando la especie de hormiga. Para determinar la actividad estacional, se realizaron conteos cada quince días desde abril hasta noviembre. Las observaciones fueron entre las 8 y las 12 horas aproximadamente de la mañana.

Se evaluaron también los niveles de tres plagas importantes en los cítricos mediterráneos, como fueron piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*), mosca blanca (*Aleurothrixus floccosus*), y el minador de los cítricos (*Phyllocnistis citrella*) en las subparcelas con y sin hormigas. Esto nos sirvió para comparar los niveles poblacionales de las plagas en cada tratamiento, pudiendo determinar el posible efecto de las hormigas en dichas poblaciones.

Para la realización de los muestreos:

* **Piojo rojo de California** (*Aonidiella aurantii*) (Foto N° 5) → Se realizaron dos muestreos diferentes, uno en ramas y otro en frutos. En el *muestreo de ramas*, se muestrean

4 ramas de cada uno de los 4 árboles centrales de la subparcela. El nivel poblacional de *A. aurantii* se determina usando una escala según abundancia de escudos: 0 (0 escudos); 1 (1 a 3 escudos); 2 (de 4 a 10 escudos); 3 (de 10 a 30 escudos); 4 (de 30 a 100 escudos) y 5 (más de 100 escudos). En el caso de los *frutos*, el muestreo se realiza a partir de agosto, cuando las larvas ya han invadido el fruto, contando 20 frutos escogidos al azar por árbol de los 4 árboles centrales de la parcela, siguiendo la escala de abundancia igual que en el caso de las ramas.

Foto N°5.- *Aonidiella aurantii* en fruto.



Fuente: Foto propia.

* **Mosca blanca** (*Aleurothrixus floccosus*) (Foto N° 6) → En este muestreo realizamos observaciones de 10 brotes cercanos a su completo desarrollo, de cada uno de los cuatro árboles centrales de cada subparcela, apuntando el número de brotes ocupados por mosca blanca.

Foto N° 6.- *Aleurothrixus floccosus*.



Fuente: Foto propia.

* **Minador de Cítricos** (*Phyllocnistis citrella*) (Foto N° 7) → Para muestrear el nivel poblacional del minador, se procedió a realizar observaciones de 10 brotes tiernos al azar en cada uno de los cuatro árboles centrales de cada subparcela, anotando el número de brotes atacado por minador y la cantidad de minas por brote.

Foto N° 7.- *Phyllocnistis citrella*



Fuente: Foto propia.

Evaluación del parasitismo

Con el fin de determinar el papel que las hormigas ejercen sobre los enemigos naturales, mensualmente se llevaron muestras al laboratorio para comprobar el nivel de parasitismo sobre *A. aurantii*, *P. citrella* y *A. floccosus* en cada bloque, con y sin hormigas.

* **Parasitismo de Piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*)** → Para poder analizar el parasitismo, se muestrearon un mínimo de cinco ramas y cinco frutos con presencia de piojo rojo en cada árbol de los cuatro árboles centrales de la subparcela. Posteriormente en laboratorio se observaron con un binocular alrededor de 50 a 100 formas de piojo rojo vivos susceptibles de ser parasitados (larvas de segundo estadio L₂, preninfas, ninfas, adultos de machos y hembras jóvenes H₁) y se determinó el porcentaje de parasitismo contando el número de formas parasitadas por los parasitoides en relación al total de formas vivas.

* **Parasitismo de Mosca Blanca (*Aleurothrixus floccosus*)** → El parasitismo se evaluó muestreando hasta 20 hojas infestadas de mosca blanca por árbol en los cuatro árboles centrales de cada subparcela. En el laboratorio se observaron las hojas al binocular, determinando el porcentaje de individuos parasitados por *Cales noacki* respecto al total de susceptibles al parasitismo (L₂ y L₃) en un círculo de 1 cm² seleccionado en la zona ocupada por la mosca blanca en cada hoja.

* **Parasitismo de Minador de los cítricos (*Phyllocnistis citrella*)** → Para evaluar el parasitismo en el minador se muestrearon 10 brotes por árbol en los cuatro árboles centrales de cada subparcela. En el laboratorio, se observaron con un binocular 50 formas inmaduras del minador susceptibles al parasitismo (L₂, L₃ y L₄), contando cuantas había parasitadas por el parasitoide *Citrostichus phyllocnistoides* en relación al total de formas vivas.

Análisis de datos

Para la comparación de los niveles poblaciones de las pagas y del parasitismo entre los tratamientos de exclusión y con presencia de hormigas se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA) previa transformación de los datos con $[\arcsen\sqrt{x}]$, y se establecieron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) mediante un test de mínima diferencia significativa.



RESULTADOS

RESULTADOS

ACTIVIDAD DE LAS HORMIGAS

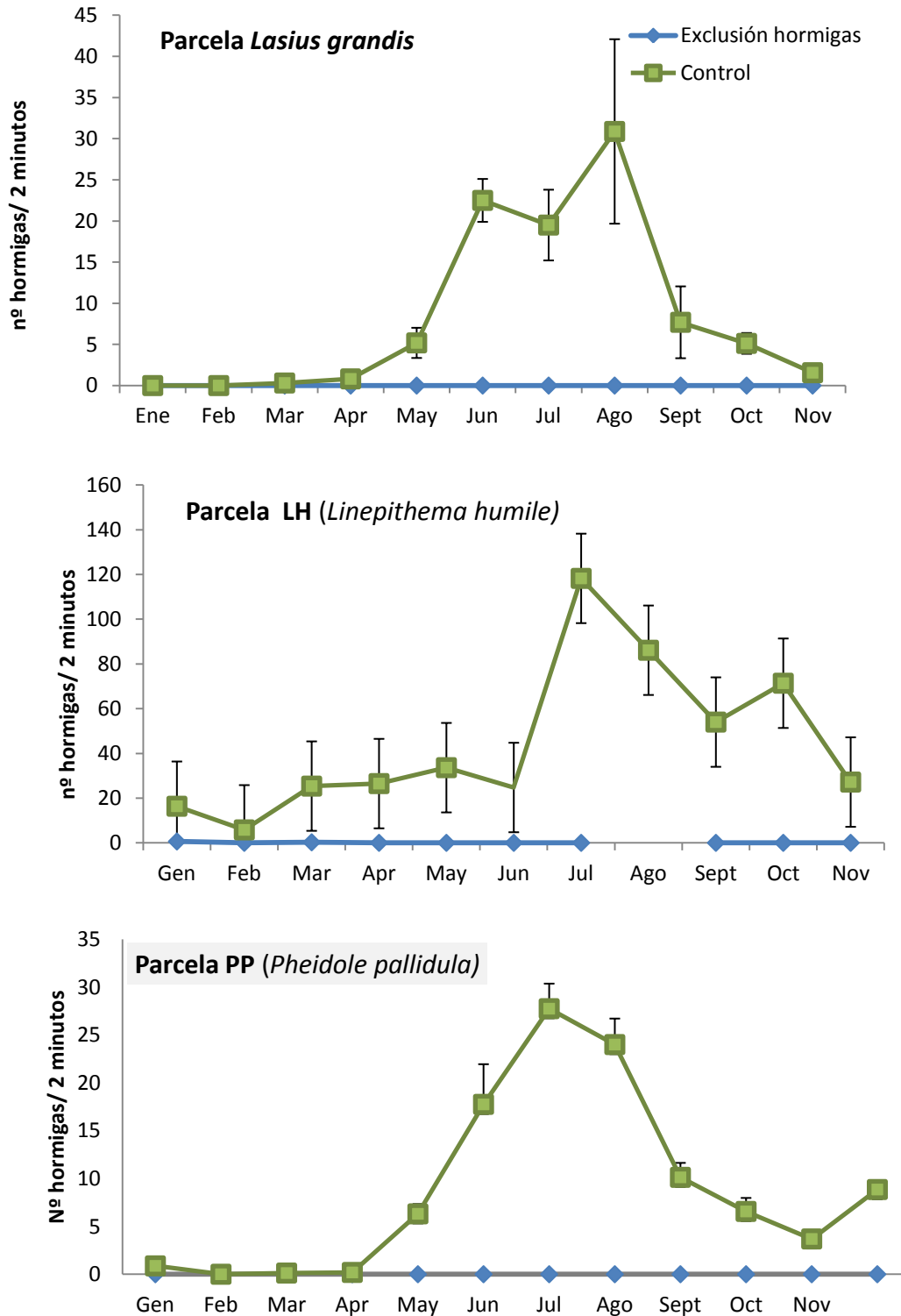


Fig. 1. Actividad media (\pm error estándar) de las hormigas (número de hormigas ascendente o descendente del tronco del árbol por minuto) en árboles cítricos con exclusión de hormigas y

con acceso a las hormigas en tres huertos en el este de España, cada una con presencia *Lasius grandis*, *Pheidole pallidula*, o *Linepithema humile*.

En la figura que se muestra (Fig. 1), podemos ver la actividad de las hormigas en las tres parcelas estudiadas. Se observa que tanto en las parcelas LG y PP, donde son predominantes *Lasius grandis* y *Pheidole pallidula* respectivamente, tuvieron niveles de actividad considerablemente más bajos que la invasiva *Linepithema humile*, predominante en la parcela LH. *Lasius grandis* mostró su pico de actividad en agosto con $30,8 \pm 11,0$ hormigas/min/árbol ascendentes o descendentes a la copa de los cítricos y *Pheidole pallidula* mostró un pico de actividad en el mes de julio con $27,7 \pm 2,7$ hormigas/min/árbol ascendentes o descendentes a la copa de los árboles mientras que *Linepithema humile* obtuvo su pico de actividad en julio con $118,3 \pm 2,4$ hormigas/min/árbol que ascendieron o descendieron de la copa de los cítricos. Es importante destacar, que *L. humile* estuvo activa durante todo el año, mientras que *P. pallidula* y *L. grandis* cesaron su actividad durante los meses de invierno, de diciembre a marzo.

En las parcelas con tratamiento de exclusión de hormigas, se utilizó una trampa pegajosa para la exclusión de hormigas, estando estas totalmente ausentes de las copas de los árboles, mostrando de esta manera una efectividad del 100% en el tratamiento de exclusión.

NIVEL DE INFESTACIÓN DE *Aonidiella aurantii* EN RAMAS Y FRUTOS

Los resultados obtenidos muestran que en las tres parcelas estudiadas, la infestación causada por piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* en ramas fue menor en el tratamiento de exclusión de hormigas solamente en la parcela LG, donde predominaba la hormiga *Lasius grandis* (con un 18% de media), mientras que no hubieron diferencias significativas en el resto de las parcelas (Fig.2) (Tabla 1). Hay que tener en cuenta la dificultad que existe en campo de determinar a simple vista si los escudos de las ramas están vivos o son escudos viejos, de otras generaciones, que permanecen pegados a la corteza. Este hecho puede enmascarar el efecto real de la exclusión de las hormigas ya que no se puede hacer una estimación adecuada del número de individuos presentes en las ramas.

Sin embargo, la infestación causada por el piojo rojo de California en los frutos fue significativamente mayor en el tratamiento en el que las hormigas fueron excluidas de la copa de los árboles, con un 26% en la parcela LG (donde *L. grandis* predominaba) y un 21% tanto en las parcelas PP (*Pheidole pallidula*) y LH (*L. humile*). Por tanto, las tres especies de hormigas dominantes en las tres parcelas de este estudio pueden interferir en el control biológico del piojo rojo de California. En el conjunto de las tres parcelas se observa una reducción del 27% en el nivel de infestación de los frutos por piojo rojo de California en los árboles donde se han excluido hormigas.

Tabla1.- Resultados del análisis de varianza para los tratamientos de exclusión de hormigas y control en las poblaciones de *Aonidiella aurantii* en ramas, *Aonidiella aurantii* en frutos, el porcentaje de hojas ocupadas por *Aleurothrixus floccosus* y el porcentaje de hoja dañada causado por *Phyllocnistis citrella* en 2012 en tres parcelas de cítricos valencianos cada uno con presencia de *Lasius grandis*, *Pheidole pallidula* y *Linepithema humile*. (n.d= no determinado).

ESPECIES	MES/AÑO	Parcela LG (<i>Lasius grandis</i>)					Parcela LH (<i>Linepithema humile</i>)					Parcela PP (<i>Pheidole pallidula</i>)				
		Exclusión hormigas	Control	gl	F	P	Exclusión hormigas	Control	gl	F	P	Exclusión hormigas	Control	gl	F	P
<i>Aonidiella aurantii</i> en ramas	May	89,1±11,4	92,2±12,3	1,6	0,42	0,5	95,3±13,9	95,6±13,9	1,6	0,18	0,69	95,3±13,9	98,4±18,1	1,6	1,99	0,21
	Jun	87,5±11,1	92,2±12,3	1,6	0,89	0,4	79,7±10,1	92,2±12,3	1,6	0,41	0,54	79,7±10,1	87,5±11,1	1,6	0,26	0,63
	Jul	82,8±10,4	90,6±11,8	1,6	5,11	0,065	81,3±10,2	85,9±10,8	1,6	0,3	0,6	89,1±11,4	92,2±11,4	1,6	0,46	0,52
<i>Aonidiella aurantii</i> en frutos	Ago	34,9±32,7	57,3±33,2	1,6	0,9	0,37	82,8±46,4	95,6±64,8	1,6	1,93	0,3	39,7±43,9	44,4±45,4	1,6	0,9	0,36
	Sept	49,1±90,5	65,4±92,8	1,6	7,9	0,03	75,6±94,8	85,9±106,1	1,6	1,85	0,22	46,3±90,6	57±90,9	1,6	3,77	0,1
	Oct	35,8±90,8	48,4±90,5	1,6	0,9	0,36	71,8±94,2	82,2±96,9	1,6	0,67	0,44	39,7±91,5	48,8±91,5	1,6	0,91	0,38
	Nov	52,0±41,6	75,6±48,8	1,6	8,1	0,05	70±94,5	75,2±97,3	1,6	0,39	0,55	55±45,3	63,8±45,4	1,6	8,1	0,05
<i>Phyllocnistis citrella</i>	Oct	5,7±60,8	6,5±49,6	1,6	0,02	0,89	22,2±52,9	23,4±49,1	1,6	0,45	0,53	5,8±62,3	5,5±6±5,1	1,6	0,02	0,89
	Jul	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	40,6±3,4	56,9±3,8	1,6	2,21	1,19	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	Ago	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	48,1±3,5	65,6±3,7	1,6	4,09	0,09	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Sept	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Oct	21,9±3,8	30±4,4	1,6	0,09	0,78	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	17,5±4,3	30,6±3,8	1,6	7,98	0,03

***Aonidiella aurantii* en ramas.**

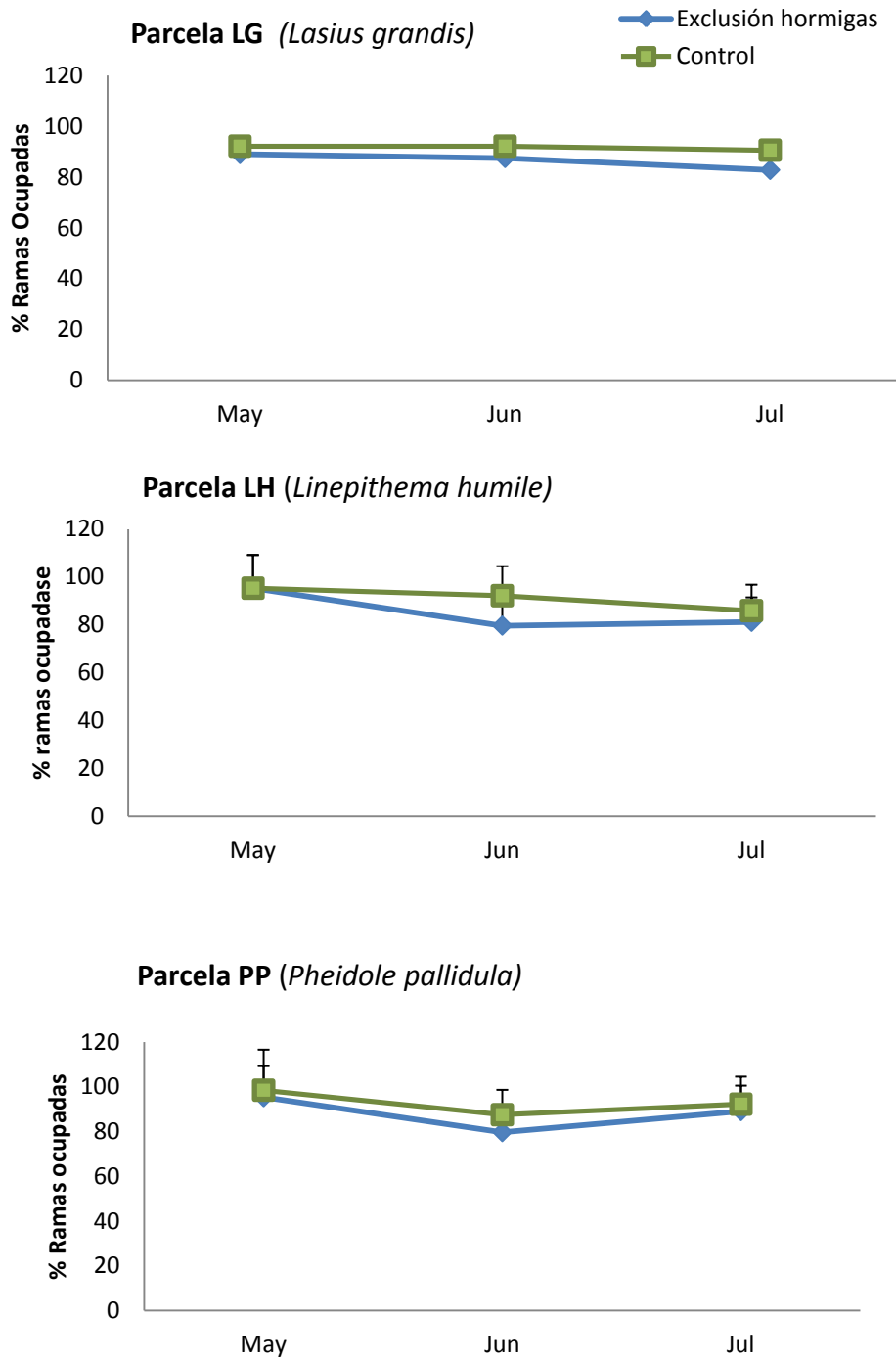


Fig. 2.- Porcentaje de infestación medio (\pm error estándar) de piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* en ramas en árboles con exclusión y con presencia de hormigas para tres parcelas de cítricos en las que se encuentran las especies de hormigas *Lasius grandis*, *Pheidole pallidula* y *Linepithema humile*, durante el año 2012. La infestación de CRS en ramas fue significativamente mayor en la parcela de *Lasius grandis* en los árboles con acceso permitido a las hormigas que en los árboles con exclusión de hormigas.

***Aonidiella aurantii* en frutos.**

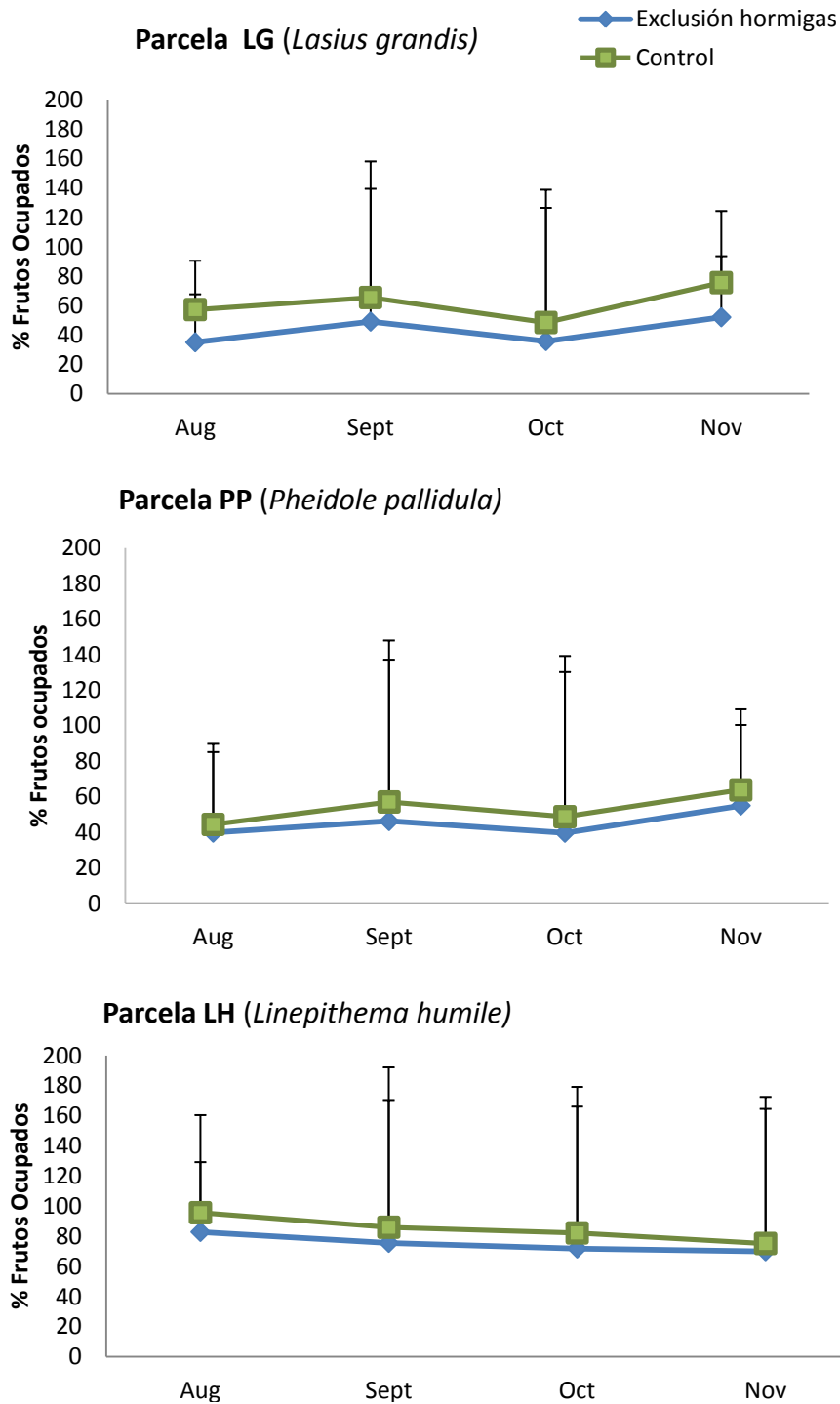


Fig. 3.- Porcentaje de infestación medio (\pm error estándar) de piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* en frutos en árboles con exclusión y con presencia de hormigas para tres parcelas de cítricos en las que se encuentran las especies de hormigas *Lasius grandis*, *Pheidole pallidula* y *Linepithema humile*, durante el año 2012. Durante todo el periodo, la infestación de CRS en frutos fue mayor en los árboles con exclusión de hormigas en los tres huertos y para las tres especies de hormigas estudiadas.

NIVEL DE INFESTACIÓN DE *Phyllocnistis citrella*

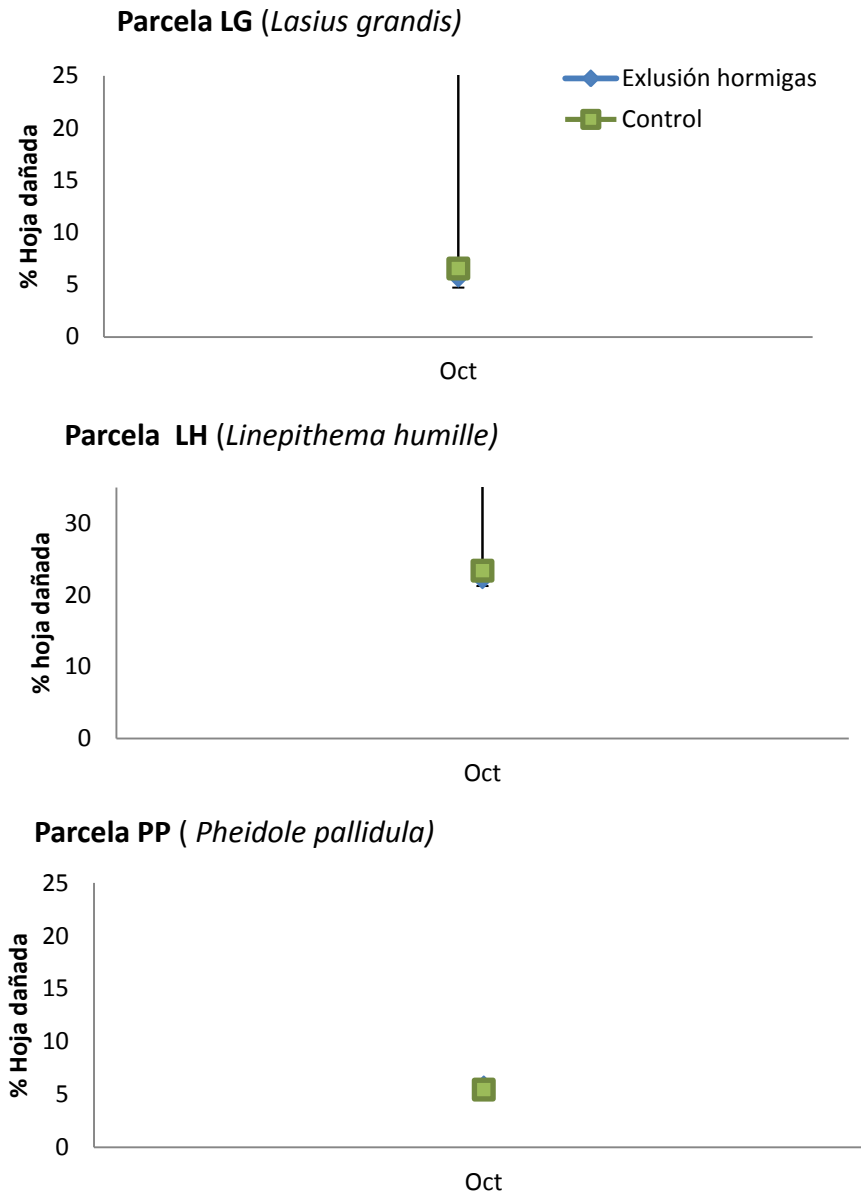


Fig 4.-Porcentaje medio de superficie de hoja daña (\pm error estándar) por el minador de las hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella* en árboles de exclusión y con presencia de hormigas para tres parcela de cítricos en las que se encuentran las especies de hormigas *Lasius grandis*, *Linepithema humile* y *Pheidole pallidula*, durante el año 2012. Para cada fecha de muestreo no se aprecian diferencias significativas en el porcentaje de pérdida de superficie de las hojas entre los tratamientos de exclusión y presencia y hormigas para ninguna de las tres especies de hormigas.

En cuanto al minador de los cítricos, *P. citrella*, no encontramos diferencias significativas en cuanto al porcentaje de hoja atacada entre los árboles de exclusión y con presencia de hormigas en ninguna de las parcelas estudiadas. Al comparar cada fecha de muestreo por separado, no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de pérdida de superficie de hoja para cualquier fecha de muestreo para los tres huertos (Fig. 4) (Tabla 1).

NIVEL DE INFESTACIÓN DE *Aleurothrixus floccosus*.

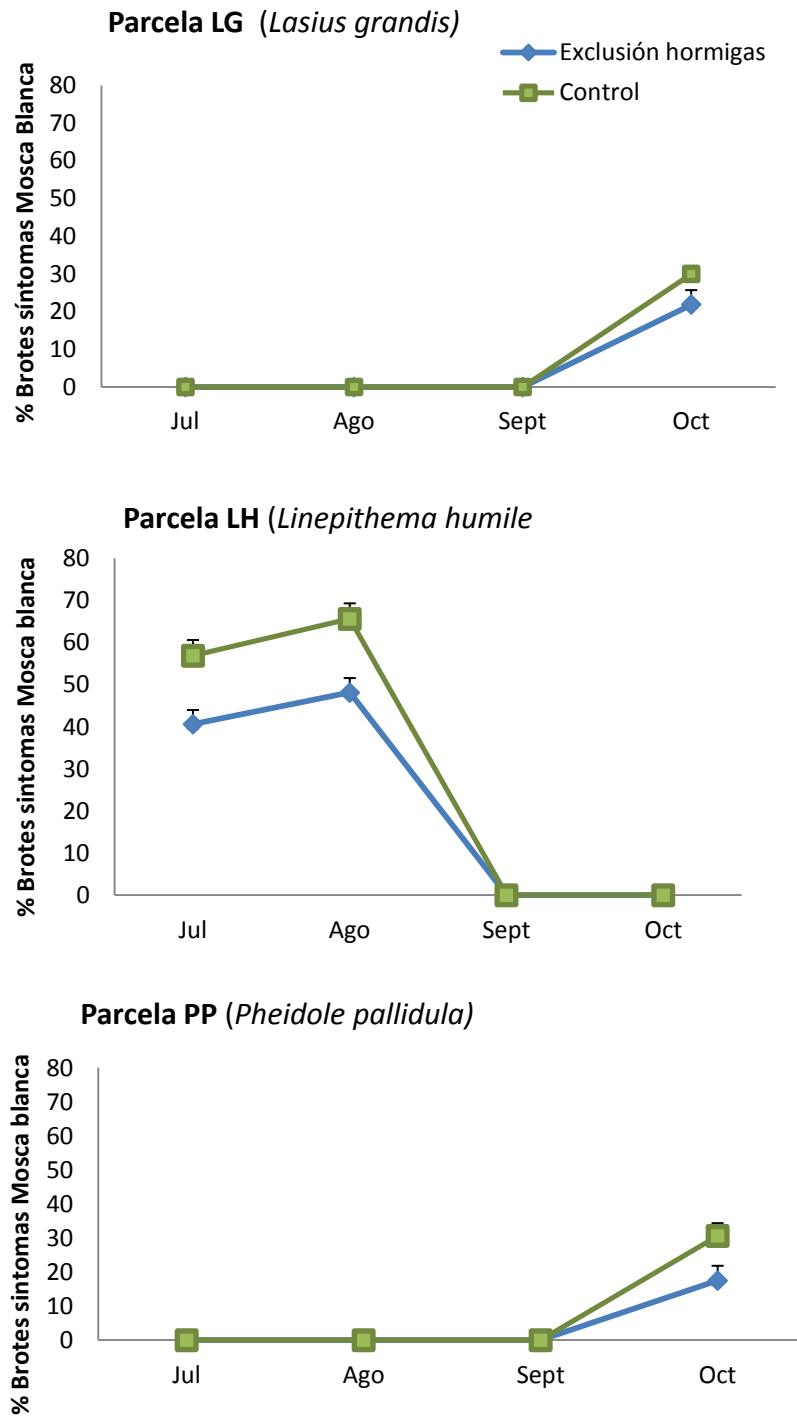


Fig. 5.- Porcentaje medio de brotes ocupados (\pm error estándar) por la mosca blanca algodonosa (*Aleurothrixus floccosus*) en árboles con exclusión y con presencia de hormigas para las tres parcela de cítricos en las que se encuentran las especies de hormigas *Lasius grandis*, *Linepithema humile* y *Pheidole pallidula* durante el año 2012. Durante todo este período, el porcentaje de brotes ocupados por *A. floccosus* fue significativamente mayor en el tratamiento con presencia de hormigas en el caso de la parcela de *P. pallidula* y *L. humile*, mientras que no se

encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la parcela de *L. grandis* (Medidas repetidas ANOVA, test LSD).

El porcentaje de brotes ocupados por mosca blanca fue significativamente menor en el tratamiento de exclusión de hormigas en el caso de las parcelas PP (*Pheidole pallidula*) (43% menor) y LH (*Linepithema humile*) (26% menor) mientras que no se encontraron diferencias entre tratamientos en la parcela LG (*Lasius grandis*) (Fig. 5) (Tabla 1). Dado que la mosca blanca es atendida directamente por las hormigas, cabe esperar que la influencia de éstas vendrá determinada por la evolución estacional de las hormigas. En nuestro estudio, la actividad de *L. grandis* fue máxima en primavera y empezó a disminuir en julio, momento en que las poblaciones de mosca blanca empiezan a aumentar (García-Marí, 2012). En cambio, *P. pallidula* y *L. humile* estuvieron activas durante el verano y otoño, meses en los que la incidencia de la mosca blanca es mayor. Más acusado fue este efecto en el caso de *L. humile*, ya que presentó elevados niveles de actividad durante todo el año.

Al comparar las fechas de muestreo, observamos que el porcentaje de ocupación de los brotes fue significativamente mayor en el tratamiento donde se permitían las hormigas de la parcela PP en una de las cuatro fechas en octubre y en dos de cada cinco fechas de muestreo en la parcela LH. En general, la reducción media de los brotes ocupados por *A. floccosus* en el tratamiento de exclusión de hormigas fue del 43% para la parcela PP (*P. pallidula*) y el 26% para la parcela LH (*L. humile*).

PORCENTAJE DE PARASITISMO

NIVELES DE PARASITISMO DE *Aonidiella aurantii* EN RAMAS Y FRUTOS.

El porcentaje medio de parasitismo causado por *Aphytis* sp. en piojo rojo de California en ramas alcanzó un máximo de 13,4% ($\pm 2,07$) en la parcela PP (*P. pallidula*), en la parcela LG (*L. grandis*) fue de 9,6% ($\pm 3,3$) y para la parcela LH (*L. humile*) el porcentaje medio de parasitismo fue del 11,4% ($\pm 3,16$). En frutos, el porcentaje medio de parasitismo fue mayor, alcanzándose un 45,6% ($\pm 3,6$), 42,7% ($\pm 3,33$) y 38,0% ($\pm 2,5$) en las parcelas PP, LG y LH respectivamente.

Comparando el parasitismo entre los árboles de exclusión y con presencia de hormigas, no se encontraron diferencias significativas en frutos o ramas para ninguna de las tres parcelas estudiadas (Fig. 6) (Tabla 2).

RAMAS

FRUTOS

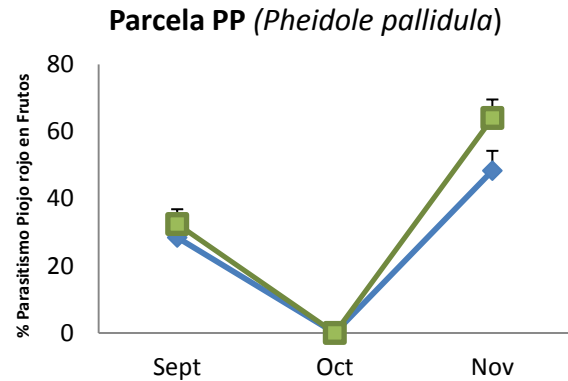
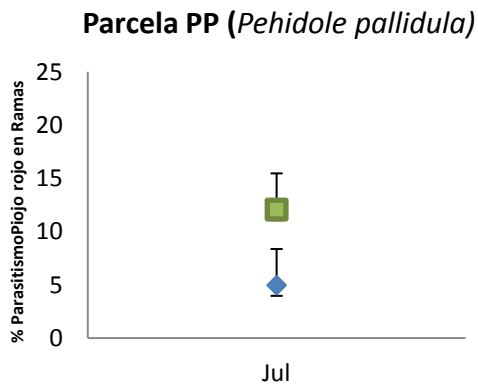
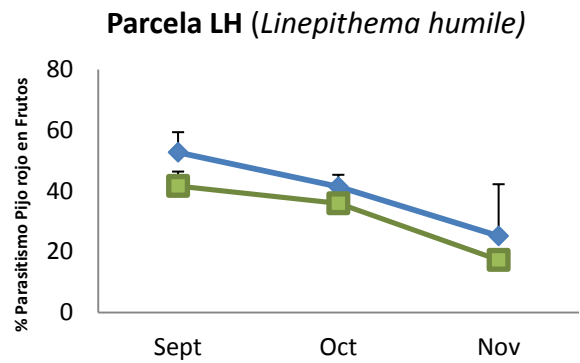
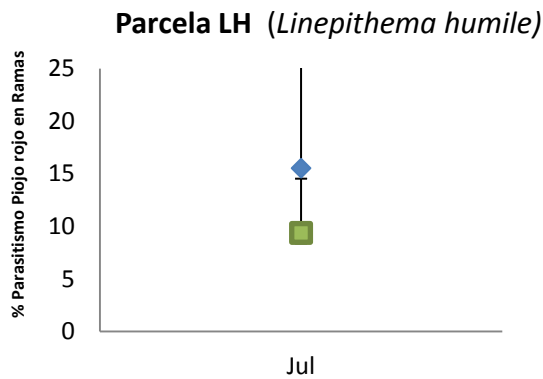
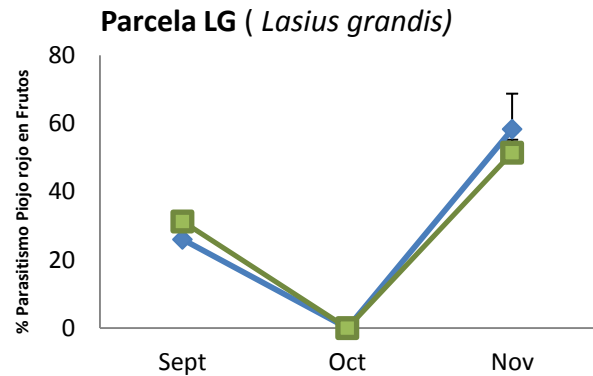
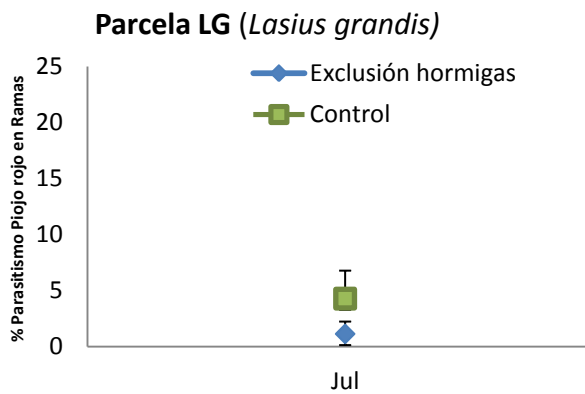


Fig. 6.- Resultados de los porcentajes de parasitismo del piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*) en ramas y frutos para tratamiento de exclusión de hormigas y tratamiento con hormigas en tres parcelas de cítricos cada uno de ellos con presencia de *Lasius grandis*, *Linepithema humile* y *Pheidole pallidula*. En ramas, no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de parasitismo entre los dos tratamientos, y en frutos el porcentaje de parasitismo fue similar entre los dos tratamientos con exclusión de hormigas y el control para las tres parcelas. La barra vertical indica el error estándar.

Tabla 2.- Resultados de los análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos con hormigas y con exclusión de hormigas con media (\pm SE) del porcentaje de parasitismo de a) *Aonidiella aurantii* en ramas, b) *A. aurantii* en frutos, c) *Phyllocnistis citrella* y d) *Aleurothrixus floccosus* en árboles con y sin hormigas en tres parcelas de cítricos valencianos, cada uno con presencia de *Lasius grandis*, *Linepithema humile* y *Pheidole pallidula* (n.d=no determinado).

ESPECIES HERBIVOROS	MES/AÑO	Parcela <i>Lasius grandis</i>				Parcela <i>Linepithema humile</i>				Parcela <i>Pheidole pallidula</i>						
		Sin hormigas		Con hormigas		Sin hormigas		Con hormigas		Sin hormigas		Con hormigas				
		gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P			
a) <i>Aonidiella aurantii</i> Ramas	jul-12	1.14 \pm 1.1	4.3 \pm 2.5	1,6	0,9	0,388	15,59 \pm 10.4	9.38 \pm 6	1,6	0,28	0,614	4.96 \pm 3.4	12.06 \pm 3.4	1,6	3,35	0,12
b) <i>Aonidiella aurantii</i> en Frutos	sep-12	25.98 \pm 3.5	31.25 \pm 2	1,6	1,47	0,271	52.77 \pm 6.6	41.66 \pm 4.7	1,6	1,8	0,228	28.47 \pm 6.8	32.44 \pm 4.4	1,6	0,27	0,62
	oct-12	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	41.4 \pm 3.9	35.94 \pm 4-1	1,6	0,9	0,379	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	nov-12	58.32 \pm 10.4	51.42 \pm 3.8	1,6	0,38	0,559	25.2 \pm 2.7	17.32 \pm 2.7	1,6	4,25	0,085	48.33 \pm 7.9	64.03 \pm 5.5	1,6	2,67	0,154
c) <i>Phyllocnistis citrella</i>	sep-12	65.01 \pm 6.1	56.4 \pm 4.2	1,6	1,32	0,293	60 \pm 16.6	67.3 \pm 2.4	1,6	0,14	0,720	62.26 \pm 5.9	55.35 \pm 5.3	1,6	0,78	0,411
d) <i>Aleurothrixus floccosus</i>	jul-12	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	8.64 \pm 1.6	9.81 \pm 2	1,6	0,45	0,527	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	ago-12	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	28.38 \pm 3.7	20.5 \pm 3	1,6	2	0,207	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	oct-12	24.93 \pm 4.7	25.1 \pm 4.1	1,6	0,14	0,723	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	31.76 \pm 4.7	33.93 \pm 4.6	1,6	1,02	0,352

NIVELES PARASITISMO DE *A. floccous*

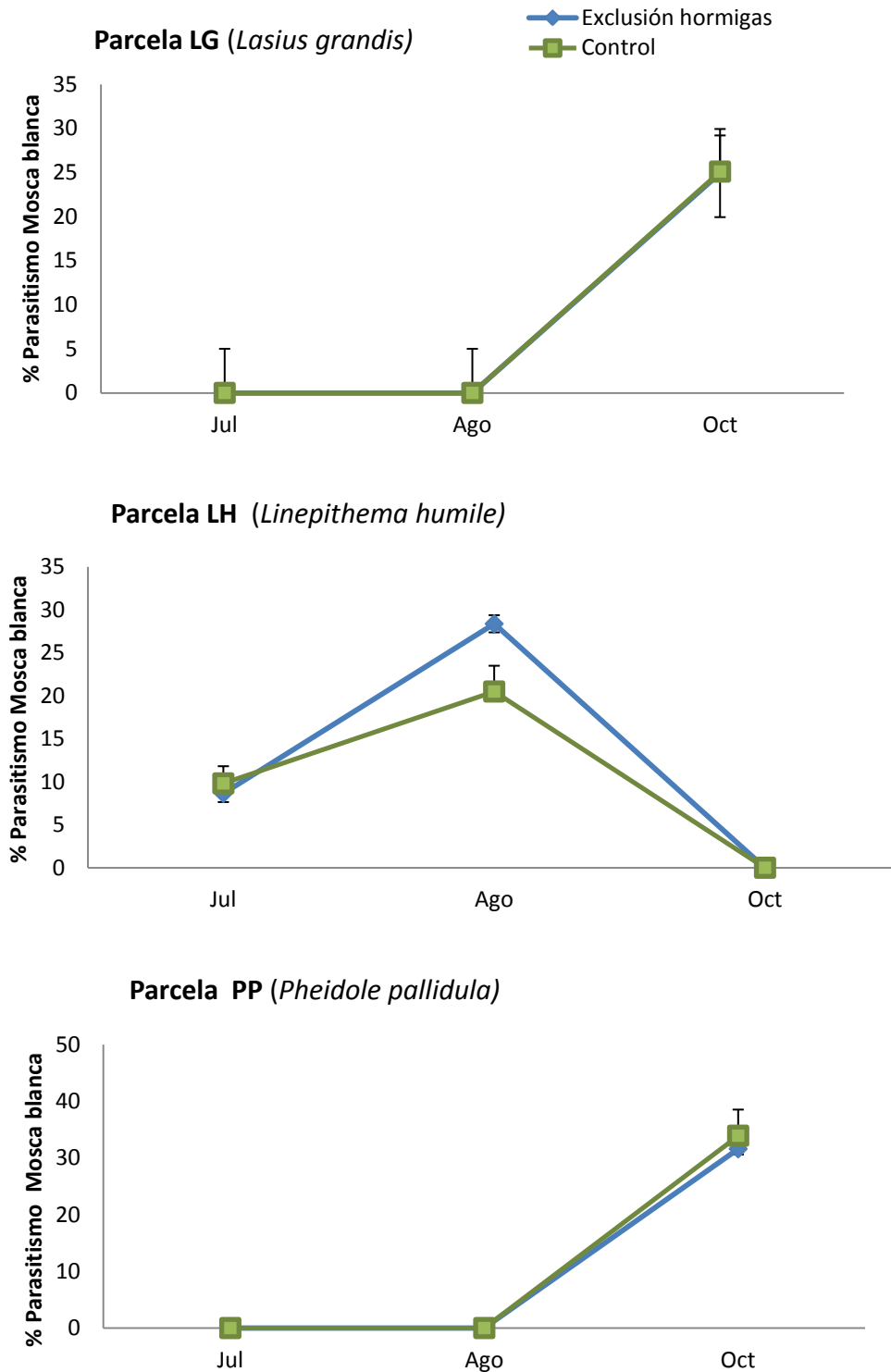


Fig. 8.- Resultados de los porcentajes de parasitismo de la mosca blanca de los cítricos *A. floccous* para el tratamientos de exclusión de hormigas y el tratamiento con hormigas en tres parcelas de cítricos cada uno de ellos con presencia de *Lasius grandis*, *Linepithema humile* y *Pheidole pallidula*. No se detectaron diferencias entre tratamientos en el porcentaje de

parasitismo de *Cales noacki* en mosca blanca en ninguna de las tres parcelas estudiadas. La barra vertical indica el error estándar.

En cuanto al parasitismo de la mosca blanca de los cítricos *Aleurothrix floccosus* producido por *Cales noackis*, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de exclusión de hormigas y con hormigas en ninguna de las tres parcelas estudiadas (Fig. 8) (Tabla 2). Del mismo modo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos cuando se comparan los datos por separado en cada fecha de muestreo.

NIVELES DE PARASITISMO *Phyllocnistis citrella*

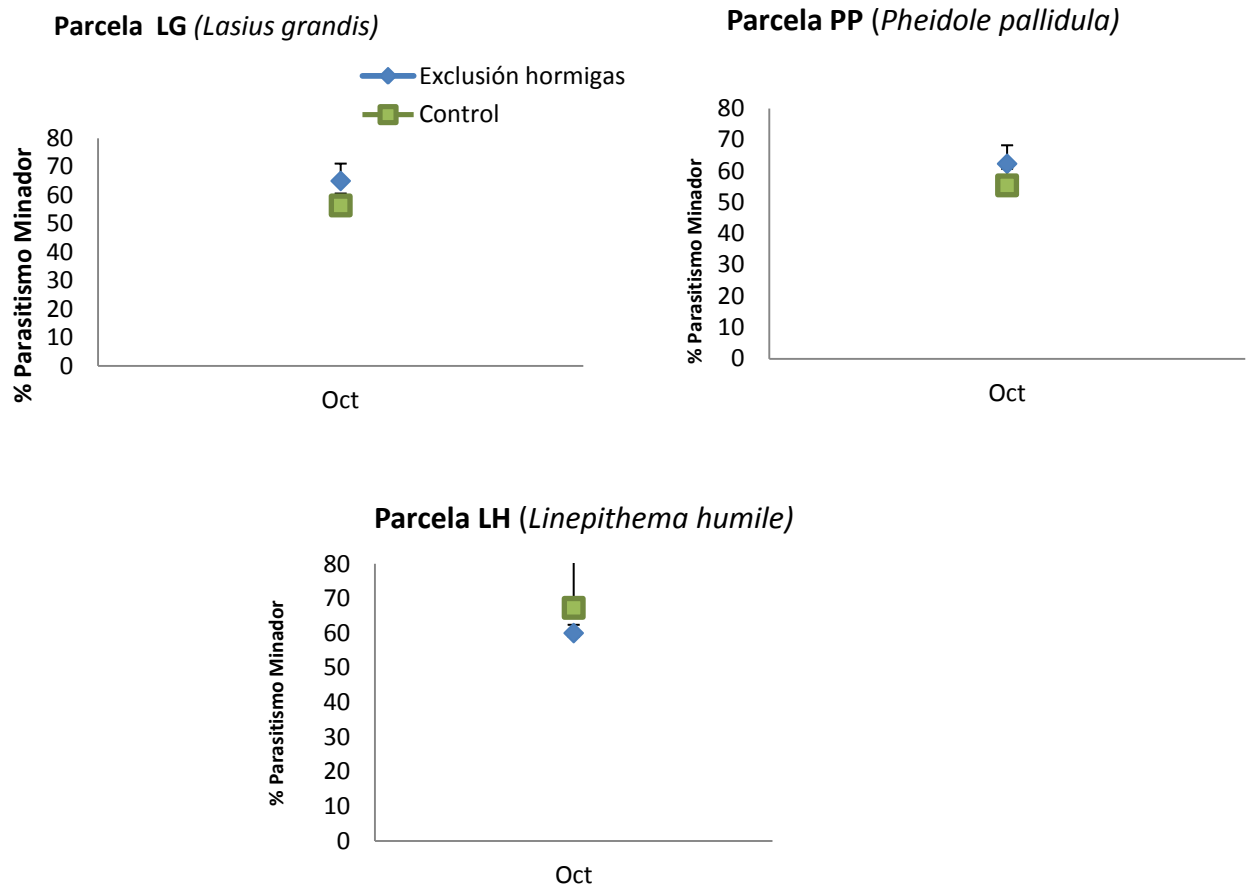


Fig. 9.- Porcentaje medio de parasitismo en *Phyllocnistis citrella*, el minador de los cítricos para el tratamientos de exclusión de hormigas y el tratamiento con hormigas en tres parcelas de cítricos cada uno de ellos con presencia de *Lasius grandis*, *Linepithema humile* y *Pheidole pallidula*. Las barras verticales indican el error estándar.

El porcentaje de parasitismo de de *Phyllocnistis citrella* causado por *Citrostichus phyllocnistoides* fue significativamente mayor para el tratamiento de exclusión de hormigas en la parcela LG (*Lasius grandis*), mientras que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en las parcelas PP y LH. No se encontraron diferencias significativas tampoco entre los tratamientos para ninguna de las especies de hormigas al comparar cada fecha de muestreo por separado (Fig. 9) (Tabla 2).



DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

El piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*) está considerada como una de las peores plagas de los cítricos, especialmente en los países cuya producción va al mercado de fruta fresca, ya que los escudos deprecian la fruta visualmente.

Nuestros resultados mostraron que la infestación de fruta causada por el piojo rojo de California fue mayor en el tratamiento donde se permitía el acceso de las hormigas a los árboles en las tres parcelas estudiadas. Estos resultados se corresponden también con otros estudios realizados anteriormente, los cuales mostraron que las hormigas pueden inducir aumentos de poblaciones de piojo rojo de California en frutos (De Bach *et al.*, 1951; Steyn, 1954; Moreno *et al.*, 1987; James, 1997; Pekas *et al.*, 2010a). El piojo rojo de California no produce melaza, con lo que no es atendido por las hormigas. De esta manera, el aumento de la población de piojo rojo de California inducida por las hormigas se considera como un efecto indirecto ya que las hormigas interrumpen el control biológico del piojo rojo cuando se encuentran accidentalmente con los enemigos naturales de éste mientras se alimentan en las copas de los árboles o mientras atienden a otros insectos productores de melaza (Steyn, 1954; Samways *et al.*, 1982; Murdoch *et al.*, 1995; Dao *et al.*, 2014).

En la mayoría de los estudios mencionados anteriormente, la hormiga que mayoritariamente interfiere en el control biológico es la hormiga argentina *Linepithema humile*, conocida como una especie agresiva y perturbadora para el control biológico (Holway *et al.*, 2002). En nuestro estudio comprobamos que esta especie era mucho más abundante que las especies nativas y además que era activa durante todo el año, coincidiendo este resultado con Monzó *et al.*, (2013), quien también encontró a *L. humile* activa en todas las temporadas en la misma zona de cultivo de cítricos. En general, las hormigas invasoras suelen estar fuertemente atraídas por la melaza de los hemípteros siendo más agresivas que las especies de hormigas nativas (Styrsky y Eubanks, 2007). Teniendo en cuenta estas características es de esperar que *L. humile* indujera mayores poblaciones de piojo rojo en frutos en comparación con las hormigas nativas.

Las especies de hormigas nativas también pueden diferir en su capacidad de perturbación del control biológico ya que generalmente se relaciona con su agresividad y territorialidad (Buckley y Gullan, 1991; Kaneko, 2003; Mgcheke y Addison, 2009). No podemos sacar conclusiones definitivas si las especies nativas o invasivas afectan a los herbívoros de manera diferente, sin embargo, el aumento de la población de herbívoros en la parcela LH, dominada por la hormiga invasora *L. humile*, no fue mayor, sino similar o incluso menor en algunos casos en las parcelas PP y LG donde son predominantes las especies nativas *P. pallidula* y *L. grandis*. Sobre este hecho hay que tener en cuenta que *L. grandis* y *P. pallidula* son especies dominantes en sus áreas nativas (Pekas *et al.*, 2011; Arnan *et al.*, 2012) y muestran un comportamiento agresivo también (Seifert, 1992; Retana y Cerdá, 1994; Katayama y Suzuki, 2003).

La infestación de piojo rojo de California en ramas fue similar en los dos tratamientos, con presencia de hormigas y el control. Las evaluaciones de las densidades de población de piojo rojo de California en ramas se realizaron visualmente sin determinar si los escudos estaban vivos o eran escudos muertos pertenecientes a generaciones anteriores. Este hecho podría haber enmascarado el efecto real de la exclusión de hormigas en la población de piojo rojo en ramas. Coincidiendo con nuestros resultados, Moreno *et al.* (1987) no reportaron diferencias en la infestación de piojo rojo en ramas entre árboles con exclusión de hormigas y árboles control, mientras que si que hallaron diferencias significativas en los frutos. Estos resultados se atribuyen al hecho de que el parasitoide *A. melinus* concentra su actividad en la periferia de los árboles, donde se encuentran la mayoría de frutos.

No se observaron diferencias significativas en el porcentaje de hoja dañada por *P. citrella* en los árboles entre los dos tratamientos, con hormigas y sin hormigas en las tres parcelas estudiadas. Urbaneja *et al.*, (2004) llevaron a cabo un estudio de exclusión de hormigas para determinar el impacto de *Lasius niger* (Latreille) sobre *P. citrella* y observaron diferencias en el número de *P. citrella* en las hojas entre el tratamientos donde se permitía a las hormigas subir a la copa de los árboles y el tratamiento con exclusión de hormigas.

P. citrella no produce melaza y se desarrolla, además, en las hojas jóvenes y tiernas (García-Marí y Granada, 2002), donde por lo general no se encuentran otros hemípteros que sí producen melaza. Por lo tanto, aunque la hormiga tejedora arbórea y altamente agresiva *Oecophylla* se ha reportado como agente de control biológico eficiente del minador de los cítricos en Vietnam (VanMele & Cuc, 2000), la actividad de las especies de hormigas en nuestro estudio, aparentemente, no está afectando a las poblaciones de minadores de hojas de cítricos, directa o indirectamente.

La mosca blanca algodonosa, *A. floccosus*, como otros muchos hemípteros productores de melaza, es atendida por las hormigas en las hojas de los cítricos (Moreno *et al.*, 1987, Pekas, *et al.*, 2011). De hecho, Moreno *et al.* (1987) reportaron densidades de mosca blanca más bajas en los árboles cítricos cuando *L. humile* estaba presente en la copa de los árboles. De acuerdo con nuestro resultados, el porcentaje de brotes ocupados por *A. floccosus* fue significativamente menor en el tratamiento de exclusión de hormigas en la parcela PP y LH dominadas por *P. pallidula* y *L. humile* respectivamente, mientras que no se encontraron diferencias en la parcela LG, dominada por *L. grandis*. Dado que *A. floccosus* era atendido directamente por las hormigas, se esperaba que el resultado de la interacción entre la mosca blanca y las especies de hormigas de nuestro estudio fuera influenciado por el patrón de actividad estacional de este último.

La actividad de *L. grandis* de ascender a la copa de los árboles alcanzó su punto máximo en primavera y disminuyó en julio, un periodo en el que las poblaciones de *A. floccosus* comienzan a aumentar (García-Marí, 2012). Por otro lado, *P. pallidula* y *L. humile* estaban activos durante todo el verano y otoño, los meses de mayor incidencia de *A. floccosus* en el campo. De hecho, en la parcela LH, donde *L. humile* fue predominante y exhibió una alta actividad en la mayor parte del año, encontramos mayor infestaciones de *A. floccosus* en los árboles donde estaban permitido el acceso a las hormigas en todas las fechas de muestreos.

Curiosamente, para el caso de *P. pallidula*, las infestaciones de *A. floccosus* en los árboles donde había hormigas solo se registraron en las fechas de muestreo con pico de actividad de las hormigas (septiembre y octubre).

En cuanto al parasitismo, estudios previos que examinaron el impacto de las hormigas en las poblaciones de hemípteros productores de melaza, registraron tasas de parasitismo más bajas en las plantas con presencia de hormigas que en las que se habían excluido las hormigas (DeBach *et al.*, 1951; Barlett, 1961; Itioka y Inoue, 1996b, 1999). Por otra parte, en el caso de los hemípteros no productores de melaza, varios estudios mostraron que las hormigas pueden perturbar la actividad de sus parasitoides (DeBach *et al.*, 1951; Flanders, 1958; Murdoch *et al.*, 1995; Heimpel *et al.*, 1997a; Martínez Ferrer *et al.*, 2003).

Recientemente, un estudio llevado a cabo en los cítricos de Australia reveló que el parasitismo del piojo rojo de California por *Encarsia perniciosi* (Tower) y *Encarsia citrina* Craw (Hymenoptera: Aphelinidae) fue severamente reducida en presencia de la hormiga *Iridomyrmex rufoniger* (Lowne) (Dao *et al.*, 2014). En nuestro estudio, sin embargo, rara vez encontramos diferencias significativas en el porcentaje de parasitismo entre los dos tratamientos, con hormigas y sin hormigas, ya sea en los hemípteros productores de melaza como en los que no producen melaza.

Estos resultados fueron coincidentes en las tres parcelas estudiadas, cada una de ellas con una especie de hormiga diferente predominante. Solo en el caso del piojo rojo de California en frutos se encontró niveles de parasitismo más bajos en los árboles con hormigas en la parcela LH (con *L. humile*), aunque esta reducción sólo se acercó a la significación estadística. De la misma manera, (Pekas *et al.*, 2010a) reportaron diferencias en el parasitismo del piojo rojo de California en las frutas entre los tratamientos de exclusión de hormigas y acceso a hormigas a pesar de que un mayor número de piojo rojo de California se registró en los frutos de los árboles donde las hormigas *L. grandis* y *P. pallidula* tenían acceso. Murdoch *et al.* (1995) demostraron, que la exclusión de *L. humile* no afectó al parasitismo del piojo rojo de California en los frutos tomados en la parte exterior de los árboles, mientras que sí encontraron diferencias en los frutos de la parte interior, argumentando que las hormigas rara vez se ven en el exterior de los árboles. Urbaneja *et al.* (2004) no mostraron diferencias en el porcentaje de parasitismo de *P. citrella* entre los tratamientos de hormigas excluidas y permitidas. Por último, en relación con *A. floccosus*, a nuestro conocimiento no hay estudios previos que investigaron el efecto de las hormigas en el parasitismo de esta especie.

Por lo tanto, al parecer, las especies de parasitoides que participan en nuestro estudio no se ven afectadas por la presencia de hormigas. Sin embargo, podríamos haber fracasado en detectar diferencias en el porcentaje de parasitismo entre los tratamientos debido al hecho de que el impacto de los parasitoides en las poblaciones de huéspedes debe ser determinada en una escala de tiempo generacional (Driesche, 1983). Esto se debe a que, en función de la sincronización entre parasitoides y las poblaciones de huéspedes, la contribución de la primera a la mortalidad de la población puede ser sobreestimada o subestimada. Por otra parte, otras fuentes importantes de mortalidad inducidas por parasitoides como la alimentación principal o de sondeo deben ser considerados al determinar el porcentaje de parasitismo (Kidd y Jervis, 1996). Especialmente en el caso de *A. melinus*, la

mortalidad causada al piojo rojo de California a través de la alimentación es casi igual que la mortalidad debida al parasitismo. (Rosen y DeBach, 1979).

Por otra parte, distintos factores de parasitismo que no han sido evaluados en nuestro estudio pueden haber contribuido al aumento de las poblaciones de *A. aurantii* y *A. floccosus* en presencia de hormigas. Por ejemplo, la depredación es un factor importante de mortalidad que, sin embargo, es difícil de evaluar con precisión en el campo. Piñol *et al.*, (2012a) durante un experimento a largo plazo de exclusión de hormigas en los cítricos de Cataluña, mostró que las hormigas tenían un efecto negativo en la abundancia de varios grupos de depredadores. En cítricos en Australia, Dao *et al.*, (2014) han demostrado recientemente, que la depredación de *A. aurantii* por escarabajos coccinélidos se incrementó significativamente cuando se excluyó la hormiga *I. rufoniger*. Bach (1991) informó de tasas de mortalidad más bajas de la cochinilla verde *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) en presencia de las hormigas no solo por parasitismo, sino también por otras causas no determinadas. Curiosamente, varios estudios han informado de comportamientos de hormigas agresivas contra depredadores tales como coccinélidos, neurópteros o dípteros (Barlett, 1961; DeBach y Rosen, 1991; Itioka y Inoue, 1996a, 1999; Katayama y Suzuki, 20032; Piñol y Espadaler, 2010). Vanek y Potter, (2010) informaron de que la exclusión de la hormiga *Formica subsericea* Say condujo a una reducción de las densidades de la cochinilla *Eulecanium cerasorum* (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae) por aumento de la depredación por *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister) (Neuroptera: Chrysopidae), mientras que en el parasitismo de los adultos de las cochinillas fue similar entre los árboles tratados y el control. En otro experimento de campo con exclusión de hormigas versus exclusión de depredadores (McPhee *et al.*, 2012) se demostró que *Myrmica rubra* (L.) indujo mayor abundancia en áfidos por reducir el impacto de *Chrysoperla carnea* (Stephens). Observaciones preliminares en las mismas tres parcelas de nuestro estudio muestran menor abundancia de depredadores potenciales de *A. aurantii* y *A. floccosus*, como crisopas verde en los tratamientos con presencia de hormigas (Calabuig *et al.*, datos no publicados), lo que podría explicar los resultados obtenidos en el presente estudio.

Un posible inconveniente de la utilización de barreras pegajosas para la exclusión de hormigas, es que implica la posibilidad de exclusión, además de las hormigas, de otros depredadores no voladores como las tijeretas, o el insecto-hormiga *Phylophorus sp.* (Heteroptera: Miridae), depredadores en potencia de herbívoros en la copa de los árboles (Piñol *et al.*, 2012b; Romeu-Dalmau, 2012). En nuestro estudio, sin embargo, no se observaron tijeretas en los troncos cerca de las zonas de exclusión y solamente unos pocos *Phylophorus sp.* se obtuvieron en muestreos sobre los árboles con acceso a las hormigas en un estudio paralelo (Calabuig *et al.*, datos no publicados). Por otra parte, no tenemos conocimiento de estudios que informen sobre las tijeras o *Phylophorus sp.* cazando sobre *A. aurantii*, *A. floccosus* o *P. citrella*.

Las barreras adhesivas utilizadas en el presente estudio demostraron ser eficientes en la exclusión de hormigas de las copas de los árboles; sin embargo, este método podría sufrir inconvenientes prácticos, como por ejemplo, mayor carga de trabajo si se aplicasen a huertos comerciales. Métodos alternativos y ambientales basados en la manipulación de la interacción entre hemípteros y hormigas (Nagy *et al.*, 2013) o la utilización de productos semi-químicos

empleados para interrumpir la actividad de las hormigas (Suckling *et al.*, 2010) parecen prometedores.

En cuanto al mecanismo subyacente, el parasitismo por si solo no puede explicar las diferencias en los niveles de población de los herbívoros observados entre los dos tratamientos en nuestro estudio. Otros factores, como el impacto de las hormigas en los depredadores (James *et al.*, 1999; Piñol y Espadaler, 2010) o la alimentación de los parasitoides son importantes y deben investigarse más a fondo.



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Se registraron poblaciones más altas de *A. aurantii* en las frutas en los árboles con la presencia de las tres hormigas *L. grandis*, *P. pallidula* y *L. humile*.

En cuanto a la mosca blanca algodonosa *A. floccosus*, se registraron las poblaciones más altas en presencia de hormigas en las parcelas de *P. Pallidula* y *L. humile*.

No se detectaron efectos de las hormigas en las poblaciones de *P. citrella* para ninguna de las tres parcelas estudiadas.

En general, el aumento de la infestación de herbívoros en la parcela dominada por la invasiva y mucho más activa *L. humile*, no eran más altos, sino similar o incluso menor en algunos casos que en las parcelas donde *P. pallidula* y *L. grandis* predominaban. Por lo tanto, independientemente de la especie presente, las hormigas tienen el potencial de aumentar los niveles de infestación de insectos productores de melaza y los no productores de melaza en los cítricos.

No encontramos diferencias significativas en el porcentaje de parasitismo entre los dos tratamientos, con hormigas y sin hormigas, ya sea en los hemípteros productores de melaza como en los que no producen melaza.

El parasitismo por sí solo no parece explicar las diferencias en los niveles de población de los herbívoros observados entre los dos tratamientos en nuestro estudio.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvis, L. 2003.- Identification y abundancia de artrópodos depredadores en los cultivos de cítricos Valencianos. Tesis Doctoral, ETSIA, Universidad Politécnica de Valencia. 189 pp.

Annecke, D. P. 1959.- The effect of parthion and ants on *Coccus hesperidum* L. (Coccidae; Hemiptera) and its natural enemies. *Journal of the Entomological Society of Africa* 22(1):245-74.

Arnan, X., Cerdá, X. & Retana, J. 2012.- Distinctive life traits and distribution along environmental gradients of dominant and subordinate Mediterranean ant species. *Oecologia*, 170(2), 489–500.

Bach, C.E. 1991.- Direct and indirect interactions between ants (*Pheidole megacephala*), scales (*Coccus viridis*) and plants (*Pluchea indica*). *Oecologia*, 87, 233–239.

Bartlett, B. 1961.- The influence of ants upon parasites, predators, and scale insects. *Annals of the Entomological Society of America*, 54(4), 543-551.

Bess, H. A. 1958.- The green scale, *Coccus viridis* (Green) (Homoptera; Coccidae), and ants. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*. 16 (3): 349-55.

Bristow, C. M. 1984.- Differential benefits from ant attendance to two species of Homoptera on New York ironweed. *Journal of Animal Ecology*, 53: 715-726.

Buckley, R.C. 1987. - Interactions involving plants, Homoptera and ants. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 18: 111-135.

Buckley, R. & Gullan, P. 1991.- More aggressive ant species (Hymenoptera: Formicidae) provide better protection for soft scales and mealybugs (Homoptera: Coccidae, Pseudococcidae). *Biotropica*, 23(3): 282–286.

Cerdá, X., Palacios, R., Retana, J. 2009.- Ant community structure in citrus orchards in the Mediterranean Basin: Impoverishment as a consequence of habitat homogeneity. *Environmental Entomology* 38: 317-324.

Daane, K.M., Sime, K.R., Fallon, J & Cooper, M.L. 2007.- Impacts of Argentine ants on mealybugs and their natural enemies in California's coastal vineyards. *Ecological Entomology*, 32(6): 583-596.

Dao, H.T., Meats, A., Beattie, G.A.C. & Spooner-Hart, R. 2014.- Ant-coccid mutualism in citrus canopies and its effect on natural enemies of red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae). *Bulletin of Entomological Research*, 104(2): 137–42.

DeBach, P., Fleschner, C. & Dietrick, E. 1951.- A biological check method for evaluating the effectiveness of entomophagous insects. *Journal of Economic Entomology*, 44(5): 763–765

- DeBach, P. 1954.-** Relative efficacy of the red scale parasites *Aphytis chrysomphali* Mercet and *Aphytis* "A" on citrus trees in southern California. Bolletino del Laboratorio di Zoologia. Agraria Portici, 33: 135-51.
- DeBach, P. 1975.-** Biological Control of Insect Pests and Weeds (ChapmanBeddington, J. R., Free, C. A. & Lawton, J. H. Nature 255: 58–60 .
- DeBach y Rosen, 1991.-** Biological control by natural enemies. Second edition. Cambridge University Press. 440 pp.
- Driesche, R. Van. 1983.-** Meaning of "percent parasitism" in studies of insect parasitoids. *Environmental Entomology*, 12(6):1611–1622.
- Flanders, S.E. 1945.-** Coincident infestations of *Aonidiella citrina* and *Coccus hesperidum*, a result of ant activity. *Journal of Economic Entomology*, 38: 711-712.
- Flanders, S. 1958.-** The role of the ant in the biological control of scale insects in California. *Proceeding of the International Entomological Congress of Montreal*, 4: 579–584.
- Flatt, T. and Weisser, W.W. 2000.-** The effects of mutualistic ants on aphids life history traits. *Ecology*, 81: 3522-3529.
- Font de Mora, R. 1923.-** Sobre la presencia de la hormiga argentina (*Iridomyrmex humilis*) en Valencia. *Boletín de la Real Sociedad española de Historia natural*, 23: 77-78.
- Garcia-Marí, F. 2012.-** Plagas de los cítricos. Gestión integrada en países de clima mediterráneo. Phytoma (Ed), Valencia.
- Garcia-Marí, F. & Granda, C. 2002.-** Impact of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) on leaf area development and yield of mature citrus trees in the Mediterranean area. *Journal of Economic Entomology*, 95(5): 966–974.
- García Mercet, R. 1923.-** Sobre la *Icerya purchasi* y la hormiga Argentina (*Iridomyrmex humilis* Mayr) en Valencia. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 23: 14-15.
- Haney, P.B., Luck, R.F. y Moreno, D.S. 1987.-** Increases in densities of the citrus red mite, *Panonychus citri* [Acarina: Tetranychidae], in association with the Argentine ant, *Iridomyrmex humilis* [Hymenoptera: Formicidae], in Southern California citrus. *Entomophaga*, 32 (1): 49-57.
- Hanks, L. M. and Sadof, C.S. 1990.-** The effect of ants on nymphal survivorship of *Coccus viridis* (Homoptera: Coccidae). *Biotropica*, 22: 210-213.
- Heimpel, G., Rosenheim, J. & Mangel, M. 1997a.-** Predation on adult *Aphytis* parasitoids in the field. *Oecologia*, 110(3): 346–352.
- Holway, D.A., Lach, L., Suarez, A.V., Tsutsui, N.D. & Case, T.J. 2002.-** The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33(1): 181–233.

Itioka, T. & Inoue, T. 1996a.- The role of predators and attendant ants in the regulation and persistence of a population of the citrus mealybug *Pseudococcus citriculus* in a Satsuma orange orchard. *Applied Entomology and Zoology*, 31(2): 195–202.

Itioka, T. & Inoue, T. 1996b.- The consequences of ant-attendance to the biological control of the red wax scale insect *Ceroplastes rubens* by *Anicetus beneficus*. *Journal of Applied Ecology*, 33: 609-618.

Itioka, T. & Inoue, T. 1999.- The alternation of mutualistic ant species affects the population growth of their trophobiont mealybug. *Ecography*, 22(2): 169–177.

James, D. 1997.- The impact of foraging ants on populations of *Coccus hesperidum* L.(Hem., Coccidae) and *Aonidiella aurantii* (Maskell)(Hem., Diaspididae) in an Australian citrus grove. *Journal of Applied Entomology*, 121(1-5): 257–259.

James, D., Stevens, M. & O'Malley, K. 1997.- The impact of foraging ants on populations of *Coccus hesperidum* L. (Hemiptera: Coccidae) and *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) in an Australian citrus grove. *Journal of Applied Entomology*, 121(1-5): 257-259.

James, D.G., Stevens, M.M., O'Malley, K.J. and Faulder, R.J. 1999.- Ant foraging reduces the abundance of beneficial and incidental arthropods in citrus canopies. *Biological Control* 14: 121-126.

Kaneko, S. 2003.- Different impacts of two species of aphid-attending ants with different aggressiveness on the number of emerging adults of the aphid's primary parasitoid and hyperparasitoids. *Ecological Research*, 18(2): 199–212.

Katayama, N. & Suzuki, N. 2003.- Bodyguard effects for aphids of *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) as related to the activity of two ant species, *Tetramorium caespitum* Linnaeus (Hymenoptera: Formicidae) and *Lasius niger* L. *Applied entomology and zoology*, 38(3): 427–433.

Kidd, N. & Jervis, M.A. 1996.- Population dynamics in Insect natural enemies. Practical approaches to their study and evaluation. (ed. Jervis, M.A. & Kidd, N.A.C.). Chapman & Hall, London, UK, pp: 316–317

Liotta, G. 1963.- *La Plagiolepis pygmaea* Latr. (Hymenoptera: Formicidae). Instituto di Entomologia Agraria dell'Università degli Studi. Palermo. 43pp.

McPhee, K., Garnas, J., Drummond, F. & Groden, E. 2012.- Homopterans and an invasive red ant, *Myrmica rubra* (L.), in Maine. *Environmental entomology*, 41(1): 59–71.

Martínez-Ferrer, M.T.E., Grafton-Gardwell, E.E., Shorey, H.H. 2003.- Disruption of parasitism of the California red scale (Homoptera: Diaspididae) by three ant species (Hymenoptera: Formicidae). *Biological Control*, 26: 279-286.

- Mgocheki, N. and Addison, P. 2009.-** Interference of ants (Hymenoptera: Formicidae) with biological control of the vine mealybugs *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biological Control*, 49: 180-185.
- Monzó, C., Juan-Blasco, M. & Pekár, S. 2013.-** Pre-adaptive shift of a native predator (Araneae, Zodariidae) to an abundant invasive ant species (Hymenoptera, Formicidae). *Biological Invasions*, 15(1): 89–100.
- Moreno, D., Haney, P. & Luck, R. 1987.-** Chlorpyrifos and Diazinon as barriers to Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) foraging on citrus trees. *Journal of Economic Entomology*, 80(1): 208-214.
- Murdoch, W., Luck, R., Swarbrick, S. & Walde, S. 1995.-** Regulation of an insect population under biological control. *Ecology*, 76(1): 206–217.
- Panis, A. 1981.-** Action des fourmis sur la biocénose parasitaire de la cochenille noire des agrumes en France (Homoptera, Coccoidea, Coccidae). *Fruits*, 36: 47-48.
- Pekas, A., Aguilar, A., García-Marí, F., Tena, A. 2009a.-** Pautas de actividad y fuentes de alimentación de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en la copa de los árboles de cítricos. *Premio SEEA, Phytoma España*, (214):18-22.
- Pekas, A., Tena, A., Aguilar, A., García-Marí, F. 2009b.-** Actividad diaria, estacional y fuentes de alimentación de las principales hormigas presentes en las copas de los cítricos Valencianos. *Levante Agrícola*, 395: 141-146.
- Pekas, A., Tena, A., Aguilar, A., García-Marí, F. 2009c.-** Efecto de las hormigas sobre el piojo rojo de California en los cítricos valencianos. *Levante Agrícola*, 4º Trim: 364-368.
- Pekas, A., Tena, A., Aguilar, A. & García-Marí, F. 2010a.-** Effect of Mediterranean ants (Hymenoptera: Formicidae) on California red scale (Hemiptera: Diaspididae) populations in citrus orchards. *Environmental Entomology*, 39(3): 827–34.
- Pekas, A., Aguilar, A., Tena, A. & García-Marí, F. 2010b.-** Influence of host size on parasitism by *Aphytis chrysomphali* and *A. melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) in Mediterranean populations of California red scale *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae). *Biological Control*, 55(2): 132–140
- Pekas, A., Tena, A., Aguilar, A. & García-Marí, F. 2011.-** Spatio-temporal patterns and interactions with honeydew-producing Hemiptera of ants in a Mediterranean citrus orchard. *Agricultural and Forest Entomology*, 13(1): 89–97.
- Piñol, J. & Espadaler, X. 2010.-** Ant versus bird exclusion effects on the arthropod assemblage of an organic citrus grove. *Ecological Entomology*, 35(3): 367–376.
- Piñol, J., Espadaler, X. & Cañellas, N. 2012a.-** Eight years of ant-exclusion from citrus canopies: effects on the arthropod assemblage and on fruit yield. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(1): 49–57.

- Piñol, J., Ribes, E., Ribes, J. & Espadaler, X. 2012b.**- Long-term changes and ant-exclusion effects on the true bugs (Hemiptera: Heteroptera) of an organic citrus grove. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 158: 127–131.
- Retana, J. & Cerdá, X. 2000.**- Patterns of diversity and composition of Mediterranean ground ant communities tracking spatial and temporal variability in the thermal environment. *Oecologia*, 123(3), 436–444.
- Romeu-Dalmau, C. 2012.**- Abundance, interannual variation and potential pest predator role of two co-occurring earwig species in citrus canopies. *Journal of Applied Entomology*, 136(7): 501–509.
- Rosen, D. 1967.**- On the relationships between ants and parasites of coccids and aphids on citrus. *Beitraege Entomology*, pp: 281-286.
- Rosen, D. & DeBach, P. 1979.**- Species of *Aphytis* of the world (Hymenoptera: Aphelinidae). Dr. W. Junk BV Publishers, The Hague.
- Sanways, M.J. 1981.** - Comparison of ant commuty structure (hymenopter: Formicidae) in citrus orchards under chemical and biological control of red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae). *Bulletin of Entomology Reserarch*, 71: 663-670.
- Samways, M.J., Nel, M. & Prins, A. 1982.**- Ants (Hymenoptera: Formicidae) foraging in citrus trees and attending honeydew-producing Homoptera. *Phytophylactica*, 14: 155–157.
- Skinner, J.G. y Whittaker J.B. 1981.**- Interactions between woods and ants and three herbivores. *Journal of Animal Ecology*, 50: 313-326.
- Seifert, B. 1992.**- A taxonomic revision of the Palaearctic members of the ant subgenus *Lasius* s. str.(Hymenoptera, Formicidae). *Abhandlungen und Berichte des naturk unde museums*, 65(5): 1–66.
- Steyn, J. 1954.**- The effect of the Cosmopolitan Brown house ant (*Pheidole megaecphala* F.) on Citrus Red Scale (*Aonidiella aurantii* Mask) at Letaba. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 17(2): 252-264.
- Styrsky, J.D. & Eubanks, M. 2007.**- Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274 (1607): 151–64
- Suckling, D., Peck, R. & Stringer, L. 2010.**- Trail pheromone disruption of Argentine ant trail formation and foraging. *Journal of Chemical Ecology*, 36(1): 122–128
- Tumminelli,R., Saraceno, F., Raciti, E. & Schilirò, E. 1996.** - *Impact* of ants (Hymenoptera:Formicidae)on soje citrus pest in Eastern Sicily. *Processing of International Society of Citriculture*, 1: 642-648.
- Urbaneja, A., Muñoz, A., Garrido, A. & Jacas, J. 2004.** - Which role do lacewings and ants play as predators of the citrus leafminer in Spain. *Spanish Journal of Agricultura*, 2: 377–384.

Urbaneja, A., García-Marí, F., Tortosa, D., Navarro, C. Vanaclocha, P. Bargues, P. & Castañera, P. 2006.- Influence of ground predators on the survival of the Mediterranean fruit fly pupae, *Ceratitis capitata*, in Spanish citrus orchards. *Biocontrol* 51: 611-626.

Vanaclocha, P., Monzó, C., Gómez, K., Tortosa, D., Pina, T., Castañera, P. & Urbaneja, A. 2005.- Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) presentes en el suelo de los cítricos de la provincia de Valencia. *Phytoma España: La Revista Profesional de Sanidad Vegetal* (171): 14-25.

Vanek, S.J. & Potter, D.A. 2010.- Ant-exclusion to promote biological control of soft scales (Hemiptera: Coccidae) on woody landscape plants. *Environmental Entomology*, 39(6): 1829–37.

VanMele, P. & Cuc, N. 2000.- Evolution and status of *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) as a pest control agent in citrus in the Mekong Delta, Vietnam. *International Journal of Pest Management*, 46(4): 295–301.

Van der Goot, P. 1916.- Verdere onderzoekingen omtrent de oeconomische beteekenis der gramang-mier. *Meded. Proeftstation Midden-Java* 22. 122pp. *Rev. Appl. Ent. (A)* 5: 273.

Way, M.J. 1954.- Studies on the association of the ant *Oecophylla longinoda* (Latr.) (Formicidae) with the scale insect *Saissetia zansibarensis* Williams (Coccidae). *Bulletin of Entomological Research*, 45: 113-34.

Way, M.J. 1963.- Mutualisms between ants and honeydew-producing Homoptera. *Annual Review of Entomology*, 8: 307–344.

Wong, T. T. Y., Mcinnis, D. D., Nishimoto, J. L., Ota, A. K., Chang, V. C. S., 1984.- Predation of the mediterranean fruit fly (Díptera: Tephritidae) by the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) in Hawaii *Journal of Economic Entomology*, 77(6): 1454-1438.