

~~I.P. 83/9~~

5/65

**UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS**

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
GRANADA
Nº Documento 613384041
Nº Copia 15551167



UNIVERSIDAD DE GRANADA
Facultad de Ciencias
Fecha 7/4/99
ENTRADA NUM. 1283

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL Y ECOLOGIA

**LAS HORMIGAS (HYMENOPTERA,
FORMICIDAE) EN EL AGROECOSISTEMA
DEL OLIVO EN GRANADA, ESPAÑA**

UNIVERSIDAD DE GRANADA

22 MAR. 1999

TESIS DOCTORAL

COMISION DE DOCTORADO

INES DEL CARMEN REDOLFI DE HUIZA

1999

**UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS**

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL Y ECOLOGIA

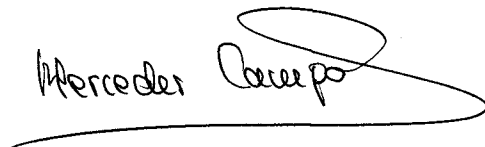
**LAS HORMIGAS (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) EN EL
AGROECOSISTEMA DEL OLIVO EN GRANADA, ESPAÑA**

MEMORIA PRESENTADA POR LA BIOLOGA Inés del Carmen Redolfi de
Huiza PARA OPTAR AL GRADO DE **DOCTOR EN CIENCIAS
BIOLOGICAS**



Tesis realizada en el Departamento de Agroecología y Protección Vegetal, de la Estación Experimental del Zaidín (C.S.I.C.), bajo la dirección de la Dra. Mercedes Campos Aranda, Investigador Científico del C.S.I.C. y del Dr. Alberto Tinaut Ranera, Profesor del Departamento de Biología Animal y Ecología de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Granada.

Vº Bº
EL DIRECTOR DE LA TESIS



DRA. MERCEDES CAMPOS A.
Investigador, C.S.I.C.

VºBº
EL DIRECTOR DE LA TESIS



DR. ALBERTO TINAUT R.
Prof. de la Univ. de Granada

**A mi esposo, Enrique Huiza Valverde
A nuestros hijos, Vanessa y Reynaldo**

A mi padre, Ignacio Redolfi (+, 1991)

AGRADECIMIENTOS

A mi Directora de Tesis, Dra. Mercedes Campos A., por haberme permitido trabajar en su laboratorio y proporcionarme la carta de aceptación por la cual se me otorgó una Beca Mutis de la AECl. Por sus enseñanzas sobre las plagas, la entomofauna auxiliar y el cultivo del olivo. Su iniciativa en esta línea de investigación con la Tesis de Tara Morris, fueron una apreciable guía para la realización de este trabajo. La excelencia en el orden y organización de su investigación, le permitieron disponer siempre de tiempo para atender mis consultas y corregir mis manuscritos.

A mi Director de Tesis, Profesor Dr. Alberto Tinaut R., por enseñarme a observar a las hormigas, su paciencia en la corrección de mis manuscritos y las largas horas de discusión de los resultados.

A mi tutor, Profesor Dr. Felipe Pascual T., por participar en la elaboración de mi Plan de Trabajo de Tesis y su apoyo en las gestiones ante la AECl.

Al Dr. Carlos Lozano, a la Dra. Aránzazu Peña y a la Licenciada Paqui Ruano, quienes con gran amabilidad atendieron mis consultas, especialmente de informática y/o estadística.

A Dña. Herminia Barroso por la colaboración diaria con mi trabajo de Tesis. Así también, por los cortos, pero agradables momentos de conversación al llegar por las mañanas al laboratorio.

A D. Antonio Melgar por su puntualidad en llevarme y recogerme del campo. Así también, a D. José Luis Díaz por reemplazar en algunas ocasiones a D. Antonio.

A D. Manuel Martínez por los trabajos de delineación.

A Dña. Ana María de la Fuente, quien estuvo siempre atenta a mis solicitudes de Bibliografía y préstamos de libros.

A Vanessa Huiza por las largas horas de cálculo de los Índices de Diversidad.

A los dueños y personal de las finas de Arenales y Colomera, quienes permitieron realizar mi trabajo en ellas.

A los numerosos autores de trabajos sobre Formicidae, quienes me remitieron bibliografía, cartas y tarjetas de saludos, desde diferentes lugares del mundo.

A los Departamentos de Nutrición Animal, Microscopía Electrónica y Ciencias de la tierra y química analítica por los análisis de la hoja del olivo y suelo de los olivares.

A la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), por conderme una Beca Mutis para realizar mis estudios de Doctorado.

A la Estación Experimental del Zaidín, así como al personal de la misma, por brindarme su apoyo para realizar mi trabajo de Tesis.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú), por concederme licencia en Comisión de Servicios por Capacitación para realizar mis estudios de Doctorado y a los profesores del Departamento de Biología por asumir mi carga Académica.

Deseo expresar mi agradecimiento a las personas que me brindaron su cariño y apoyo moral, lo cual fue decisivo para poder desarrollar mi trabajo:

Además de las ya mencionadas, a Dña. María Dolores Maroto y Paquita Cuadro, con quienes compartimos momentos de alegría a la hora del café.

A mi madre María, hermanas Ana María y Alicia, y familiares, los cuales con sus visitas, e-mail y tarjetas me hicieron más llevadera la tarea que me propuse.

A esos amigos de toda una vida: Antonietta, Miguel Angel, Betty, Olga, Juan, Rosma y Marguerite. Gracias por vuestros e-mails.

A mi esposo e hijos, a quienes dedico esta Tesis, por el sacrificio que representó la misma en nuestras vidas.



INDICE

<u>INTRODUCCION</u>	1
1-EL AGROECOSISTEMA DEL OLIVO	2
1.1-El olivo	2
1.1.1-Distribución y clasificación	2
1.1.2-Morfología de la planta	4
1.1.3-Ciclo anual de la planta	6
1.2-Biocenosis del olivar	6
1.2.1-Riqueza de organismos	7
1.2.2-Las plagas	7
1.2.3-Especies plaga clave	8
1.2.3.1-La mosca del olivo	8
1.2.3.2-La polilla del olivo	9
1.2.3.3-La cochinilla de la tizne	11
1.3-Factores abióticos	12
1.3.1-El suelo	12
1.3.2-El clima	13
1.4-Manejo del cultivo	14
1.4.1-Sistemas olivícolas	14
1.4.2-La superficie del suelo	15
1.4.3-Riego y fertilización	17
1.4.4-La poda	18
1.4.5-La recolección del fruto	19
1.4.6-Control de plagas	19
1.5-Economía	21
2-LOS FORMICIDAE	23
2.1-Aspectos generales	23
2.2- Los Formicidae en el olivar	25
3-OBJETIVOS DEL TRABAJO	26
<u>MATERIALES Y METODOS</u>	27
1-LA ZONA DE ESTUDIO	28

1.1-Ubicación y vegetación potencial	28
1.2-Variedad de olivo	29
1.3-Factores abióticos	29
1.4-Características de los tres olivares muestreados	30
2-DATOS CLIMATOLOGICOS	31
2.1-Macroclima	31
2.2-Microclima	31
3-INVENTARIO DE LOS FORMICIDAE Y DISTRIBUCION DE LOS HORMIGUEROS	35
4-ELEMENTOS DE LA BIOCENOSIS DEL OLIVAR QUE COEXISTEN CON LAS HORMIGAS	36
4.1-La artropodofauna	36
4.2-Los principales fitófagos	37
4.3-Los vertebrados	37
4.4-La cubierta vegetal del suelo	38
5-LA ACTIVIDAD E INTERACCIONES TROFICAS DE LOS FORMICIDAE	38
5.1-Actividad e interacciones tróficas de la mirmecocenosis del olivar	38
5.2-Actividad de <i>T. nigerrimum</i> y <i>C. scutellaris</i>	38
5.2.1-En campo	38
5.2.2-En laboratorio	39
5.2.2.1-Cría en laboratorio de <i>T. nigerrimum</i> y <i>C. scutellaris</i>	40
5.2.2.2-La actividad de las dos especies	40
5.3-Régimen alimenticio de <i>T. nigerrimum</i> y <i>C. scutellaris</i>	41
5.3.1-En campo	42
5.3.2-En laboratorio	42
5.4-Interacción hormiga-planta	43
6-ANALISIS ESTADISTICO	44

<u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	45
1-DIVERSIDAD Y DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES DE FORMICIDAE EN EL OLIVAR	46
1.1-Riqueza de especies	46
1.2-Presencia de las diferentes especies en los puntos de muestreo	53
1.2.1-Número de nidos y especies en el suelo bajo la copa del árbol	53
1.2.2-Número de nidos y especies en las calles	58
1.2.3-Número de nidos y especies en el árbol	62
1.2.4-Número de pistas y especies en el tronco del árbol	64
1.2.5-Número de individuos y especies en la copa del árbol	66
1.3-Diversidad de especies en los tres olivares	69
1.4-Distribución de los nidos en el suelo	71
1.5-Distribución de las hormigas en la copa de los árboles	83
2-ELEMENTOS DE LA BIOCENOSIS DEL OLIVAR QUE COEXISTEN CON LOS FORMICIDAE	86
2.1-La artropodofauna	86
2.1.1-En la copa del árbol	86
2.1.2-En el suelo	88
2.2-Principales insectos fitófagos	88
2.3-Los vertebrados	93
2.4-La cubierta vegetal del suelo	94
3-LA ACTIVIDAD E INTERACCIONES TROFICAS DE LOS FORMICIDAE	94
3.1-Actividad e interacciones tróficas de la mirmecocenosis del olivar	94
3.2-Actividad de <i>T. nigerrimum</i> y <i>C. scutellaris</i>	97
3.2.1-En campo	97

3.2.1.1-Distribución de los hormigueros y pistas de <i>T. nigerrimum</i> y <i>C. scutellaris</i>	97
3.2.1.2-Actividad en las pistas por el tronco del árbol	98
3.2.2-En laboratorio	104
3.3-Régimen alimenticio de <i>T. nigerrimum</i> y <i>C. scutellaris</i>	104
3.3.1-En campo	104
3.3.2-En laboratorio	110
3.4-Interacción hormiga-planta	112
<u>CONCLUSIONES</u>	115
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	118
<u>APENDICES</u>	131

Las hormigas (Hymenoptera, Formicidae) en el agroecosistema del olivo en Granada, España.

RESUMEN

España es el país con la mayor superficie olivarera en el mundo, con 207 726 000 árboles de olivo en 2 140 000 Ha. Así también, ocupa el primer lugar en la producción y exportación de aceite de oliva y aceituna de mesa (Porrás, 1995).

Entre los distintos factores de producción, tienen una alta importancia los problemas fitosanitarios. Según estimaciones, la media ponderada de pérdidas, en cinco años (1969-1979), debida a las plagas y enfermedades, fueron del 62.63% de la producción potencial nacional (Guerrero, 1991). Por esta razón, se han realizado numerosas investigaciones sobre los fitófagos y la entomofauna auxiliar existente en este cultivo. Sin embargo, hasta el presente no se ha estudiado el papel que cumplen las hormigas en el olivar, siendo citadas por Paparatti (1986) como un factor de importancia en la interacción con los cóccidos, y más recientemente, Morris (1997) determinó que las hormigas cumplen un importante papel en el control biológico de la "polilla del olivo", *Prays oleae* Bern. y recomienda profundizar los estudios sobre las hormigas en el olivar.

Al respecto, Fowler y Macgarvin (1985) indican que las hormigas como predatoras son las más eficientes y numerosas de los artrópodos ya que requieren de una continua provisión de alimentos y la predación no se limita a un simple estado de la presa o a una especie de presa en particular, lo cual las convierte en organismos de gran importancia en el manejo integrado de plagas.

Sobre la base de los resultados preliminares del trabajo de Morris (1997), la demanda de estudios sobre el impacto (cualitativo y cuantitativo) a largo plazo de las distintas prácticas agronómicas sobre la biocenosis del olivar (Cirio, 1997) y el interés que tienen estos insectos como bioindicadores (Weir, 1978; Majer, 1983; Burdbige *et al.*, 1992.), el presente estudio tiene como objetivo general: Determinar la función que cumplen las hormigas en el agroecosistema del olivar y como objetivos específicos: 1-Inventario, diversidad de las especies y distribución de los hormigueros en el agroecosistema del olivo. 2-Determinar los elementos de la Biocenosis del olivar que coexisten con las hormigas. 3- Establecer las interacciones tróficas de los Formicidae y su actividad con respecto a la planta.

Las observaciones se realizaron al norte de la ciudad de Granada (20km), en tres olivares diferenciados fundamentalmente por las prácticas agronómicas: Arenales (con laboreo y sin aplicación de insecticidas), Colomera 1 (con laboreo, riego por goteo y con aplicación de insecticidas) y Colomera 2 (abandonado

durante 10 años, sin laboreo, ni riego). Para determinar la diversidad de hormigas y distribución de los hormigueros, en cada olivar se muestrearon 60 árboles (seis hileras contiguas de 10 árboles) y los cinco transectos de 100m de longitud por un metro de ancho en las calles, entre las hileras de árboles. Los puntos de muestreo fueron: el suelo situado bajo las ramas, el tronco, la copa y los transectos en las calles, en los cuáles se realizó la colecta directa y con red en la copa. Esta última metodología se utilizó también para determinar la artropodofauna que coexiste con las hormigas. La observación y toma de muestras tuvo una duración de 15 minutos por árbol y por transecto entre las 9:00 y 14:00 horas en los meses de mayo, julio y septiembre. Se determinó la actividad y régimen alimenticio de las dos especies más abundantes de hormigas: *Tapinoma nigerrimum* y *Crematogaster scutellaris*. En el campo, se realizaron observaciones quincenales durante cinco minutos de cada hora, contabilizando el número de obreras que subían y bajaban del árbol, así como el tipo de alimento que transportaban. Así también, se observó la relación de las hormigas con el olivo. En el laboratorio se instalaron hormigueros artificiales y se observó la actividad diaria y el comportamiento de predación.

El estudio se realizó durante los años 1997 y 1998 entre los meses de abril y septiembre.

El total de especies de Formicidae presentes en el olivar de Granada es de 22, pertenecientes a 13 géneros y tres subfamilias. Las hormigas comunes a los tres olivares son: *M. barbarus*, *T. semilaeve*, *P. pygmae*, *C. rosehaueri* y *T. nigerrimum*, siendo esta última la más abundante. La diversidad de especies presenta un gradiente descendente entre los tres olivares: Arenales-Colomera 2-Colomera 1, el cual está relacionado con la agresividad de las prácticas agronómicas, llevadas a cabo en los mismos. Esta diversidad decrece a lo largo de la estación entre mayo a septiembre, es cero en la copa del árbol por la aplicación de insecticidas y disminuye en las calles por el laboreo.

La distribución de los nidos es agregada bajo la copa del árbol en un olivar en producción y regular bajo la copa del árbol y en las calles en un olivar abandonado.

La artropodofauna que coexiste con las hormigas en la copa de los árboles, está representada por 271 especies de las clases Insecta y Arachnida, siendo los órdenes Hymenoptera, Coleoptera y Araneae los más diversos. El gradiente de diversidad de especies en los tres olivares es semejante al determinado según la mirmecofauna.

La mirmecofauna que forragea en la copa del árbol es: *C. scutellaris*, L. *kraussei*, *C. lateralis*, *C. auberti*, *C. sordidula*, *T. nigerrimum*, *P. pygmaea*, *A. senilis*, *T. semilaeve*, *L. alienus*, *L. niger*, *C. foreli*, *C. sylvaticus* y *F. subrufa*.

Los dos formícidos más abundantes en la copa del árbol durante los dos años de estudio, *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*, se caracterizan por: 1- presentar un ciclo unimodal, con el máximo en las horas de la mañana, tanto en el campo como en laboratorio. 2- el régimen alimenticio compuesto principalmente de sustancias líquidas. 3- en laboratorio: las dos especies predatan huevos, larvas y pupas de *C. carnea*, larvas y pupas de *P. oleae* y adultos de *P. scarabaeoides*, protegen los huevos y ninfas de *S. oleae*, se alimentan de la melaza de este cóccido y de las sustancias cereo-líquidas de *E. olivina*.

T. nigerrimum mata con sus mandíbulas a las larvas de *P. oleae*, se alimenta de los líquidos del cuerpo en la zona herida y generalmente no transporta la larva a su nido.

Las especies que interaccionan con la planta son: *P. pygmaea*, cuyas obreras absorben las exudaciones de las ramas podadas. *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*, quienes raspan con sus mandíbulas y absorben sustancias en el ápice del envés de las hojas, lo cual indicaría la presencia en esta zona de nectarios extraflorales.



INTRODUCCION

1-EL AGROECOSISTEMA DEL OLIVO

1.1-El olivo

1.1.1-Distribución y clasificación

El olivo, *Olea europaeae* L. es una de las plantas cultivadas más antigua, cuyos orígenes como cultivo son de unos 4000-3000 años antes de Cristo, en la región geográfica que va desde el Sur del Cáucaso hasta las altiplanicies de Irán, Palestina y la zona costera de Siria. Se extendió por Chipre hacia Anatolia y, a través de Creta, hacia Egipto, hasta poblar todos los países ribereños del mediterráneo. Con el descubrimiento de América pasó y se extendió por el Nuevo Mundo y, en la actualidad se cultiva también en Sudáfrica, China, Japón y Australia (Civantos, 1997) (Fig. 1).

El olivo se introdujo en España durante la dominación marítima de los fenicios (1050 aC.) pero no alcanzó gran desarrollo hasta la llegada de Escipión (212 aC.) y la dominación de Roma (45 aC.) (Blásquez, 1996).

El género *Olea* (Fam. Oleaceae) presenta más de 30 especies y subespecies (Zohary, 1973). La clasificación botánica de *O.europaea* es bastante problemática y se han aplicado diferentes sistemas de clasificación (Morettini, 1972; Mazzolani y Altamura Betti, 1981). En la especie *O.europaea* se incluyen todos los olivos cultivados y también los acebuches u olivos silvestres. Algunos autores consideran a los olivos cultivados como *O. europaea* var. *communis* y el tipo silvestre *O. europaea* var. *oleaster* con algunas subdivisiones basadas en la forma de la hoja y del fruto. Según otra clasificación, estos grupos son especies separadas con los nombres de *O. gallica*, *O. officinarum*, *O.lancifolia* y *O. sativa*. Así mismo, se utilizó mucho el término oleaster que designa planta asilvestrada (Ciferri *et al.*, 1942; Turril, 1951). Una clasificación más "liberal" aplica el término de "subespecie" y considera que los olivos cultivados pertenecen a la subespecie *sativa* y los silvestres (acebuche) a la subespecie *sylvestris* (Browicz y Zielinski, 1990; Rapoport, 1997). Por otro lado, los estudios arqueobotánicos concluyen que los olivos de hace más de 4000 años no se diferencian del actual olivo cultivado (Liphschitz *et al.*, 1991). El número de cromosomas $2n=46$ en todos los cultivares y los cruces intentados con éxito indican que el enfoque de ecosubespecies es más lógico para describir y clasificar los tipos de olivos distribuidos en las diferentes regiones del mundo (Lavee, 1996). Actualmente, se considera que existen más de 2000 cultivares (variedades) sobre las cuales se están intensificando los estudios ya sea para identificarlos, conservarlos en bancos de germoplasmas o con fines de mejoramiento (Fontanazza, 1996). En España se han

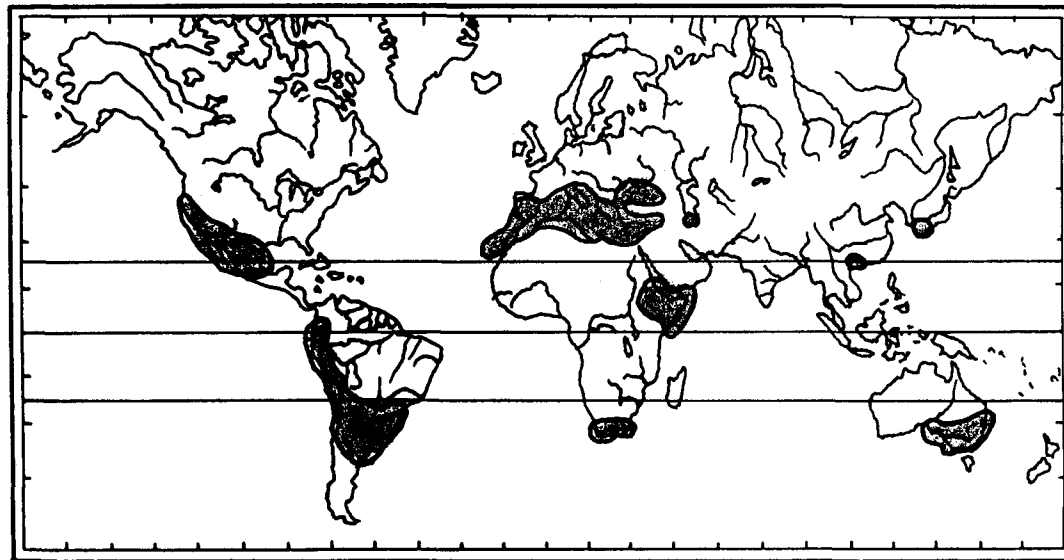


Fig.1.-Distribución geográfica mundial del olivo (De Andrés Cantero, 1991)

realizado programas de prospección y catalogación de las variedades de olivo en 200 comarcas, se han marcado 1000 árboles, registrado 500 denominaciones varietales, identificado 262 cultivares diferentes y actualizado bancos de germoplasma (Barranco y Rallo, 1984; Trujillo *et al.*, 1995, Barranco, 1997).

1.1.2-Morfología de la planta

El olivo cultivado demuestra una gran plasticidad morfogénica. Así, caracteres del árbol como la morfología del sistema radicular, tronco, densidad de la copa y la longitud de los entrenudos varían según el cultivar y en gran medida, por las condiciones agronómicas y ambientales de su crecimiento.

Es un árbol de tamaño mediano, de unos 4 a 8 m de altura (en casos extremos 10m) según la variedad y puede permanecer vivo y productivo durante 300 a 400 años (Rapoport, 1997).

En los árboles que nacen de una semilla, se forma una raíz principal, que domina el sistema durante los primeros años. Sin embargo, la mayoría de los árboles comerciales son producidos mediante el enraizamiento en estaquillas y emiten raíces adventicias que se comportan como raíces principales múltiples. El sistema radicular es generalmente fascicular y se extiende entre los 15 ó 20 cm de profundidad hasta los 80 cm (Morettini, 1972). Pero la profundidad y la extensión lateral del sistema radical y el grado de ramificación dependen del tipo de suelo, de la aireación y contenido de agua del mismo (Fernández *et al.*, 1994).

El tronco en las plantas jóvenes es cilíndrico o ligeramente cónico, provisto de una corteza lisa, de color verde grisáceo. En las plantas adultas, el tronco pierde su regularidad, apareciendo grandes cordones o estrías acanaladas (Guerrero, 1991). Esto se debe a que cada raíz principal está conectada directamente con una de las ramas, creando una relación intersectorial entre esa raíz y una parte específica de la copa. Así, el tronco combina sistemas vasculares independientes y su diámetro se vuelve irregular debido a la reducida velocidad de crecimiento en las zonas de encuentro de los diversos cordones que conectan raíces y ramas (Lavee, 1996). Por ello, su forma cambia dinámicamente según el grado de desarrollo de cada rama, no se forman aros anuales bien distintos y la madera aparece como estriada. Las ramas secundarias se desarrollan sobre las principales, formando numerosas ramificaciones para constituir lo que se llama "copa del árbol" (Guerrero, 1991).

Las hojas están dispuestas de forma opuesta en cada nudo de las ramificaciones de las ramas. Las hojas son simples, lanceoladas, enteras y de pecíolo corto. (Rapoport, 1997). El haz es de color verde oscuro y brillante debido a una cutícula cerosa segregada por las células epidérmicas y la cubren escaso

número de tricomas peltados, también denominados placas o escamas multicelulares, que tienen un tallo bicelular y una cubierta de hasta 32 células radiales, con los bordes doblados hacia abajo, transparentes, que una vez rotas presentan una elevada actividad peroxidasa. Se ha indicado que su función puede ser la de proteger las hojas del olivo frente a las plagas y enfermedades (Lavee, 1996). El número de tricomas del haz es típico de cada cultivar (Ruby, 1917). Los tricomas forman una capa densa en el envés de la hoja, lo que le da el color plateado. Los estomas se encuentran en el envés protegidos por estas placas que le permiten un microambiente especial en defensa de la sequedad del medio ambiente externo. La actividad peroxidasa de las células de los tricomas multicelulares en el envés es prácticamente nula (Morettini, 1972), pero la densidad de éstos pueden determinar el número de huevos de *Prays oleae* depositados en esta cara de la hoja (Arambourg, 1984). La nervadura central de la hoja se marca con claridad y termina en un mucrón, que es más o menos largo e inclinado (Rapoport, 1997).

La inflorescencia es paniculada y las flores actinomorfas son aisladas o forman grupos de 3 a 5. Cada inflorescencia puede tener entre 10 a 40 flores. Las flores son generalmente hermafroditas o bisexuales; gamosépalas, gamopétalas y con cuatro sépalos, cuatro pétalos, dos estambres y dos carpelos. Las flores estaminíferas o masculinas, no dan lugar a frutos, tienen el ovario rudimentario o ausente, y parecen formarse debido a un fallo en el desarrollo del mismo. La presencia de estas flores varía según el cultivar y el año. Su presencia en proporciones que pueden llegar hasta el 50% o más en años normales, no suele reducir la producción (Rapoport, 1997). El porcentaje de flores hermafroditas y de flores masculinas está determinado genéticamente y es específico de cada cultivar (Brooks, 1948). La liberación del polen ocurre durante aproximadamente cinco días (Fernández y Rodríguez-García, 1988). La polinización de las flores del olivo es básicamente anemófila con autopolinización o polinización cruzada (Morettini y Pulselli, 1953). El polen puede ser transportado por el viento a grandes distancias. Así, se lo ha detectado viable y fértil a más de 7 km de un olivar (Lavee y Datt, 1978). Muy rara vez el polen de una flor fecunda el ovario de la misma. Existen variedades autofértiles, pero otras son autoincompatibles, necesitándose entonces la asociación de dos variedades compatibles y cuya floración tenga lugar al mismo tiempo (Rapoport, 1997). Se ha demostrado que la polinización cruzada aumenta el cuajado y la producción de la mayoría de los cultivares (Vidal, 1969). Por otro lado, cultivares considerados autoestériles en un país o región se ha comprobado que son fértiles en otros, y viceversa (Morettini y Valleggi, 1940; Morettini y Benetti, 1942; Gerarduzzi, 1958).

El fruto o aceituna es una drupa que en la madurez es de color negro, negro-violáceo o rojizo, pero en muchos casos se cosecha antes en estado verde (Rapoport, 1997). La epidermis del fruto presenta "manchas blancas" típicas de cada cultivar, que son zonas con cavidades situadas debajo de la epidermis que no están unidas al mesocarpio (Morettini, 1972). El almacenamiento del aceite ocurre en las vacuolas de las células parenquimáticas del mesocarpio (King, 1938). Se pueden formar frutos partenocárpicos a los que se conoce en términos comunes como zofairones o azofairones. Estos frutos partenocárpicos suelen ser más pequeños que los frutos fecundados normales, no tienen valor económico y en muchos casos no permanecen hasta la cosecha (Rapoport, 1997).

1.1.3-Ciclo anual de la planta

En la zona del mediterráneo, se observa la aparición de nuevos brotes terminales y la eclosión de yemas axilares a principios de la primavera (mayo-abril), la floración tiene lugar en mayo-junio y, una vez realizada la polinización, le sigue el cuajado del fruto. En julio-agosto, tiene lugar el endurecimiento del hueso, y, a partir de este momento, los frutos aumentan de tamaño hasta octubre en que comienza la maduración. La duración de este período depende de la variedad. Durante el invierno presenta un reposo invernal (Guerrero, 1991). Se necesitan temperaturas por encima de 12°C para volver a inducir el crecimiento en la primavera. También es posible que a temperaturas superiores a 30°C, a mediados de verano, se reduzca la velocidad del crecimiento vegetativo. Cuando hay bastante humedad en el suelo, o en condiciones de regadío, se produce un segundo período de crecimiento rápido en otoño, al disminuir las temperaturas diurnas. Por consiguiente, se pueden registrar diferentes tipos de curvas de crecimiento de los olivos según las condiciones térmicas del verano. En la mayoría de las regiones el olivo tiene una curva de crecimiento de doble pico.

El desarrollo reproductivo del olivo, aunque está ligado a los ciclos de crecimiento y al vigor vegetativo, es parcialmente independiente: por regla general, las inflorescencias se diferencian en las yemas que se desarrollaron en la estación de crecimiento anterior. Así, las yemas que pueden dar flores pueden tener entre 3 a 11 meses de edad (Lavee, 1996).

Las hojas del olivo son persistentes y normalmente sobreviven dos o tres años, aunque también permanecen en el árbol hojas de mayor edad (Rapoport, 1997).

1.2-Biocenosis del olivar

1.2.1-Riqueza de organismos

El agroecosistema del olivar presenta una gran riqueza de organismos que conviven con el árbol, muchas de ellas en diferentes tipos de interacciones o para sólo buscar refugio más o menos permanente. Así, se citan unas 1000 especies herbáceas y leñosas, 200 especies de hongos, 150 especies de insectos, 13 ácaros, 11 nemátodos (más de 40 especies en viveros e invernaderos), 8 aves, 5 bacterias, 4 musgos, 4 mamíferos y 3 líquenes. Pero la complejidad y estabilidad del sistema está comprobada por las referencias de 438 interacciones plaga-controlador biológico, entre las que destacan los complejos más amplios de 82 especies de controladores biológicos de la cochinilla de la tizne, *Saissetia oleae* (Oliv.); 53 especies para la polilla del olivo, *Prays oleae* Bern y 45 especies que controlan a la mosca del olivo, *Bactrocera oleae* (Gem.) (Arambourg, 1986, de Andrés, 1991, Cirio, 1997, Morris, 1997).

1.2.2-Las plagas

En la cuenca mediterránea los sistemas de propagación y cultivo tradicionales han evitado la pérdida considerable de diversidad genética y de adaptación al medio, debido al origen autóctono de las variedades a partir de híbridos naturales con acebuche, a la escasa presión de selección por la baja intensidad de cultivo y a la marcada localización de las variedades que ha configurado el rico patrimonio olivarero en un auténtico mosaico varietal (Rallo, 1995). Estas peculiaridades del olivar han propiciado un equilibrio sutil entre el olivo y sus fitófagos y enfermedades, que sólo cuando se rompe da lugar a graves ataques y pérdidas de consideración. La alta variabilidad del clima mediterráneo contribuye con demasiada frecuencia a la ruptura del equilibrio que también se ve alterado por la actividad humana (Alvarado *et al.*, 1997)

En el cultivo del olivo de la zona del mediterráneo, se consideran por lo general tres grupos de especies que pueden tener importancia económica como plaga:

Especies plaga clave:

Bactrocera oleae (Gmel)., Diptera, Tephritidae

Prays oleae Bern., Lepidoptera, Plutellidae

Saissetia oleae Olivier, Hemiptera, Coccidae

Especies plaga secundaria o de importancia económica media:

Phloeotribus scarabeoides Bern. Coleóptera, Scolytidae.
Hylesinus oleiperda F., Coleóptera, Scolytidae.
Margaronia unionalis Hübn. Lepidóptera, Pyralidae.
Euzophera pingüis Haw., Lepidóptera, Pyralidae.
Aceria oleae (Nal.), Acari, Eriophyidae.

Especies plaga de importancia local o temporal:

Lepidosaphes ulmi Linn., Homoptera, Coccidae
Parlatoria oleae Covee, Homoptera, Coccidae
Euphylura olivina Costa, Hemiptera, Psyllidae
Otiorrhynchus cribricollis Gyll., Coleoptera, Curculionidae
Melolontha papposa III, Coleoptera, Sacarabaeidae
Liothrips oleae Costa, Thysanoptera, Phlaeothripidae
Reseella oleisuga Targ Toz, Diptera, Cecidomyidae
Pytymys duodecimcostatus de Sélys-Longch, Rodentia, Microtidae.

1.2.3-Especies plaga clave

Se han realizado numerosos estudios sobre la biología, daños y regulación de las poblaciones de las tres principales especies fitófagas del olivo, los cuales son presentados de manera extensa por Arambourg (1986), De Andrés (1991), Croveti (1996) y Alvarado *et al.* (1997).

1.2.3.1-La mosca del olivo, *Bactrocera oleae* (Gmelin) 1788.

Se distribuye en la zona mediterránea y en algunas zonas de Africa y Asia.

La biología de *B. oleae* se caracteriza por presentar un número de generaciones que depende de la temperatura, el momento de receptividad de las drupas y el manejo agronómico, variando desde las zonas pandácicas en donde se desarrolla durante todo el año sin interrupción cumpliendo 3 ó 4 ciclos, hasta las zonas frías en las que con dificultad completa una generación.

La especie puede invernar como larva en las drupas, como pupa en la tierra y también como adulto (Fig. 1). Los machos y hembras son sexualmente maduros a los 6 a 8 días después de la eclosión. La hembra produce una feromona sexual. Para el apareamiento se necesita una temperatura media superior a 14°C. Una vez cuajado el fruto, la hembra realiza la puesta preferentemente sobre los

sanos y más desarrollados, realizando una picadura subtriangular necrótica muy característica por la que deposita un huevo por fruto, bajo el epicarpio. La hembra es capaz de discriminar frutos que ya tengan un huevo. Después de un período de incubación variable entre 18 a 2 días a temperaturas entre 10 y 31°C, nacen las larvas que al inicio se alimentan gracias a la acción de las bacterias simbióticas que le transmitió la hembra al ovipositar. Las larvas se desarrollan en el interior de una galería que hacen en la pulpa de las drupas. Al principio es estrecha y sinuosa, después se va ensanchando hasta formar una cavidad que ocupa una parte importante del fruto. Se ha estimado que el daño al fruto es de de 50 a 150mg. La larva más desarrollada practica un agujero circular y se deja caer al suelo, donde forma la pupa a poca profundidad. En el período estival cálido no es infrecuente que la transformación en pupa se produzca en la propia drupa. La duración media del ciclo biológico depende en gran parte de las condiciones climatológicas, variando desde 30-80 días en verano o zonas cálidas a 130-160 días en invierno o zonas frías.

Los daños pueden ser directos en aceitunas para mesa por los criterios de calidad exigidos o indirectos para las drupas destinadas para aceite. En este último caso, en las galerías hechas por la mosca se instalan diferentes clases de hongos que en altas humedades y temperaturas templadas, producen podredumbres que alteran el índice de acidez y también la calidad organoléptica de los aceites.

La población de esta especie es regulada principalmente por las temperaturas que tienen una influencia decisiva en el desarrollo de los distintos estados del insecto, interrumpiéndose con temperaturas inferiores a los 6°C y mayores a 35°C. Las temperaturas óptimas de desarrollo se encuentran entre 20°C y 25°C .

El complejo de enemigos naturales es muy amplio, citándose 40 parasitoides Hymenoptera, 2 predadores Hymenoptera, 2 entomopatógenos y 1 Diptera aunque el control que ejercen no es muy efectivo.

1.2.3.2-La polilla del olivo, *Prays oleae* Bern.

Se distribuye en todas las áreas que rodean al Mediterráneo y el Mar Negro.

P. oleae tiene tres generaciones al año bastante sincronizadas con la evolución del olivo. La primera generación se desarrolla en los órganos florales (antófaga), la segunda en los frutos (carpófaga) y la tercera en las hojas (filófaga). En el caso que no disponga de flores y frutos puede desarrollar las tres generaciones a expensas de las hojas. Los primeros adultos del año aparecen en abril-mayo, al mismo tiempo que se produce la diferenciación de los botones

florales del olivo. Su actividad es crepuscular y están activos a temperaturas superiores a 13°C . Las hembras emiten una feromona sexual para el apareamiento. Los huevos son depositados en los cálices de los botones florales todavía cerrados. La hembra deposita entre 30 a 100 huevos pudiendo llegar hasta 300 huevos. Al cabo de una semana nacen las larvas que penetran en los botones alimentándose de las anteras, polen, gineceo y pasando de un botón a otro, enlazando los órganos atacados con finos hilos de seda. Cada larva puede destruir de 15 a 40 botones. Al final de su desarrollo teje un capullo de fina seda y se convierte en pupa entre los racimos florales en donde permanece por seis a nueve días. Los adultos de la segunda generación depositan los huevos en los restos de cálices, cerca del pedúnculo de las drupas (del tamaño de un grano de pimienta). A temperaturas superiores a 31°C se produce una fuerte mortandad de huevos y larvas jóvenes, especialmente con niveles de humedad relativa inferiores al 70-75%. Las larvas recién nacidas penetran directamente en la drupa por la cara ventral del corión del huevo y muchas de ellas al hacerlo por el pedúnculo producen una primera caída de frutos. La larva se instala en el endocarpio (hueso) antes que empiece a endurecer y se alimenta de la almendra. En la madurez abandonan la drupa produciendo un característico agujero circular cerca del pedúnculo y provoca una segunda caída de frutos. Se transforma en pupa entre dos hojas en contacto entre sí, en el tronco o en la tierra. Los adultos eclosionan en los meses de septiembre-octubre. Las hembras de esta generación depositan los huevos en el envés de las hojas, las larvas penetran en las hojas excavando una galería filiforme de desarrollo serpenteante y de esta forma suele pasar el invierno. Realizada la primera muda (febrero-marzo), la larva abandona la hoja y pasa al envés de la otra, en la que penetra produciendo una galería en forma circular o de C. Después de la segunda muda pasa a otra hoja excavando una galería redondeada o en forma de mancha. La larva de cuarto estadio excava galerías anchas, subrectangulares u ovaladas, mientras que las de quinto estadio, por las dimensiones alcanzadas, suelen roer el envés desde el exterior. Dado que ocurre cuando los olivos empiezan a brotar, las larvas de quinto estadio pueden llegar también a las yemas y roer las hojillas. Finalmente realiza un capullo sedoso en el envés de la hoja o en la corteza del tronco y al cabo de dos semanas, eclosionan los adultos que darán origen a la generación autófaga en abril-mayo.

Los bajos niveles de ataque de la generación filófaga, generalmente el 10% de hojas con síntomas y lo poco que come de ellas la larva hace que el daño que produce esta generación sea prácticamente despreciable.

Los daños de la generación autófaga son difíciles de cuantificar debido a que simultáneamente se produce la caída natural de las flores. Por otro lado, dependen del nivel de población, de la intensidad de floración y del destino del

fruto, mesa o aceite. Una larva de este insecto suele destruir de 20 a 30 flores pero el coeficiente de cuajado del olivo es muy bajo. De 100 flores, dos o tres llegan a ser drupa y el olivo en esta época compensa una caída o destrucción parcial de flores con un mayor cuajado de drupas. Sólo en el caso de una floración baja y una población alta de la polilla puede haber un peligro grave de baja de producción.

Los daños de la generación carpófaga son de importancia económica porque producen la caída del fruto. Pero la primera caída de frutos producida por la polilla está discutido ya que coinciden con una caída fisiológica o caída de junio y en esta etapa el árbol todavía compensa en parte la producción con un mayor tamaño de la drupa que permanece, lo que en algunos casos puede ser beneficioso, como pasa en la aceituna para mesa. La segunda caída (septiembre) es mucho más dañina porque el fruto es ya de gran tamaño y el árbol no puede compensar la pérdida.

La regulación de la población de este insecto es por el frío en invierno y sobre todo por el calor en verano, destruyendo huevos o larvas dentro de la drupa. También bajan las poblaciones por la caída de drupas en junio, ya que las larvitas que caen con ellas mueren sin evolucionar.

Esta especie presenta un amplio complejo de enemigos naturales cuya efectividad es alta aunque depende de la generación, año y zona, variando la tasa de mortalidad entre 10 a 50%. Se han registrado 45 especies parasitoides Hymenoptera, 3 Diptera, 2 Coleoptera, 2 Neuroptera, 1 Lepidoptera, 1 entomopatógeno y un número no determinado de especies de ácaros depredadores. Los controladores biológicos más eficientes suelen ser parasitoides que destruyen las larvas o las pupas y crisopas que se alimentan de los huevos.

1.2.3.3-La cochinilla de la tizne, *Saissetia oleae* Bernard

Es una especie cosmopolita y notablemente polífaga. Afecta al olivo y a los cítricos pero también se la puede encontrar en otros frutales y arbustos, prefiriendo zonas sombreadas y ambientes húmedos.

La cochinilla tiene una o dos generaciones que dependen del año y la zona. El invierno lo pasan como ninfas de 2do y 3er estadio, también, en menor porcentaje, como hembras jóvenes y adultas. En primavera-verano se completa la generación. En septiembre-octubre, una pequeña parte de la población, nacida precozmente, puede terminar su desarrollo y convertirse en hembras oviplenas, lo que completa una segunda generación. El período de puesta dura 10-15 días en mayo-julio pero puede ser más largo cuando los ovipone en septiembre-octubre. Puede durar 12 días a 25°C y 38 días a 18°C. Las ninfas neonatas se quedan unas horas debajo de la cubierta cérica de la madre y después caminan hasta fijarse

principalmente en el envés en las hojas y en las ramitas jóvenes hasta el momento de poner los huevos en que se inmovilizan.

Los daños que produce esta especie son principalmente indirectos al succionar la savia y excretar sustancias azucaradas (melaza) que impregnan al olivo y que en períodos húmedos sirve de alimento a asociaciones de hongos (*Capnodium* spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp., etc), los cuales recubren los tejidos vegetales como si fuese un fieltro que limita la capacidad fotosintética y respiratoria de la planta, lo que a menudo conduce a caídas generalizadas de las hojas, disminuyendo la brotación y producción. Los daños directos son escasos y sólo en caso de grandes poblaciones puede repercutir en la producción.

La regulación de la población ocurre especialmente con las ninfas muy pequeñas, las cuales son muy sensibles al calor y al viento seco, siendo muy normal una mortalidad superior al 95% e incluso al 99% en los veranos cálidos y secos.

Esta especie presenta numerosos enemigos naturales, registrándose 65 especies de Hymenoptera, 14 especies de Coleoptera, 1 entomopatógeno y 1 ácaro. Desde finales del decenio 1960 se han realizado introducciones exitosas de parasitoides Hymenoptera desde Sudáfrica, especialmente de *Metaphycus* spp.

1.3-Factores abióticos

1.3.1-El suelo

El cultivo del olivo ocupa una vasta diversidad de suelos. Las características físicas del suelo que afectan al desarrollo radical del olivo son: la textura, la profundidad útil, las condiciones de aireación y la erosionalidad. El olivo prefiere los suelos de texturas moderadamente finas como los franco, franco limosas, franco arcillosas, franco arcillo limosas, medianamente compactos, de reacción neutra o subalcalinos y ricos en materia orgánica. Estas texturas suministran, normalmente, una aireación adecuada para el crecimiento radical, son suficientemente permeable y tienen una alta capacidad de retención de agua. Los suelos de texturas más arenosas no retienen el agua suficiente para el cultivo de secano; en cambio, pueden ser excelentes para el olivar de regadío. En suelos muy arcillosos (más del 45% de arcilla) la aireación y el exceso de humedad son inadecuados para las raíces y son de difícil manejo (Fontanazza, 1996). Los olivos presentan sistemas radicales más bien superficiales y los suelos de 1.2 m o más de profundidad útil resultan muy convenientes para su cultivo. Los suelos con profundidades útiles menores de 0.8m no son aconsejables, a menos que la limitación a la profundidad provenga de horizontes petrocálcicos o capas de arcilla

compacta delgadas como para que puedan ser rotos o entremezclados con otros horizontes.

La raíces del olivo son muy sensibles al encharcamiento, especialmente durante el crecimiento. Esto ocurre principalmente en los meses de invierno y primeros meses de la primavera.

Muchos olivares están plantados en áreas montañosas con pendientes que oscilan de moderadas (6% de pendiente) a fuertes (más de 20% de pendiente) en donde la erosión constituye un problema muy grave. La erosión hídrica representa la pérdida del material más fértil del suelo y en casos de erosión severa, pueden quedar al descubierto las raíces de los árboles y originan profundas cárcavas que disecan el terreno e interfieren con las prácticas del cultivo. En ciertos casos, la erosión puede ser minimizada mediante técnicas de no laboreo o, en el caso de que éste resultara necesario, mediante el cultivo en curvas de nivel o en terrazas.

Las limitaciones químicas del suelo están relacionadas al pH, la salinidad, el exceso de sodio y la posible toxicidad por boro y cloruros. El olivo vegeta bien en los suelos moderadamente ácidos (ph mayor de 5,5) a moderadamente básicos (ph menor de 8.5). Mayor acidez genera problemas de toxicidad por aluminio y manganeso y los de mayor ph tienen estructura pobre que obstaculiza el drenaje. La salinidad del suelo mide la concentración de todas las sales solubles presentes en la solución del suelo. El olivo resiste mejor la salinidad que otros árboles frutales. Un suelo es salino si tiene una CEes (conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo) mayor de 4 decisiemens por metro (dS/m) con lo que el olivo puede disminuir la producción del fruto en un 10%. Los suelos sódicos (o alcalinos) contienen una cantidad excesiva de sodio en proporción al calcio y al magnesio, lo cual hace que sus partículas más finas se dispersen fácilmente, obturando los poros y haciendo que la permeabilidad y la aireación sean malas. Así mismo, ejercen un efecto tóxico sobre las plantas, derivado de la alta proporción de sodio en la solución del suelo. Puede ocurrir una toxicidad por boro y cloruros aunque el olivo es más tolerante a estos elementos que la mayoría de los árboles frutales (Navarro y Parra, 1997).

1.3.2-El clima

El habitat del olivo se concentra entre las latitudes 30°C y 45°C, tanto en el hemisferio norte como en el sur, en regiones climáticas del tipo mediterráneo, caracterizado por un verano seco y caluroso (Civantos López-Vallalta, 1997). En el invierno, las temperaturas comprendidas entre 0°C y -5°C causan pequeñas heridas en brotes y ramas de poca edad que son la puerta de entrada de enfermedades y plagas y temperaturas inferiores a -10°C ocasionan la muerte de

ramas de gran tamaño (Sibbett y Osgood, 1994). El límite del área geográfica del cultivo del olivo se puede considerar cuando la temperatura media de las mínimas absolutas anuales es inferior a -7°C . Las mejores condiciones climáticas para el cultivo del olivo son las de invierno suave, sin peligro de heladas y el verano largo y caluroso sin exceso. A pesar que el olivo es muy resistente a la sequía, soportando condiciones mínimas de hasta 200mm anuales en Túnez, la pluviometría alta permite buenas producciones en secano. En España se considera como mejor lugar del cultivo del olivo en Torredonjimeno (Jaén) en donde la temperatura media es entre 1.2°C y 11.4°C en invierno, con la media de las máximas del semestre más cálido de 28.3°C , una pluviometría de 626 mm, con 6 meses húmedos, 3 meses intermedios y 3 meses secos (Elías y Ruíz, 1977).

1.4-Manejo del cultivo

1.4.1-Sistemas olivícolas

Un buen manejo del cultivo depende del diseño correcto de la plantación que permitirá acortar el período improductivo, aprovechar al máximo el terreno y mecanizar las operaciones (Navarro y Parra, 1997).

Las densidades utilizadas en plantaciones tradicionales de olivar son muy variables, según las zonas de cultivo, yendo desde 20 olivos/ha en olivares de Sfax (Túnez) con precipitaciones anuales inferiores a los 200 mm, hasta 400 olivos/ha en algunas comarcas de Toscana (Italia). Como término medio, en Grecia se utilizan densidades altas, próximas a los 200 olivos/ha; en Italia se emplean densidades algo superiores a 100 olivos/ha y en España, las plantaciones tradicionales tienen alrededor de 75 olivos/ha (Morettini, 1972).

Los sistemas olivícolas de los países mediterráneos se encuentran establecidos en dos tipos de áreas que da lugar a tres tipos de cultivos.

-Olivicultura en áreas marginales:

Tipo marginal: los olivares se encuentran en áreas escasamente productivas por causas edafológicas, orográficas o climáticas. Normalmente se trata de terrenos superficiales, de fertilidad moderada, excesivamente ricos en partículas estructurales, de orografía accidentada con pendientes superiores al 20%, en cualquier caso, inadecuados para garantizar una respuesta productiva óptima de la especie. En el olivar de tipo marginal el manejo es muy reducido: no laboreo, poda esporádica o ausencia de poda, ningún aporte de productos agroquímicos, recogida de las aceitunas en tierra o con redes. Debido a los altos costes, es casi imposible

reimplantar olivares en zonas marginales, tanto con fines de producción como de mantenimiento del paisaje olivarero. Sin embargo, una olivicultura de este tipo, ha terminado por desempeñar importantes funciones de protección del suelo y conservación del paisaje olivarero.

-Olivicultura en áreas idóneas:

Es un territorio en cuanto a fertilidad, naturaleza y morfología del terreno, climatología, disponibilidad hídrica, pendiente inferior a 20% y extensión suficiente, para que la especie desarrolle todo su potencial productivo, en el cual pueden mecanizarse las labores para rebajar los costes de cultivo y obtener beneficios.

Tipo Tradicional: Presenta una estructura productiva que por motivos de orden agronómico (cultivar no idóneo, tipo de implantación, técnica de cultivo, edad del olivar, etc.) no permite a la especie desarrollar plenamente su potencial de producción o hace imposible la mecanización de las diversas labores de cultivo. Son plantaciones de baja densidad por hectárea (inferior a 200 plantas/ha), posible coexistencia con otros cultivos, utilización habitual de productos agroquímicos, laboreo del suelo según distintas técnicas, poda cada 1-2 años, riego donde resulta posible, recogida de las aceitunas en tierra o en el árbol, manual o mecánica. De ello se deriva un resultado antieconómico por la reducida producción o por el elevado empleo de mano de obra, que oscila entre 300 y 400 horas/ha al año.

Tipo Intensivo (moderno): Un sistema de cultivo que sirviéndose de las modernas técnicas de implantación y cultivo, esté en condiciones de asegurar tanto la consecución de los máximos niveles cuantitativos y cualitativos de producción, compatibles con las condiciones del medio ambiente, como la contención de los costes de producción mediante la mecanización integral de todas las operaciones de laboreo con el fin de obtener una rentabilidad satisfactoria. Introducción de un nuevo marco de plantación con aumento del número de 200 a 400 plantas por hectáreas (5x6m en las plantaciones septentrionales y 7x7 en las meridionales), renovación de la plantación al cabo de 50 años, formas bajas con o sin laboreo del suelo, poda anual, empleo de productos agroquímicos, riego, recolección mecanizada (Fontanazza, 1996; Cirio, 1997).

El estudio de un nuevo modelo agronómico, todavía en fase experimental en Perugia, se basa en una implantación de alta densidad (cerca de 1000 plantas/ha) en función de la recolección mecánica, con la utilización de una mecanización integral que desarticule los frutos, los recoja automáticamente, realice la poda,

tratamientos antiparasitarios y limpieza de hierbas. Esto reduciría la mano de obra, que no debería superar las 50 horas/ha/año (Fontanazza, 1996).

1.4.2-La superficie del suelo

En los últimos años ha existido una gran controversia sobre cual es el sistema más idóneo de cultivo en el olivar, mientras existen defensores a ultranza de las técnicas de no-laboreo, muchos olivares siguen labrando en la forma en la que lo han hecho durante años.

Al parecer, no existe un sistema de cultivo mejor que los demás en todas las situaciones, sino que para cada tipo de suelo, pluviometría, topografía del terreno, etc., las recomendaciones pueden ser diferentes. Incluso en una determinada explotación puede ser recomendable la aplicación de más de un sistema de cultivo, en función de las peculiares características de las parcelas, o ser necesario combinar entre sí alguno de los diferentes sistemas, utilizando métodos mixtos de cultivo tales como el semilaboreo, laboreo en bandas, enyerbado en las calles, suelo desnudo bajo la copa, etc. (Navarro y Parra, 1997)

Las alternativas de manejo de la superficie del suelo en el olivar están divididas en dos grandes grupos: con suelo desnudo y con cobertura del suelo y éstos a su vez se subdividen en lo que resulta un total de unas 19 alternativas.

El sistema más utilizado es el de suelo desnudo con laboreo y tiene por objetivo aumentar la disponibilidad de agua. Se mantiene el suelo desnudo de vegetación durante todo el año mediante labores continuadas. Las labores de invierno y primavera se realizan con el cultivador de brazos flexibles, cuya profundidad no suele superar los 15-20cm a fin de preparar el suelo para infiltrar agua y eliminar las malas hierbas de pequeño desarrollo. Posteriormente, en primavera, se utiliza la grada de discos para eliminar las malas hierbas de gran desarrollo, y su profundidad de labor varía entre 15 a 25cm. Finalmente, en verano, con la superficie del suelo totalmente seca, se realizan frecuentes labores muy superficiales empleando gradas de púas o rastras, cuya misión es pulverizar el suelo y tapar las grietas, con lo que se trata de evitar la evaporación del agua. Los cuidados culturales finalizan con la preparación del terreno para la recolección de la aceituna, para lo cual se utiliza un rulo compactador liso, siendo frecuente el uso de herbicidas residuales bajo la copa de los olivos, para mantener el suelo libre de malas hierbas durante el período de recolección (Civantos López-Villalta, 1996), ya que un suelo compacto y sin hierba es el que permite una recolección a mínimo coste (Benavidez y Civantos López-Villalta, 1982). Los inconvenientes más importantes que presenta este sistema son: favorecer las pérdidas de suelo por erosión; rotura de raíces, lo que desequilibra el crecimiento y

fructificación del árbol, altera negativamente la relación funcional hoja/raíz y no permite, en muchas situaciones, un óptimo aprovechamiento del agua de lluvia (Civantos López-Villalta, 1996). Sin embargo, existen autores que indican que en algunos tipos de suelo el laboreo es necesario (Aguilar *et al.*, 1995).

Frente a los problemas que pueda ocasionar el laboreo, se recomienda: reducir de forma general el número de labores anuales a las estrictamente necesarias, realizar labores superficiales que no volteen el suelo y que dejen sobre el terreno la mayor cantidad posible de restos vegetales, realizar las labores en invierno, al final del verano cuando estas no ocasionen grandes pérdidas de agua al suelo, ni afecten negativamente al cultivo. En la aplicación con herbicidas buscar un control completo bajo las copas del cultivo, pero el control completo en la calle no es imprescindible. Aplicar los herbicidas correctamente (Pastor *et al.*, 1997).

Los sistemas de laboreo reducido, tanto semilaboreo como el mínimo laboreo, han proporcionado igualmente aumento de producción con respecto al laboreo convencional. En estos dos sistemas de laboreo reducido se aplica herbicida residual bajo la copa de los árboles, dejando esta zona sin labrar, realizándose labores mecánicas de distinta intensidad en el centro de las calles (Pastor, 1990). Sin embargo, los herbicidas provocan varios efectos negativos como fitotoxicidad en la planta, alteración de la flora espontánea, aumento indirecto de roedores y disminución indirecta de controladores biológicos (Delanoue y Arambourg, 1965; Pastor, 1990).

Una sola labor anual superficial (menos de 5cm) puede ser suficiente en no laboreo para aumentar la infiltración hasta niveles similares a los obtenidos con el laboreo tradicional (Pastor, 1989). Un modo eficaz de mejorar la infiltración puede ser el empleo de cubiertas vegetales vivas sobre el suelo, que deben ser segadas a principios de primavera para evitar la competencia por el agua con el cultivo (Laguna, 1989).

La erosión del suelo es uno de los principales problemas de la agricultura. La mayoría de los autores que han estudiado los problemas de la erosión están de acuerdo en que cubrir el suelo con vegetación es el método más eficaz para aminorar la erosión (Phillips y Young, 1979; Blevins, 1986). Pueden utilizarse coberturas vivas o inertes de malas hierbas (Pastor, 1990) o cubiertas artificiales de gramíneas o leguminosas establecidas mediante siembras (Castoro y Pastor, 1991). La condición indispensable para obtener resultados satisfactorios es evitar la competencia por el agua y nutrientes entre la cubierta y el olivo. Una cubierta bien manipulada no tiene porqué ocasionar pérdidas de producción (Castro, 1993).

1.4.3-Riego y fertilización

De los 750 millones de olivos existentes, unos 50 millones de olivos se benefician de aportaciones de agua de riego, considerado éste en el sentido más amplio, predominando por consiguiente los que se cultivan en secano (Civantos López-Villalta, 1997)). Sin embargo, la práctica del riego aumenta el rendimiento del olivar, aunque sean muy reducidas. Al parecer el riego por goteo parece ser el más adecuado que cualquier otro en el caso del olivo (Orgaz y Fereres, 1997).

El abonado es una práctica anárquica basada en la tradición, en los testimonios de agricultores vecinos y en la ausencia de utilización de métodos de diagnóstico que sirvan de guía de la fertilización. Las necesidades nutritivas de un árbol joven son diferentes de las de un árbol adulto, y las de un olivar plantado en un suelo fértil son también diferentes de las de un olivar sobre un suelo pobre. Cada olivar, en función de sus características, requerirá en cada momento un tratamiento diferente (Fernández-Escobar, 1997). Los abonados más frecuentes son nitrogenados, fosfóricos y potásicos, al igual que para la mayoría de las plantas de cultivo (Guerrero, 1991). Los abonos con mayor concentración de nitrógeno han dado las producciones más elevadas. En el caso del aporte continuado de fósforo, las respuestas positivas se han detectado al cabo de más de tres años (Civantos López-Villalta, 1988; Guerrero, 1991). Los suelos de Andalucía son ricos en potasio, por lo que la respuesta a la fertilización con este elemento es baja (García-Ortiz, 1996).

La fertirrigación consiste en aplicar a la planta los abonos disueltos en el agua de riego. Esta práctica es de uso generalizado en el caso de riegos localizados (Troncoso *et al.*, 1997), en los que se observó una continua formación de raíces durante casi todo el año, salvo a finales del otoño, en cambio en secano, la formación de raíces se daba únicamente desde finales del invierno hasta comienzos del verano (Fernández *et al.*, 1992). Por otro lado, en observaciones llevadas a cabo en plantaciones de la variedad manzanilla se determinó que los olivos fertirrigados tardaban menos de 20 días en absorber P del suelo y trasladarlo a las hojas en los meses de junio y julio con tasas de transpiración elevadas (Fernández *et al.*, 1991). Así mismo, para olivares con riego por goteo, se propone la aplicación del N en forma continuada desde febrero a agosto, con las aportaciones mensuales porcentuales del 2, 5, 10, 25, 35, 15 y 8% respectivamente (Domínguez, 1993). En cambio en secano no se han encontrado ventajas con el fraccionamiento del abono nitrogenado, proponiéndose una única aplicación en invierno, con mejores respuestas a las aportaciones al suelo en formas amoniacales o urea (Ferreira, 1984).

1.4.4-La poda

La poda comprende aquellas operaciones que realizadas sobre el olivo, modifican la forma natural de su vegetación dando vigor o restringiendo el desarrollo de sus ramas, para conseguir la adaptación del árbol al medio y de manera natural obtener de él la máxima producción. La intensidad de la poda ha de adaptarse a las diversas fases de la edad del árbol. En el período improductivo, podar con mayor intensidad, en el período adulto, podar ligeramente y en el período de vejez es necesario rejuvenecer el olivo mediante podas intensas, pero espaciadas por períodos de tiempo relativamente largos para la reconstitución de la copa del árbol. Las actuaciones de poda realizadas a lo largo de la vida en un olivar siempre deben equilibrar el crecimiento y la fructificación, no desvitalizar o envejecer prematuramente el árbol, ser de coste económico, y tener en cuenta que aquél es el principal factor limitante de la producción del cultivo, debiéndose adaptar la dimensión de la copa a la pluviometría y las disponibilidades reales de agua en el suelo (García Ortiz *et al*, 1997). Para determinar la intensidad de la poda, e incluso la realización o no de la misma en un determinado año, hay que tener en cuenta: a- la cuantía de las precipitaciones de agua de lluvia en el período otoño-invierno inmediatamente anterior a la realización de la poda, b- la cosecha del año precedente, c- el estado vegetativo de los árboles en el momento de realizar la poda, d- el destino de la cosecha (aceitunas de mesa o de almazara) y e- la densidad de plantación y el desarrollo de los árboles (Civantos López-Villalta, 1996).

1.4.5-La recolección del fruto

La recolección es una de las operaciones de mayor trascendencia en el cultivo del olivo porque una acertada elección de la forma y del momento de efectuarla influye en la cantidad y en la calidad de la cosecha del año, en el coste de producción y en las cosechas venideras (Civantos, 1996).

Aún no se ha logrado solucionar efectivamente la recojida de la aceituna en lo que respecta a las faenas agrícolas que caracterizan la recolección. El mercado ofrece sólo máquinas que de forma eficiente realizan el derribo del fruto, pero no se ha logrado que todas las soluciones mecánicas aportadas sean suficientemente interesantes como para convencer al agricultor y técnico de su utilización (Porrás, 1997).

1.4.6-Control de plagas

Hasta finales de 1950, la única especie nociva que había que controlar químicamente en el olivar era la mosca del olivo, *Bactrocera oleae* (Gmel.). Este insecto es conocido desde la antigüedad y el propio Plinio menciona que algunos años impedía o dañaba la producción. Con la aparición de las moléculas orgánicas de síntesis, en especial los organofosforados de acción citotrópica empleados contra la mosca del olivo y los carbamatos contra fitófagos menores, se difundió rápidamente el control químico. Inicialmente su aplicación fue muy efectiva pero posteriormente se produjeron explosiones repentinas de otros fitófagos: *Prays oleae* Bern., *Saissetia oleae* (Oliv.), *Lichtensia reburni* (Signoret), *Parlatoria oleae* (Colvée) y *Pollinia pollini* (Costa), como consecuencia de la destrucción de sus controladores biológicos. Debido a esta situación, se intensificaron los estudios sobre las plagas y enemigos naturales y se inició un manejo integrado de plagas utilizando todos los métodos aceptables desde el punto de vista ecológico, económico y toxicológico. En los últimos 20 años se ha avanzado en este sentido, se han ampliado los conocimientos sobre el funcionamiento del agroecosistema, se han elaborado métodos de muestreo y se han definido los umbrales económicos para los principales fitófagos. Así mismo se han introducido entomófagos que no estaban presentes en el área mediterránea y se han puesto a punto estrategias de control más selectivas. Ello ha permitido, en general, que este agroecosistema, inicialmente bastante complejo, recuperase en muchas zonas parte de dicha complejidad (Crovetti, 1996). Sin embargo, con la intensificación y el cambio de técnicas de cultivo están apareciendo nuevos problemas o agravándose algunos existentes como gusanos blancos en las arenas, verticilosis en los regadíos, cochinillas, acariosis, abichado, etc. (Alvarado *et al.*, 1997).

El manejo integrado de plagas se basa en el muestreo y vigilancia de los principales fitófagos. El objetivo es seguir, con las metodologías adecuadas, la evolución de los adultos y determinar con muestreos directos en los órganos vegetativos el tipo y la magnitud de la infestación presente antes de tomar una decisión sobre el tratamiento (Crovetti, 1996).

Para la mosca del olivo, los métodos de seguimiento se basan en las capturas de adultos con diferentes tipos de trampas olfativas, de color (placas cromotrópicas, en general de color amarillo limón), y en la observación de una muestra de drupas tomadas al azar. Para huevos y larvas, se toma una muestra semanal al azar de 200 frutos en la parcela objeto de la observación. En el caso de la polilla se pueden utilizar trampas comerciales con una feromona sintética específica con las que se detecta la población de los machos. Así mismo, se observan 100 órganos, aleatoriamente entre 5 a 10 plantas de cada 100. Igualmente, para determinar el momento en que se inicia la infestación de la cochinilla de la tizne en el cultivo, se escogen semanalmente 40-50 hembras

adultas de varios árboles y distintas orientaciones y se observa si tienen dentro huevos vacíos (Civantos, 1997).

La necesidad de utilizar tratamientos químicos es inevitable, especialmente en el caso de la mosca. El número medio de tratamientos anuales para la protección fitosanitaria del olivar oscila entre 2 a 10 dependiendo de las condiciones medioambientales y de la finalidad de la producción (Cirio, 1997). El control "alternativo" a los plaguicidas para disminuir los efectos adversos de los insecticidas comprende distintas técnicas de lucha, de tipo agronómico, biológico, biotecnológico y bioquímico. Entre las cuales se puede mencionar: el potenciar controladores biológicos existentes o incluso introducir nuevos, lucha microbiológica, reguladores de crecimiento, feromonas sexuales (confusión), cebos proteicos hidrolizados, sistemas de captura masiva, bioinsecticidas de origen vegetal y variedades resistentes. Así, entre otros, para el tratamiento de la mosca se recomienda el trapeo masivo (mass-trapping), en el que se colocan trampas con pegamento impregnadas de un piretroide, en una densidad de 1 trampa por árbol. El control biológico con el parasitoide koinobionte, *Opius concolor* Spliz. El método de la confusión sexual. Para la polilla se recomienda el tratamiento con *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (var. *kurstaki*) contra la generación antófaga y en el caso de la cochinilla, una poda que facilite la aireación para disminuir el riesgo de alcanzar altas poblaciones, contribuyendo a su control. Estas especies plaga presentan un complejo de controladores biológicos que si son potenciados de manera eficiente pueden participar más activamente en el control de las mismas (Crovetti, 1996; Alvarado *et al.*, 1997; Cirio, 1997).

1.5-Economía

El patrimonio oleícola existente se estima en aproximadamente 750 millones de olivos, de los que unos 715 millones, el 95% del total, se sitúan en los países de la cuenca mediterránea, ocupando una superficie de 8.5 millones de hectáreas.

La superficie del olivar en el mundo no ha variado de forma sustancial en el último medio siglo. Es un cultivo con un ciclo muy dilatado, que tarda en entrar en producción, en alcanzar su plenitud e iniciar el declive productivo. En determinados países pueden encontrarse épocas en que se ha propiciado la expansión del olivo como ha sucedido en Argelia, Siria y Argentina. Sin embargo, han sido proporcionalmente modestos y los aumentos de producción se deben más a las mejoras culturales (Civantos López-Villalta, 1997). España es el principal productor del mundo con una superficie del olivar de 2.147.000ha en 1993 de las cuáles, el 60% corresponde a Andalucía (MAPA, 1993).

Por otra parte, la producción del olivar alcanza una media anual del orden de 10 millones de toneladas de aceitunas, de las que el 90% se destinan a la obtención de aceite y el 10% se consumen elaboradas como aceitunas de mesa (Civantos López-Villalta, 1997). La producción mundial de aceite de oliva entre los años 1977 y 1993 presentó la máxima en el año 1991 con 2.2 millones de toneladas y la menor en 1982 con 1.3 millones de toneladas. El crecimiento de la producción es a razón de 25.000tn al año y la tendencia hace prever una producción media de casi 2.1 millones de toneladas al comienzo del siglo XXI (COI, 1995).

La variación del consumo es menor que en el caso de la producción, oscilando entre 1.4 millones de toneladas el primer año del período mencionado y 1.9 millones en el último. El crecimiento es constante a razón de 27.500 t/año, tendencia que llevará al consumo medio del año 2001 ligeramente por encima de 2.1 millones de toneladas. La tendencia del consumo supera a la de la producción desde el año 1985. La Unión Europea encabeza la producción (76%), el consumo (73%) y las exportaciones (53%). El principal país productor es España con el 33% y el principal país consumidor es Italia con el 35%. España consume el 22%. En España el olivar se está renovando, se está disminuyendo en las regiones menos aptas para el cultivo y se ha incrementado la extensión y la producción en las comarcas más aptas.

El 10% de la producción se consume de forma directa como aceituna de mesa. La Unión Europea produce un millón de toneladas, cerca de la mitad de la producción mundial. El principal consumidor de la exportación de la C.E.E es Estados Unidos.

Las tendencias de la producción y la del consumo se mantienen en un equilibrio casi constante, por lo que no es fácil incrementar a corto plazo en un determinado momento, resultando un freno en la política de expansión de las exportaciones. Por ello, un ligero excedente de las cosechas ha resultado ser, en algunas ocasiones un estímulo para el desarrollo de campañas de incremento del consumo, y para la penetración en mercados nuevos.

Los países que han elevado el consumo poco a poco son Estados Unidos, Canadá y Japón, en donde la población tiene elevados niveles de renta y existe gran preocupación por la influencia de la alimentación en la salud, en la expectativa de vida, mostrándose bastantes sensibles a las campañas informativas de los alimentos que reúnen buenas condiciones para estos fines. Así, el aceite de oliva es reconocido como el mejor aceite para la salud debido a sus propiedades especiales (Anónimo, 1984; M.A.P.A., 1984; Grande, 1984; 1988). Por ello, se pudo favorecer la promoción del aceite de oliva, producto natural extraído como un zumo por medios mecánicos, el cual es beneficioso para el aparato digestivo y

especialmente para la prevención de accidentes cardiovasculares. Este factor ha influido para que en Estados Unidos aumentara el consumo de 25.000tn en 1980 a 130.000tn en el año 1993 (Civantos López-Villalta, 1997).

2-LOS FORMICIDAE

2.1-Aspectos generales

Se citan 8 800 especies de hormigas (Hymenoptera, Formicidae) en 297 géneros y 11 subfamilias. Sin embargo, es posible que existan más de 20 000 especies de hormigas y 350 géneros en el mundo (Hölldobler y Wilson, 1990, Bolton, 1995). El mayor número de especies se presentan en los trópicos, unas 6 700, mientras que en las regiones templadas se han identificado aproximadamente 760 especies. En Europa se citan 180 especies (Hölldobler y Wilson, 1990).

Las hormigas están distribuidas en todas las regiones zoogeográficas del mundo y son capaces de adaptarse a los más inhóspitos lugares, soportando desde las condiciones subárticas de la tundra a -40°C a los más calientes desiertos de 70°C (North, 1996).

Los formícidos, si bien son individualmente insignificantes, se encuentran entre los organismos que dominan la tierra, con una biomasa del entorno del 10 a 15% del total de la biomasa animal en la mayoría de los ecosistemas (Hölldobler y Wilson, 1990). El lugar que ocupan en los ecosistemas es muy importante interviniendo en el ciclo de nutrientes en la naturaleza, enriquecimiento de los suelos y en una gran diversidad de interacciones tróficas, tanto que se considera que el flujo de energía que pasa a través de ellas es superior al que pasa a través de los vertebrados homotermos que viven en el mismo habitat (Adlung, 1966; Majer, 1972; Petal, 1978; Bernays y Cornelius, 1989; Detraint, 1990; Fiala *et al.*, 1994; Weseloh, 1996; Ho y Khoo, 1997, Peng *et al.*, 1997). Esto se debe a que están entre los insectos más altamente sociales por el funcionamiento con sistemas de castas, división de labor, cooperación entre individuos en la cría de los jóvenes, empleo de sustancias químicas (feromonas) para comunicarse y a que la reproducción se realiza mediante una casta separada (North, 1996).

La sociedad tiene las castas obrera y reina que provienen de huevos fecundados. Los machos provienen de huevos haploides, tienen una vida muy corta y con la función exclusiva de fertilizar a la reina. La colonia puede tener una reina (monogínicas) o un número variable que puede llegar a más de 100 (poligínicas). La casta de las obreras puede incluir subcastas cuya proporción está determinada genéticamente: obreras "minor", "intermedias" y "mayor". Cada

obrero tiene un pequeño número de tareas en un tiempo determinado. Algunos individuos participan en la alimentación y aseo de las crías, otros en el forrajeo por alimentos, en la vigilancia, en la construcción del nido y también pueden participar bajo ciertas circunstancias en la reproducción, produciendo machos.

La característica más destacada de este grupo de insectos lo constituye el eficiente sistema de comunicación basado en sustancias químicas denominadas feromonas y su sentido del olfato altamente desarrollado, localizado en las antenas y aparato bucal. Presentan al menos 11 glándulas en las cuáles se producen las feromonas que son empleadas en diferentes funciones como alarma, marcaje de pistas y reclutamiento de otras obreras. Así mismo, la concentración de la feromona liberada puede determinar respuestas diferentes. La obrera puede utilizar una feromona a bajas concentraciones para encontrar su camino y a altas concentraciones para atraer a otras obreras de su colonia. Las feromonas pueden estar mezcladas de sustancias químicas producidas por diferentes glándulas. La proporción de estas mezclas determinan que las pistas que marcan las obreras de una colonia sean específicas para los individuos que en ella viven. Igualmente, las hormigas de un hormiguero tienen un olor característico producido por glándulas de la cabeza y tórax, lo que les permite reconocer su nido y a los individuos con los cuáles conviven. Las obreras son los únicos organismos que tienen una glándula metapleurale especial la cual produce sustancias antibióticas que inhiben el crecimiento de microorganismos en la mayoría de las cámaras del nido. Ellas apilan los huevos y larvas sobre el suelo desnudo dentro de la cámara y probablemente esparcen sustancias antibióticas sobre ellos. (Hölldobler y Wilson, 1990; North, 1996).

Las hormigas tienen regímenes alimenticios muy variados, así se las menciona como insectívoras, fitófagas, nectarívoras, granívoras y omnívoras (Dreistad *et al.*, 1986; Gotwald, 1986; Retana *et al.*, 1987; Alsina *et al.*, 1988; Cerdá y Retana, 1988; Retana *et al.*, 1988; Retana *et al.*, 1989; Cushman, 1991; Fernández-Escudero y Tinaut, 1993; Dejean *et al.*, 1997), pero la mayoría de las especies recogen en mayor o menor grado, las sustancias azucaradas (melaza) secretadas por los Homoptera, especialmente pulgones o áfidos (Aphididae) y cochinillas (Coccidae) y las transportan al nido en donde las regurgitan pasándola a los jóvenes y a otras obreras (trofolaxia). Las hormigas estimulan a los Homoptera con sus antenas para obtener una mayor producción de melaza, la cual constituye un recurso alimenticio invaluable porque contiene energía en forma de azúcares, así como aminoácidos y vitaminas (North, 1996).

El estudio de las hormigas es uno de los más prolíficos en cuanto a referencias bibliográficas (más de 20 000) y en los últimos años se han intensificado las investigaciones del comportamiento de estas especies para fines

aplicados como controladores biológicos de plagas (El Haidari, 1981; Paulson y Akre, 1992; Way y Khoo, 1992; Weseloh, 1993; Majer, 1994, Morris *et al.*, 1998), como bioindicadores (Weir, 1978; Majer, 1983; Andersen, 1990; Burbidge *et al.*, 1992; Rabistch, 1997) y como elementos importantes para definir el Índice de Biodiversidad Integral (Majer y Beeston, 1996).

2.2-Los Formicidae en el olivar

La presencia de hormigas en las plantaciones de olivo no ha sido especialmente valorada y las referencias concretas al grupo son escasas, probablemente por ser menos comunes en hábitats que son arados, según lo menciona Pisarski (1978). En general, las referencias son aisladas sin descender del nivel taxonómico de familia. Así, en muestreos realizados en el olivar se determina que el 14.1% de los artrópodos corresponde a Formicidae (Raspi y Malfatti, 1985), mientras que Petacchi y Minocci (1994) registran un 10.9% y Castro *et al.* (1996), indican que llama la atención el elevado número de hormigas en el muestreo con trampas de superficie al estudiar la influencia de los sistemas de cultivo empleados en olivar sobre la composición de la fauna de artrópodos en el suelo. Igualmente se las menciona como depredadoras de larvas de *Zeuzera pyrina* L. (Nakache, 1986) y de larvas y pupas de *Bactrocera oleae* (Gemel.) (Neuenchwander *et al.*, 1986). Por otro lado, a nivel genérico son citadas: *Crematogaster* sp., *Camponotus* sp. e *Iridomyrmex* sp. en interacción con la cochinilla *Saissetia oleae* (Paparatti, 1986). Mientras que Soulié (1961), Arambourg (1966, 1986), Casevitz-Weulersse (1972) y González y Campos (1990) citan en conjunto a tres especies para el olivar: *Crematogaster scutellaris* (Olivier), *Pheidole pallidula* Smith y *Tetramorium semilaeve* André, como depredadoras del barrenillo, *Phloeotribus scarabaeoides* Bern. Así mismo, *Crematogaster scutellaris* y *Camponotus ligniperda* var. *pubescens* Fab. son mencionadas como controladores biológicos de la mosca del olivo *B. oleae* (De Andrés, 1991). Por otro lado, *Crematogaster scutellaris* es citada como un problema al depredar capullos de *Chelonus eleaphilus* Silv., parasitoide de *P. oleae*, especialmente cuando se realizan sueltas de este parasitoide en estado de pupa (Arambourg, 1966). Recientemente, Morris (1997) y Morris *et al.* (1998a, 1998b), al realizar un estudio sobre los depredadores en el cultivo del olivo, mencionan un total de 22 especies de hormigas, siendo las especies dominantes *Tapinoma nigerrimum* (Nylander) y *Crematogaster scutellaris* y comprueban la existencia de una serie de interrelaciones entre este grupo de insectos y la entomofauna coexistente, entre las que se encuentran algunas especies plaga típicas de este cultivo que alimentan la posibilidad de que los Formicidae puedan

desarrollar un papel fitosanitario, tal como ocurre en otros agroecosistemas (Way *et al.*, 1992; Way y Khoo, 1992; Weseloh, 1993; Majer, 1994; Perfecto y Vandermeer, 1994; Perfecto y Snelling, 1995; Weseloh, 1996, Ho y Khoo, 1997; Peng *et al.*, 1997).

3-OBJETIVOS DEL TRABAJO

Sobre la base de los resultados de los trabajos de Morris (1997) y Morris *et al.* (1998), la demanda de estudios sobre el impacto (cualitativo y cuantitativo) a largo plazo de las distintas prácticas agronómicas sobre la biocenosis del olivar (Cirio, 1997) y el interés que tienen estos insectos como bioindicadores (Weir, 1978; Majer, 1983; Andersen, 1990; Burdbidge *et al.*, 1992, Rabitsch, 1997), el presente estudio tiene como objetivo general:

-Determinar la función que cumplen las hormigas en el agroecosistema del olivo.

y como objetivos específicos:

-Inventario, distribución de los hormigueros y diversidad de los Formicidae en el agroecosistema del olivo.

-Determinar los principales elementos de la biocenosis del olivar que coexisten con las hormigas.

-Establecer la actividad e interacciones tróficas de las hormigas en este agroecosistema.



MATERIALES Y METODOS

1-LA ZONA DE ESTUDIO

1.1-Ubicación y vegetación potencial

La zona de estudio se encuentra a 20km al norte de la ciudad de Granada. Las observaciones se realizaron en tres olivares diferenciados fundamentalmente por las prácticas agronómicas: Arenales, Colomera 1 y Colomera 2. Colomera 1 y 2 están colindando uno con otro (600m) y Arenales está ubicado a unos 10km de distancia de los anteriores (Fig. 2). En las proximidades de los olivares de Colomera (1 500 metros) se presenta el Río Colomera y una pequeña laguna.

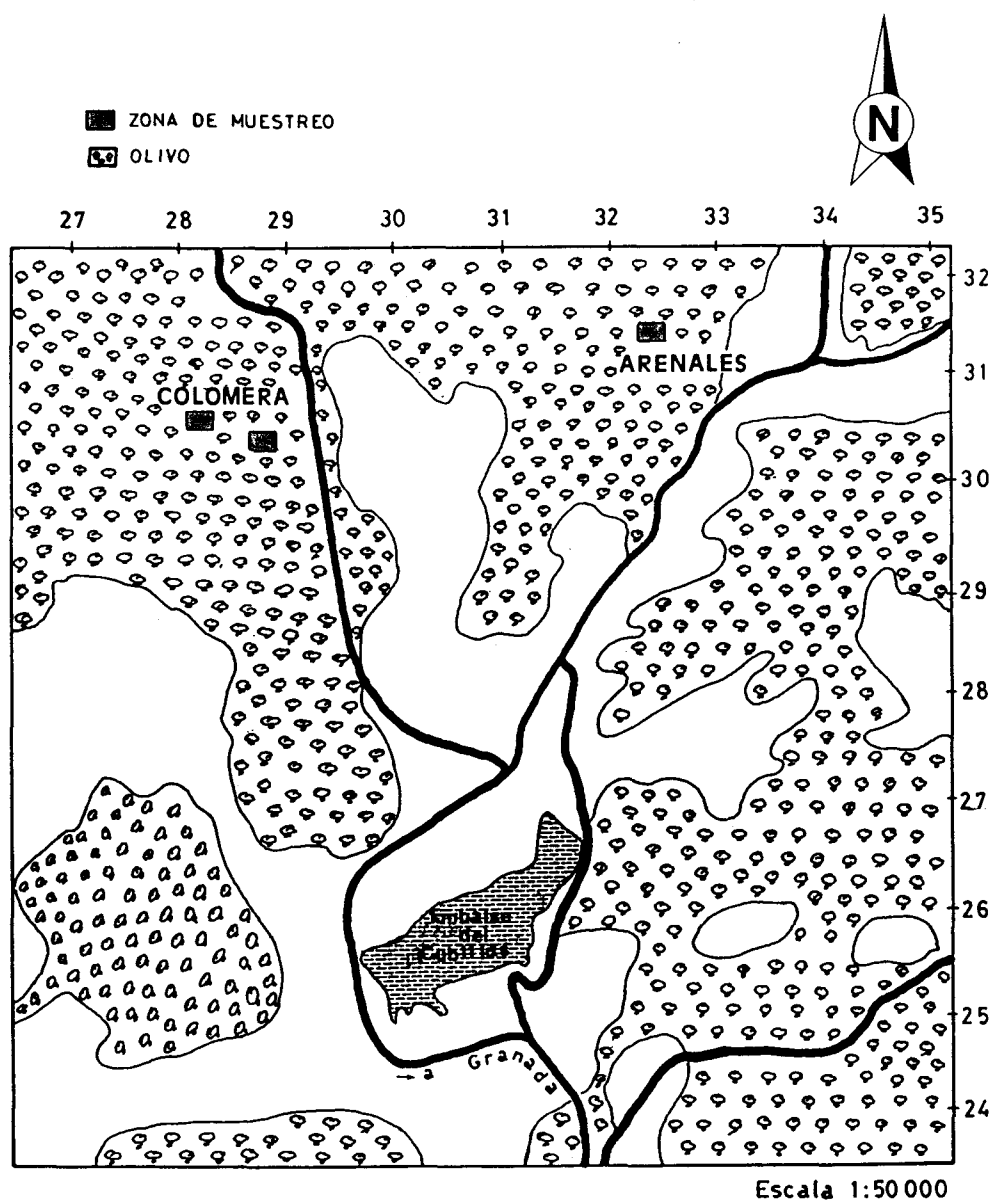


Figura 2: Zonas de estudio: Arenales, Colomera 1 y Colomera 2.

Por tanto, las zonas estudiadas se corresponden con un encinar más o menos sustituido por el cultivo del olivo. La mayor parte del olivar se sitúa en los pisos Termo y Mesomediterráneo en los cuales la vegetación climática se correspondería con la serie de los acebuchales, para el piso Termomediterráneo y de los encinares para el piso Mesomediterráneo (Rivas-Martínez, 1987). En el primitivo bosque existían especies típicas del clima de la Meseta Mediterránea, como la encina (*Quercus ilex*), o el pino de alepo (*Pinus alepensis*) y según lo permitiera la constitución edáfica, el alcornoque (*Quercus suber*); alternando con especies herbáceas como *Smilax aspera*, *Rhamnus alaternus*, *Daphne gnidium*, *Helleborus foetidus* y *Peonia broteli*, entre otras. La vegetación primitiva de la zona puede todavía contemplarse en los linderos y claros del olivar. Por degradación, se ha producido una vegetación arbustiva que comprende, entre otras, a *Asparagus acutifolius* L., *Convolvulus arvensis* L., *Euphorbia characias* L., *Reseda lutea* L., *Rubus ulmifolius* Schott. y *Reseda lutea* L. Sin embargo, la mayoría son especies de flora arvensis más o menos ruderal y de amplia distribución geográfica (González, 1989; Morris, 1997).

1.2-Variedad de olivo.

Las variedades de olivo que se encuentran cultivadas en la zona de estudio son "Picual" o "Martel" en más de 80% y "Hojiblanco" en un 15%.

Las observaciones del presente trabajo se realizaron sobre la variedad "Picual" o "Martel", también denominada como "nevadillo" y "lopereño", que es la principal variedad distribuida en las zonas de Córdoba, Jaén y Granada. Es una de las pocas variedades que en las últimas décadas han ampliado su superficie de cultivo. Es una variedad destinada para aceite y muy apreciada por su precoz entrada en producción, alta productividad, rendimiento graso elevado, facilidad de cultivo y su baja resistencia al desprendimiento durante la recolección. Su aceite es de calidad media, aunque destaca por el alto índice de estabilidad y por un alto contenido en ácido oleico. Es tolerante a la tuberculosis pero susceptible al repilo, verticilosis y al ataque de la polilla del olivo, *P. oleae* Bern. También es tolerante a las heladas pero poco resistente a la sequía (Oliveros y Jordana, 1968; Barranco y Rallo, 1985).

1.3-Factores abióticos.

El clima: el biotopo se caracteriza fundamentalmente por inviernos fríos, así como por un largo período estivo-otoñal de elevadas temperaturas y muy seco. La pluviometría media anual es de unos 500 l, con reparto normalmente igualado,

excepto de junio a agosto donde es muy escasa. La humedad relativa no presenta por lo general, valores muy elevados, salvo en ciertas fechas muy determinadas. La climatología, típicamente continental, produce importantes variaciones térmicas y pluviométricas. Las heladas suelen presentarse de noviembre a marzo, ambos inclusive, aunque no es raro su presencia fuera de dicha época. Generalmente, las temperaturas máximas alcanzan sus valores más elevados (43-45°C) en Julio-Agosto, lo que, en principio puede constituir un factor de gran importancia en el condicionamiento del cultivo y de los fitófagos (Morris, 1997).

El suelo: corresponde a un tipo cambisol cálcico sobre costra caliza de buen drenaje con escaso abonado orgánico (Pérez y Prieto, 1980). Está formado sobre sedimentos del Plioceno, profundos, bien drenados, de textura franca, y muy aptos para el cultivo del olivar. El nitrógeno es un elemento deficitario, que se debe administrar con la fertilización. El contenido de K del suelo es aceptable, si bien con frecuencia se observan síntomas de deficiencia de este elemento en el cultivo, por interacción en la absorción con el calcio. Normalmente, el suelo presenta escaso abonado mineral y es de secano (González, 1989).

1.4- Características de los tres olivares muestreados

Las observaciones y muestreos se realizaron en los tres olivares mencionados en el punto 1, plantados a marco real con distancia entre pies de unos 10 metros y altura media de 3.5 metros. El arado de las zonas claras del olivar (calles), forma un cuadrado de aproximadamente 9m² sin arar debajo de la copa de cada árbol, en cuya zona se desarrollan diversas especies de malas hierbas. Debido a esta práctica, se puede considerar que el olivar presenta un diseño muy característico en comparación con otros cultivos: los árboles en el centro de un cuadrado de unos 9m² sin arar, separados entre si por calles aradas de 7m, prácticamente sin vegetación.

Arenales: El cortijo "Arenales de San Pedro" abarca una extensión de 525 Has con un total aproximado de 28 600 árboles. Los olivos tienen una edad de 80 años y son de tres pies (Foto 1). El riego es por inundación y el laboreo de tipo tradicional. En 1997 se llevó a cabo una poda severa, mientras que en 1998 sólo un aclareo. No se realizaron tratamientos fitosanitarios. El suelo es franco arenoso (Barahona, com.per.), con un porcentaje de grava del 43.97% bajo el árbol y del 34.49% en las calles. Los bancales, con escasa vegetación arbustiva (Foto 2) están distribuidos entre las parcelas y en los límites del cultivo.

Colomera: La finca "La Granja" tiene una extensión de 320 Has con aproximadamente 16 300 árboles. Los olivos tienen una edad de 25 años y son de dos y tres pies. En este olivar se observaron dos parcelas separadas por una distancia de 600m:

Colomera 1: El riego es por goteo con fertirrigación de 5 mangueras por árbol (Fotos 3 y 4) y el laboreo correspondiente a un olivar de tipo moderno. El tipo de poda fue similar a la de Arenales. Se hicieron tratamientos fitosanitarios contra *P. oleae* y *B. oleae*, así también herbicidas bajo la copa del árbol. Presenta un suelo franco bajo el árbol y franco-arcilloso en las calles (Barahona, com.per.), con un porcentaje de grava del 40.46% bajo la copa del árbol y del 32.13% en las calles. Los bancales se encuentran sólo en escasas áreas limítrofes del olivar.

Colomera 2: Es una parcela de 1 Ha, abandonada durante 10 años, tiempo en la cual no se efectuó ningún tipo de laboreo, riego o tratamiento fitosanitario. Está rodeada por el olivar con riego por goteo a manera de una pequeña isla. Pero a partir de Julio de 1997 se inició un laboreo tradicional severo y en 1998 se prosiguió con esta labor y los tratamientos fitosanitarios. Este olivar no presentó el típico cuadrado de área sin arar bajo la copa del árbol, ya que hasta Julio de 1997 todo el suelo de la zona estaba cubierto por malezas y después de esta fecha, el arado severo fue hasta el pie del árbol, eliminando todo tipo de vegetación (Foto 5). Presenta un suelo franco (Barahona, com.per.), con un porcentaje de grava del 44.34% bajo el árbol y del 42.96% en las calles.

2-DATOS CLIMATOLOGICOS

2.1-Macroclima

Los datos climatológicos correspondientes a los años de estudio 1997 y 1998 (Fig. 3) han sido proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología, Centro Meteorológico Territorial de Andalucía Oriental en Málaga..

2.2-Microclima

De acuerdo con la metodología de Majer (1982), Retana *et al.* (1987, 1989), Cerdá y Retana (1988, 1989), Cerdá *et al.* (1989) y Ofer *et al.* (1996), en cada muestreo se registró la temperatura (°C) del aire a 1m de altura, la del suelo a 1cm y humedad relativa (% HR), en intervalos de 1 hora, bajo la copa del árbol y en las calles (Tablas 1-4). Se utilizó un termohigrómetro digital (Hanna Instruments, mod. 8564) y un termómetro de mercurio para suelo (Brand, mod. 18111).

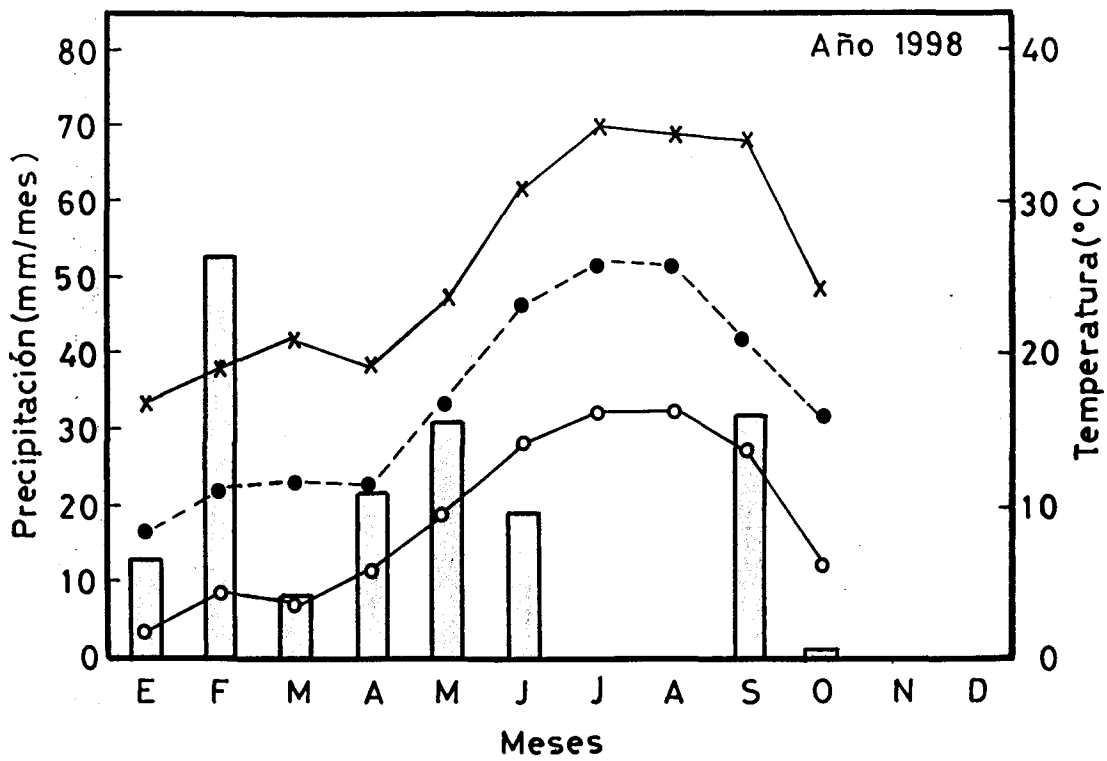
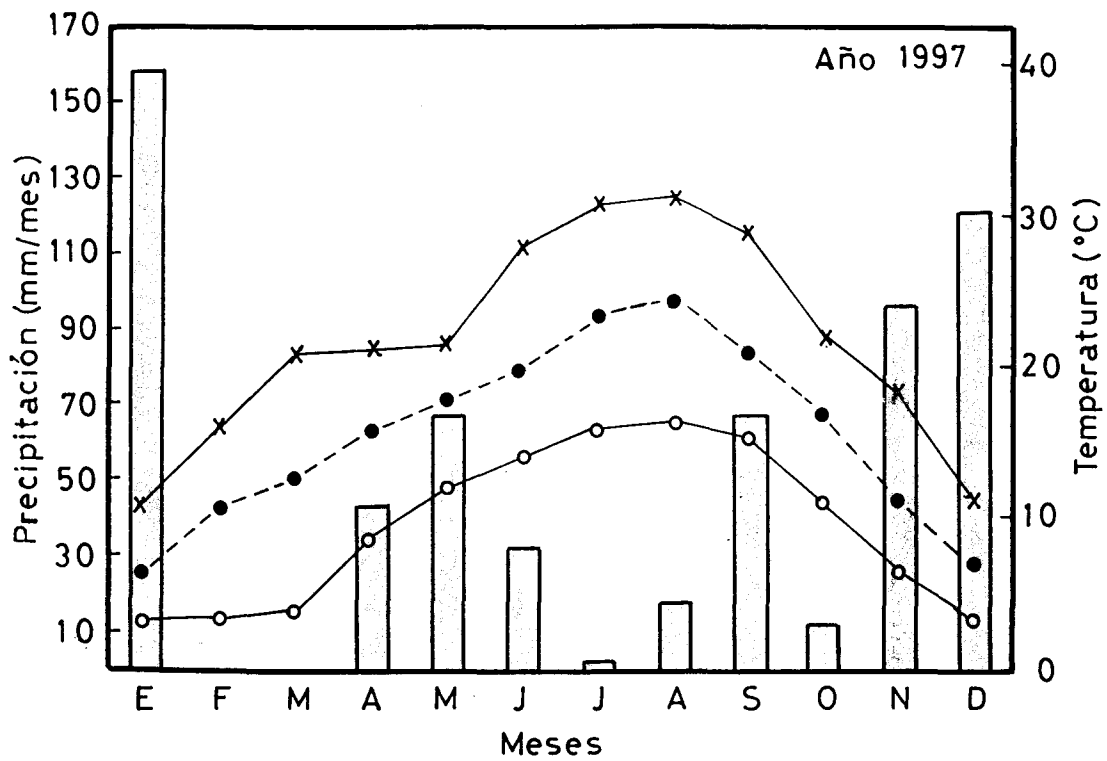


Figura 3: Temperatura (°C): Máxima (x), Mínima () y Media (·). Precipitación (mm/mes).

Tabla 1: Temperatura (°C) y Humedad (%HR) bajo los árboles en los tres olivares en 1997.

	Mayo			Julio			Septiembre		
	Mín.	Máx.	\bar{x}	Mín.	Máx.	\bar{x}	Mín.	Máx.	\bar{x}
Arenales									
°C Aire	15.4	30.0	21.8	18.6	33.2	28.4	22.1	28.7	23.8
°C Suelo	14.6	24.0	19.2	20.6	32.4	25.8	22.7	27.0	21.0
% HR	38.5	56.6	53.0	42.5	56.3	52.3	43.8	64.0	50.0
Colomera 1									
°C Aire	15.8	29.2	21.6	20.3	34.4	29.3	22.4	27.4	22.9
°C Suelo	15.2	29.0	18.3	20.9	31.8	27.3	22.8	27.5	20.4
% HR	40.2	57.7	52.9	46.7	59.0	51.5	44.7	65.0	50.0
Colomera 2									
°C Aire	15.9	32.0	22.1	23.2	36.1	30.1	23.2	29.4	23.7
°C Suelo	14.2	26.0	19.8	21.7	33.4	26.9	23.4	28.0	22.3
% HR	39.2	56.8	51.9	43.6	57.0	50.2	45.0	62.0	51.0

En cada mes, las variables no presentan diferencias significativas entre zonas.
 $P > 0.05$ (Kuskall-Wallis).

Tabla 2 : Temperatura (°C) y Humedad (%HR) en las calles, en los tres olivares durante 1997.

	MAYO			JULIO			SEPTIEMBRE		
	Mín.	Máx.	\bar{x}	Mín.	Máx.	\bar{x}	Mín.	Máx.	\bar{x}
Arenales									
°C Aire	16.2	31.4	23.1	20.1	35.7	30.4	24.4	29.6	26.7
°C Suelo	16.0	30.2	22.3	22.3	37.2	31.4	23.8	28.3	25.5
% HR	36.5	47.5	44.2	35.2	46.0	43.7	37.4	43.6	40.6
Colomera 1									
°C Aire	16.0	30.2	22.8	20.3	34.9	30.3	23.0	28.5	26.2
°C Suelo	15.9	29.8	22.2	23.0	38.1	31.7	22.8	28.2	25.3
% HR	37.2	47.9	44.6	35.8	42.8	40.9	37.3	43.0	40.7
Colomera 2									
°C Aire	17.0	31.8	23.5	20.7	35.8	30.6	23.8	28.8	26.3
°C Suelo	16.4	31.1	22.7	23.2	37.9	31.8	23.6	27.9	25.2
% HR	36.0	46.0	43.7	35.0	42.0	40.5	36.0	44.5	41.0

En cada mes, las variables no presentan diferencias significativas entre zonas.
 $P > 0.05$ (Kruskall-Wallis).

Tabla 3: Temperatura (°C) y Humedad (%HR) bajo la copa del árbol en los tres olivares en 1998.

	Mayo			Julio			Septiembre		
	Mín.	Máx.	\bar{x}	Mín.	Máx.	\bar{x}	Mín.	Máx.	\bar{x}
Arenales									
°C Aire	14.8	29.6	23.7	19.4	37.2	27.4	21.9	27.6	24.2
°C Suelo	14.2	23.6	20.3	21.2	38.1	29.3	21.4	26.2	23.4
% HR	37.5	52.2	44.3	40.5	53.2	47.3	41.2	61.0	47.4
Colomera 1									
°C Aire	14.7	29.3	23.4	19.0	38.3	26.8	22.3	26.6	23.9
°C Suelo	15.0	23.0	20.2	21.8	38.4	28.8	20.3	25.2	22.35
% HR	38.0	53.9	45.0	40.2	53.8	48.3	42.8	62.4	48.4
Colomera 2									
°C Aire	14.0	28.9	23.5	20.3	39.6	27.6	22.4	26.3	24.2
°C Suelo	14.8	24.5	20.8	22.1	39.5	29.5	21.9	25.2	22.9
% HR	37.8	52.0	43.8	38.6	52.5	47.0	40.3	61.3	47.1

En cada mes, las variables no presentan diferencias significativas entre zonas.
 $P > 0.05$ (Kruskall-Wallis).

Tabla 4 : Temperatura (°C) y Humedad (%HR) en las calles en los tres olivares durante 1998.

	Mayo			Julio			Septiembre		
	Mín.	Máx.	\bar{x}	Mín.	Máx.	\bar{x}	Mín.	Máx.	\bar{x}
Arenales									
°C Aire	15.0	30.2	23.7	20.4	39.3	29.2	22.8	28.6	25.2
°C Suelo	16.6	29.7	24.1	22.3	41.2	31.1	21.5	27.4	24.1
% HR	36.2	48.2	44.2	35.8	47.3	44.3	38.2	47.9	43.2
Colomera 1									
°C Aire	16.2	31.3	24.9	20.8	38.8	29.0	22.0	27.4	25.3
°C Suelo	17.3	30.1	24.7	22.5	40.2	30.7	21.0	26.3	24.1
% HR	37.4	49.5	45.2	36.3	48.4	45.0	39.6	48.0	44.2
Colomera 2									
°C Aire	16.5	31.9	24.3	21.4	40.0	29.08	21.3	26.0	24.3
°C Suelo	17.0	30.6	24.7	22.3	41.3	30.2	21.3	25.5	23.4
% HR	37.0	48.0	44.3	36.0	47.8	44.2	38.0	47.0	43.0

En cada mes, las variables no presentan diferencias significativas entre zonas.
 $P > 0.05$ (Kruskall-Wallis).

3-INVENTARIO DE LOS FORMICIDAE Y DISTRIBUCION DE LOS HORMIGUEROS

En cada olivar se muestrearon 60 árboles (seis hileras contiguas de 10 árboles) y los cinco transectos de 100m de longitud por un metro de ancho en las calles, entre las hileras de árboles. En cada árbol se establecieron tres puntos de muestreo:

a- El suelo bajo la copa. En cada olivar se muestreó 540m² (9m² / árbol).

b-El tronco.

c-La copa.

a-Se colectaron o identificaron todas aquellas obreras o nidos en actividad. Además, se levantó un número fijo de piedras (n=5) para localizar aquellas especies que pudieran no estar activas (Tinaut, 1982; Tinaut *et al.*, 1994).

b-Se observó la presencia de nidos y de pistas de recolección y las especies que los constituían.

c-Se muestrearon las cuatro orientaciones del olivo por medio de una macro-red entomológica de 60cm de diámetro (Foto 6). Esta era sostenida por el mango con la mano izquierda, inmediatamente por debajo de las ramas de la copa mientras que con una vara se daban cinco golpes a la copa (Morris, 1997). Posteriormente se batía la red tres veces en el aire para que los especímenes se ubicaran al fondo de la red, se cerraba la malla con la mano, a la mitad de su longitud y se volteaba el fondo en una bolsa plástica transparente.

Los ejemplares colectados en a y b se introducían en pequeños frascos de vidrio de 10ml de alcohol 70% para su posterior montaje e identificación en el laboratorio. En el caso de las bolsas de plástico del muestreo c, éstas fueron colocadas en frigorífico a -20°C hasta el momento de separar los especímenes, los cuáles fueron acondicionados, identificados y depositados en la colección entomológica del Departamento de Agroecología y Protección Vegetal de la Estación Experimental del Zaidín.

En el muestreo de las calles (500m²/olivar), se anotaban las especies y hormigueros que se encontraban.

La observación y toma de muestras tuvo una duración de 15 minutos por árbol y por transecto entre las 9:00 y 14:00 horas, en los meses de Mayo, Julio y Septiembre de 1997 y 1998. Sin embargo, entre los meses de Febrero a Abril, se efectuaron observaciones para detectar el inicio de la actividad de las obreras.

En 1997, se realizó también el mapeo de la distribución de los hormigueros en el suelo e individuos en la copa del árbol para cada zona y hábitat muestreado. Para determinar las especies dominantes en la copa del árbol, se utilizó el criterio de Majer (1987), quien menciona como especies dominantes a las

que presentan más de 200 individuos por árbol y se encuentran sobre muchos árboles, en plantaciones de cacao en Ghana y Brasil y mango en Australia.

Esta metodología de recuento de los hormigueros y pistas de recolección por las hormigas, así como la recogida manual de éstas, ha sido ampliamente utilizada tanto en ecosistemas naturales (Bernstein, 1979; Tinaut, 1979; Cushman *et al.*, 1988; Cerdá y Retana, 1988; Cortés López y Leal, 1991; Dejean *et al.*, 1994; Orr y Charles, 1994; Ofer *et al.*, 1996; Cerdá y Retana, 1998), como también en agroecosistemas arbóreos, principalmente de cacao, café, mango y palmera, para realizar el mapeo de las diferentes especies (Greenslade, 1970; Room, 1971, 1974; Majer, 1972, 1975, 1987, 1991; Leston, 1978; Jackson, 1984; Majer y Delabie, 1993; Majer, 1994; Perfecto y Snelling, 1995; Peng *et al.*, 1995, 1997).

Para determinar la presencia de alguna especie de formícido que no se hubiera detectado con la metodología mencionada, se colocaron 18 trampas pit-fall (7cm de diámetro por 9cm de alto, con agua, detergente y sal) (Foto 7) por un período de 24 horas en cada olivar, tres veces, con un intervalo de 60 días, dispuestas en tres grupos con una separación de 20m entre grupos. Cada grupo constaba de seis vasos: dos pegados al pie del árbol, dos en el borde de la sombra de la copa y dos en el centro de la calle. Sin embargo, Morris (1997), no encontró ninguna especie diferente mediante las trampas pit-fall, a las que ya había detectado en la colecta con el paraguas japonés en la copa del olivo. La utilización de las trampas pit-fall para determinar las comunidades de hormigas ha sido muy frecuente en numerosos estudios (Adams *et al.*, 1980; Cerdá y Retana, 1988; Andersen, 1991, 1994, 1995; Burbidge *et al.*, 1992; Basedow, 1993; Andersen y Reichel, 1994; Perfecto y Snelling, 1995; Andersen y Spain, 1996). Con respecto a la utilización de las trampas de caída, existe controversia entre autores. Algunos opinan que proporcionan una indicación razonable de la importancia de las diferentes especies en el suelo, que tienen la ventaja de utilizarse de día y de noche evitando problemas relacionados con los diferentes ritmos diarios de actividad de las distintas especies y que su empleo permite controlar cambios temporales de la estructura de una comunidad (Marsh, 1984; Andersen, 1986). Sin embargo, otros autores consideran que no es un método adecuado para describir la estructura de una comunidad porque hay numerosos factores que alteran la captura de los distintos grupos (Greenslade, 1973; Pedrocchi, 1985).

4-ELEMENTOS DE LA BIOCENOSIS DEL OLIVAR QUE COEXISTEN CON LAS HORMIGAS

4.1-La artropodofauna

La artropodofauna que coexiste con las hormigas fue muestreada en la copa del árbol conjuntamente con la de las hormigas, según se describe en el Punto 3. El uso de la macro-red entomológica en lugar del paraguas japonés descrito por Hubert (1979) y utilizado por Morris (1997) se debe a que con esta última metodología se necesitaba un mayor período de tiempo y resultaba difícil evitar el escape de especímenes.

Por otro lado, se tuvo en cuenta la entomofauna existente en la vegetación situada al pie del olivo, colectando mediante pincel y frasco de vidrio con alcohol o bien con aspirador, los artrópodos que se observaban, recorriendo el área bajo la copa en un tiempo de 10 minutos por árbol. Los muestreos se realizaron en Mayo, Julio y Septiembre de 1997.

Debido a la imposibilidad de determinar a nivel específico todos los especímenes colectados, se hace referencia a los niveles taxonómicos de género, familia y orden, según sea el caso.

4.2-Los principales fitófagos

Se realizaron dos tipos de muestreos:

a-Para establecer la secuencia estacional de los principales fitófagos que coexisten con las hormigas se utilizó como unidades básicas de muestreo 500 brotes terminales de 10-15cm, 500 inflorescencias y 500 frutos de entre los 60 árboles de cada uno de los tres olivares estudiados. Así mismo, se observó el tronco, ramas principales y secundarias durante 5 minutos por árbol, para detectar la presencia del agusanado (*E. pingüis*). Los muestreos se realizaron durante los meses de Mayo, Julio y Septiembre de 1997.

b-Para establecer la secuencia estacional de los principales fitófagos que coexisten con las dos especies de hormigas más importantes en el olivar de Granada (Morris, 1997), *Tapinoma nigerrimum* y *Crematogaster scutellaris*, se utilizó como unidades básicas de muestreo 100 brotes terminales de 10-15cm, 100 botones florales, 100 inflorescencias y 100 frutos de entre los 20 árboles de cada una de las tres repeticiones en el olivar de Arenales, tal como se describe posteriormente en el Punto 5.2.1. Los muestreos fueron quincenales entre Marzo-Julio y mensuales entre Agosto-October de 1998. Por otro lado, para determinar la interacción hormiga-*S. oleae*-parasitoide se colectaron 20 adultos de *S. oleae* de cada árbol de los tres bloques de 20 árboles y se observó la presencia de parasitoides.

4.3-Los vertebrados

Los topillos (*Pitymys duodecimcostatus*) tienen sus madrigueras en el suelo bajo la copa del árbol y pueden interferir con la actividad de las hormigas. Para determinar la presencia de este mamífero, se contabilizaron los excrementos presentes bajo la copa de cada árbol (n=60) en los tres olivares, en los meses de Mayo, Julio y Septiembre de 1997.

En observaciones preliminares, se detectó la presencia de ofidios y culebrillas en el olivar de Colomera 2, por lo que se rastreó el suelo bajo la copa de cada árbol, con una vara de 1m de largo en el mes de Mayo de 1997.

4.4-La cubierta vegetal del suelo

Para determinar el porcentaje de cobertura vegetal bajo la copa del árbol y calles, se utilizó un cuadrado de 0.50m de lado que se colocó en las cuatro direcciones de 12 árboles, de entre los 60 de cada uno de los tres olivares y en dos puntos al azar de cada uno de los cinco transectos de cada olivar. El muestreo se realizó en el mes de Mayo de 1997 y 1998.

5-LA ACTIVIDAD E INTERACCIONES TROFICAS DE LOS FORMICIDAE

5.1-Actividad e Interacciones tróficas de la mirmecocenosis del olivar

En cada uno de los puntos de muestreos, según se menciona en el Punto 3, se observó y anotó el tipo de alimento que las diferentes especies de hormigas consumían o transportaban, así como su situación con respecto al árbol, es decir si estaban en las ramas, hojas o tronco.

5.2-Actividad de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*

5.2.1-En campo

Para el estudio más profundo sobre la actividad de las hormigas en el olivar, se escogieron las dos especies (*T. nigerrimum* y *C. scutellaris*) que tuvieron el mayor número de pistas en el tronco del árbol durante 1997 y que se presentaron en Abril de 1998. Así también, estas dos especies son mencionadas por Morris (1997) como las de mayor importancia en el olivar de Granada.

Se determinó la distribución de los hormigueros de estas dos especies en tres bloques de 20 árboles (cuatro hileras de cinco árboles), con una separación entre bloques de 30 m. En el caso de *C. scutellaris*, se tuvo en consideración las observaciones de Villagrán y Ocete (1990), quienes indican que puede ser difícil determinar los nidos de *C. scutellaris*, ya sea porque han sido abandonados o bien porque se pueden encontrar hormigas sobre el tronco y que no anidar allí. Lo más aconsejable es contabilizar como hormiguero, aquellos troncos en que se observa un gran número de individuos movilizándose en él y entrando y saliendo por las cavidades del mismo. En cada uno de los 60 árboles se observó si el árbol había producido flores o no y la presencia de pulgones o no en la maleza bajo la copa del árbol, para tratar de establecer alguna relación con estos dos parámetros, puesto que estas dos especies tienen mucha afinidad por alimentos azucarados.

Se precisó la actividad por el tronco de las dos especies de hormigas mediante la observación de tres pistas para cada formicido, ubicadas en diferentes árboles. Utilizando un punto de referencia en la pista, se contabilizó el número de individuos que subían y el número de individuos que bajaban en 5 minutos de cada hora, entre las 8:00 y 18:00 horas (MacNeil *et al.*, 1978; Ackonor, 1984; Majer, 1982; Retana *et al.*, 1986, 1990; Bosch *et al.*, 1987; Alsina *et al.*, 1988; Cerdá *et al.*, 1989, 1994, 1998; Cavia, 1990; Villagrán *et al.*, 1992; Cros *et al.*, 1997). En el caso de *C. scutellaris*, que presenta su nido en el tronco del árbol y al observarse que su desplazamiento se efectuaba a las ramas y copa del árbol, como también hacia el suelo, en donde las obreras recogen alimentos, se realizó un conteo doble en cada uno de los tres olivos. Esto es, las hormigas que suben o bajan del nido (tronco) a la copa del árbol y las hormigas que bajan y suben del nido (tronco) al suelo. Así también, se observó si las obreras de *T. nigerrimum* que visitan el árbol, se desplazan simultáneamente en búsqueda de otros alimentos en las malas hierbas bajo la copa del árbol.

Una vez que se observó el cese de la actividad de *T. nigerrimum*, se colocaron cuatro trampas pit-fall en el suelo junto al pie de cada olivo, entre las 18:00 y 8:00 horas, con la finalidad de detectar el cambio del ritmo de actividad día-noche.

Las observaciones comenzaron en el mes de Febrero para determinar el momento en que las obreras inician su actividad y una vez que se detectó el establecimiento de las pistas de forrajeo se aplicó la metodología mencionada cada quince días entre los meses de Mayo-Agosto y mensualmente en Septiembre-Octubre del año 1998.

5.2.2-En laboratorio

5.2.2.1-Cría en laboratorio de *Tapinoma nigerrimum* y *Creumatogaster scutellaris*

En el olivar de Arenales se colectaron dos hormigueros de *T. nigerrimum* y dos de *C. scutellaris* y en Colomera 2 un hormiguero de *T. nigerrimum*, en el mes de Junio de 1998. Las colonias fueron transportadas al laboratorio en frascos de vidrio de 2.5 l de capacidad con una manga de malla de nailon como tapa. Los hormigueros de *T. nigerrimum* fueron transportados con su propia porción de suelo, mientras que los de *C. scutellaris* fueron transportados con trozos de corteza del árbol.

En laboratorio se instalaron tres hormigueros de *T. nigerrimum* (Fig. 4 A) y dos de *C. scutellaris* (Fig. 4B). Para la instalación de estos se tuvo en consideración las observaciones y materiales mencionados por otros autores (Finnegan, 1969, 1973; Brian, 1950; Detrain *et al.*, 1991; Detrain y Pasteels, 1991; Cerdá y Retana, 1992), así como las sugerencias de Czechowski y Pisarski (1992), quienes indican que la ecología y etología tan variable en las diferentes especies de hormigas hace imposible establecer una fórmula universal para un hormiguero artificial. Cada especie requiere condiciones diferentes y también se debe considerar el objetivo del estudio. Todos los métodos de cría deben ser adaptados a las particularidades bionómicas de las especies, a su estructura y organización social y al mismo tiempo, sin embargo, deben ser seleccionados de acuerdo a los objetivos de la cría del mismo. Básicamente, un hormiguero artificial debe tener dos áreas separadas, el hormiguero y el área de forrajeo. El área de alimentación debe ser seca, tener mucha luz y estar provista con una fuente de proteína, carbohidrato y agua.

Cada uno de los cinco hormigueros constaba de una reina, 50-90 obreras y huevos, larvas y pupas. Las condiciones de temperatura ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (60%) se mantuvieron constantes. Se utilizó como alimento miel líquida y larvas de *Ephestia kuehniella*. La cría de *E. kuehniella* se realizó según lo mencionan Redolfi y Campos (1998). Así también, diariamente se colocaba en la cámara de forrajeo, una rama recién cortada de olivo que presentaba cóccidos en diferentes estados de desarrollo. La cámara que contenía el hormiguero de *T. nigerrimum* fue cubierta parcialmente con una cartulina negra para obtener un efecto de sombra (Markin, 1970).

5.2.2.2-La actividad de las dos especies

La actividad de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris* se determinó mediante el recuento del número de individuos que se desplazaban a través de un punto

determinado (Detrain *et al.*, 1991; Detrain y Pasteels, 1991). El tiempo de observación fue de cinco minutos cada hora, entre las 7:00 y las 22:00 horas. Estas observaciones se repitieron cinco veces en días contiguos.

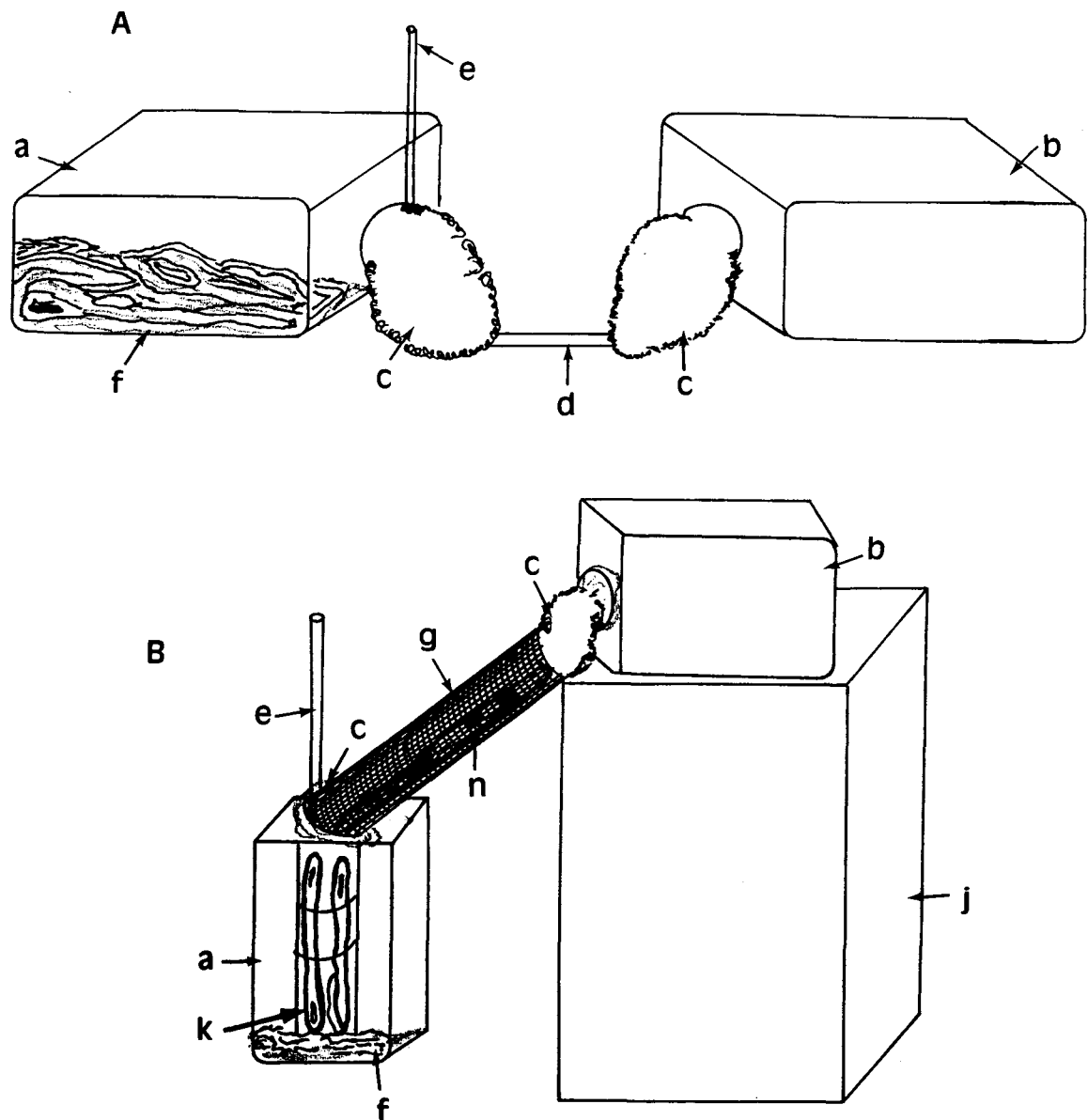


Figura 4: Hormigueros artificiales: A-Para la cría de *T. nigerrimum*, B- Para la cría de *C. scutellaris*. a-Nido (frasco de vidrio, 2 l), b-Cámara de alimentación, c-Manga de nailón (28x19 ϕ cm), d-Manguera de conexión (18x1 ϕ cm), e-Micropipeta conectada a microtúbulo de plástico que termina sobre algodón, para el aprovisionamiento de agua, g-Tubo de malla de alambre (21x9 ϕ cm), h-Corteza de árbol, j-Soporte (37x10x10 cm)

5.3-Régimen alimenticio de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*

5.3.1-En campo

En cada una de las nueve pistas mencionadas en el punto 5.2.1, se contabilizó el número de obreras que pasaban por un punto predeterminado de la pista sobre el tronco y que se dirigían al nido con alimento líquido o sólido, en 5 minutos cada hora, entre las 8:00 y 18:00 horas. Paralelamente en cada pista, se colectaron mediante un pincel, 10 individuos que transportaban alimentos sólidos y se los introducía en un frasco con agua. El frasco de colecta de los individuos debía contener agua para no producir la alarma en la pista y posteriormente se le agregó alcohol 99%, especialmente en el caso de *T. nigerrimum*, la cual no moría en el agua, como ocurría con *C. scutellaris*. En el laboratorio, el material fue examinado con microscopio estereoscópico binocular para determinar el tipo de alimento sólido que transportaban las dos especies de hormigas. Así también, para comprobar el éxito de la recolección de alimento líquido, se colectaron 20 individuos por pista de *T. nigerrimum* y se presionó suavemente el gáster según la técnica utilizada por diferentes autores (Cherix, 1981; Retana *et al.*, 1986, 1987, 1988; Alsina *et al.*, 1988; Cerdá *et al.*, 1989; Cavia, 1990). Por otro lado, se observó cada dos horas, la relación de las dos especies de hormigas con los áfidos en malezas previamente marcadas, es decir, si estaban recolectando melaza o por el contrario, si los utilizaban como presa.

Las observaciones se realizaron quincenalmente entre los meses de Mayo a Agosto y mensualmente entre Septiembre y Octubre de 1998.

5.3.2-En laboratorio

Se realizaron cinco experimentos proveyendo de diferentes tipos de presas a cada uno de los hormigueros. Se seleccionó como presas a los diferentes estados y estadios de los fitófagos más abundantes en el olivo y que coinciden con la presencia de las hormigas. Por otro lado, también se utilizó a *C. carnea* por ser un importante predador en el olivar, sobre el cual Morris (1997) y Morris *et al.* (1998a), registran interacción con las hormigas en campo y laboratorio.

1-*P. oleae*: En la cámara de alimentación de cada hormiguero se colocaron durante 24 horas, con cinco repeticiones, los diferentes estados y estadios de desarrollo de este lepidóptero de manera separada: 20 huevos, 10 larvas de segundo estadio, 10 larvas de quinto estadio y 10 pupas. Se utilizó un control para el caso de huevos y pupas. Así también, se realizaron observaciones sobre el comportamiento de predación (Detrain *et al.*, 1991; Dejean y Dijieto-Lorden, 1996; Dejean y Evraerts, 1997). La cría de *P. oleae* se efectuó según la metodología descrita por Redolfi y Campos (1997).

2-*E. olivina*: En tres ocasiones, se colectaron 10 ninfas de *E. olivina* con secreciones cereo-líquidas en ramas de 10cm de olivo y se colocaron en las cámaras de forrajeo de cada hormiguero.

3-*P. scarabaeides*: Se ofreció a cada hormiguero 10 adultos y se efectuaron dos repeticiones.

4-*S. oleae*: Se colocó en la cámara de alimentación de cada hormiguero, dos a tres patatas con diferentes estadios del cóccido y se observó el comportamiento de las hormigas durante 10 horas de observación.

5-*C. carnea*: Se ofreció a cada hormiguero 20 huevos del neuróptero (Morris, 1997) con los pedúnculos fijos en fibra verde, 20 larvas recién emergidas, 20 larvas maduras y 20 capullos. Se realizaron tres repeticiones, con un control para el caso de los capullos. El material de *C. carnea* se obtuvo de la cría del Laboratorio de Agroecología y Protección Vegetal de la Estación Experimental del Zaidín.

5.4-Interacción hormiga-planta

En observaciones preliminares se detectó relaciones de tres especies de hormigas con la planta. Así, dado que los individuos de *Plagiolepis pygmaea* se agregaban en los bordes de la superficie circular correspondiente a una rama del árbol recientemente podada, en los 60 árboles del olivar de Arenales mencionados en el punto 3, se anotó la presencia y número de individuos de *P. pygmaea* en éstas ramas. También, se determinó el comportamiento de 30 especímenes. Las observaciones se realizaron en el mes de Mayo de 1997.

En el caso de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*, se observó que permanecían durante varios minutos alimentándose en el ápice del envés de la hoja del olivo, exclusivamente en el tiempo de la prefloración. Para estudiar este hecho, se realizó un recorrido alrededor de cada uno de los árboles que presentaban *T. nigerrimum* y *C. scutellaris* de entre los tres bloques de 20 árboles mencionados en el punto 5.2.1, observando la presencia de los individuos y anotando el tiempo de permanencia en el extremo apical de la hoja. Se cortaron 20 hojas visitadas por las hormigas y se observaron con microscopio estereoscópico. Las observaciones preliminares cualitativas se realizaron en Abril-Junio de 1997 y las cuantitativas entre los meses de Abril-Junio de 1998.

Con la finalidad de determinar la existencia de algún tipo de diferencia existente a nivel anatómico y/o nutritivo entre el ápice de la hoja y el resto del limbo foliar se solicitó los análisis respectivos al Departamento de Microscopía Electrónica y al Departamento de Nutrición Animal de la Estación Experimental del Zaidín. Así, se efectuaron cortes histológicos de la parte apical de la hoja y del

centro del limbo foliar en Abril y Junio de 1998. Por otro lado, se realizó el análisis foliar por separado de 50 gr. de ápices de la hoja (triángulo de aproximadamente 0.5cm de lado) y 50 gr. del centro del limbo foliar (0.5x0.5cm). El material se analizó de muestras de hojas del mes de Mayo (prefloración) y se repitió para hojas de Junio, fecha en la que ya no se observaron hormigas alimentándose.

6-ANALISIS ESTADISTICO

El análisis de las variables independientes entre los diferentes meses, años y zonas de muestreo se efectuó mediante el test no-paramétrico Kruskal-Wallis. Así también, se utilizó el test t-student y las pruebas estadísticas correspondientes del paquete estadístico Systac 5.0 para Macintosh.

El análisis de la diversidad se determinó mediante el mayor número posible de Indices de Diversidad, tal como aconsejan diversos autores (Samways, 1984; Southwood, 1987; Magurran, 1988; Krebs, 1989; Roth *et al.*, 1994):

1- Riqueza de Especies : $S = \text{número de especies.}$

2-Índice de Diversidad de Shannon: $H' = -\sum p_i \ln p_i$.

3-Índice de Equitabilidad (o uniformidad, según autores): $E = H'/\ln S$.

4- Índice de dominancia de Berger-Parker: $d = N_{\max} / N$.

5- Índice de diversidad de Margalef: $DM_g = (S-1) / \ln N$.

RESULTADOS Y DISCUSION



1-DIVERSIDAD Y DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES DE FORMICIDAE EN EL OLIVAR

1.1-Riqueza de especies

El total de especies encontradas ha sido de 22, pertenecientes a 13 géneros y tres subfamilias (Tabla 5). La mayoría de estas especies, de acuerdo con su corología, son elementos mediterráneos (Cerdá y Retana, 1988; Tinaut *et al.*, 1994). Morris (1997), al realizar un estudio de los depredadores en dos olivares de Granada, obtiene un total de especies de 23, coincidiendo en 15 especies con el presente estudio. Por otro lado, este autor menciona a *Camponotus cruentatus* Latr., *Camponotus piceus* Ol., *Linepithema humile* (Mayr), *Pheidole pallidula* Nyl. y *Tetramorium caespitum* L., las cuales no han sido encontradas en esta ocasión. Mientras que las especies *Crematogaster sordidula*, *Messor bouvieri*, *Cataglyphis velox*, *Bothriomyrmex* sp. y *Leptothorax* sp. (prop. a *grouvellei*) observadas en este trabajo, no son mencionadas por dicho autor. Así, las especies de Formicidae registradas hasta la fecha, en el olivar en España, son 27.

Igualmente, se han realizado estudios en otros cultivos para determinar la riqueza de especies de hormigas como paso previo para establecer su función e importancia. En plantaciones de café (*Coffea arabica*) en Costa Rica se señalan cuatro especies en monocultivos, mientras que en plantaciones mixtas con árboles maderables el número se eleva hasta 13, mencionándose que un cambio en la estructura de la vegetación con fines de intensificación de la producción de café resulta en una reducción de la diversidad de hormigas (Benítez y Perfecto, 1989; Perfecto y Snelling, 1995). Por otro lado, en este mismo cultivo, pero en Nueva Guinea, se citan 99 especies (Room, 1975). En el cultivo de mango en Australia, con un total de 30 especies, se especifica que 28 especies se encuentran en el suelo, 13 sobre el árbol y de las cuales 11 son comunes a ambos nichos (Majer y Camer-Pesci, 1991). En los cultivos de cítricos en Africa se citan 123 especies, pero sólo 49 fueron encontradas en los árboles (Samways, 1981; Samways *et al.*, 1982; Samways, 1984). En el cultivo de cacao en Africa y más recientemente en Brasil, se ha realizado el mayor número de estudios de poblaciones de hormigas. Al parecer, unas 250 especies de hormigas están presentes regularmente en las plantaciones de cacao en Africa (Booker, 1968; Room, 1971; Majer, 1972), mientras que en Brasil se registran 91 especies (Majer *et al.*, 1994).

Tabla 5: Listado de especies de Formicidae, por Subfamilias y Tribus, colectadas en el olivar de Granada. 1997-1998.

- Subfamilia Myrmicinae
 - Tribu Pheidolini
 - A-*Aphaenogaster gibbosa* (Latreille, 1798).
 - B-*Aphaenogaster senilis* Mayr, 1853.
 - C-*Messor barbarus* (Linneo, 1767).
 - D-*Messor bouvieri* Bondroit, 1918.
 - Tribu Crematogastrini
 - E-*Crematogaster auberti* Emery, 1869.
 - F-*Crematogaster scutellaris* (Olivier, 1792).
 - G-*Crematogaster sordidula* (Nylander, 1849).
 - Tribu Solenopsidini
 - H-*Solenopsis latro* Forel, 1894.
 - Tribu Leptothoracini
 - I-*Leptothorax krausseii* Emery, 1916.
 - J-*Leptothorax* sp. (prop. a *grouvellei*)
 - Tribu Tetramoriini
 - K-*Tetramorium semilaeve* Andrè, 1883.
- Subfamilia Dolichoderinae
 - Tribu Tapinomini
 - L-*Bothriomyrmex* sp.
 - M-*Tapinoma nigerrimum* (Nylander, 1856).
- Subfamilia Formicinae
 - Tribu Plagiolepidini
 - N-*Plagiolepis pygmaea* (Latreille, 1798).
 - Tribu Lasiini
 - Ñ-*Lasius alienus* (Foerster).
 - O-*Lasius niger* (L.)
 - Tribu Camponotini
 - P-*Camponotus foreli* Emery, 1881.
 - Q-*Camponotus lateralis* (Olivier, 1792).
 - R-*Camponotus sylvaticus* (Olivier, 1792).
 - Tribu Formicini
 - S-*Cataglyphis rosenhaueri* Santschi, 1925.
 - T-*Cataglyphis velox* Santschi, 1929.
 - U-*Formica subrufa* Roger, 1859.

Las especies colectadas en el olivar son bastante frecuentes en los ecosistemas naturales que se corresponden con los espacios hoy ocupados por el olivar y que debieron corresponder a un encinar en sus diferentes niveles de degradación. En esos habitats, la fauna de hormigas estaría compuesta por aproximadamente unas 52 especies (Tinaut *et al.* 1994). Esta reducción en el número de especies se debe a que el olivar es un agroecosistema muy selectivo para la fauna del suelo ya que el laboreo que se realiza en las calles entre los árboles, elimina todo tipo de vegetación y únicamente la parte del suelo que está directamente bajo la copa del árbol permite que crezcan especies herbáceas de pequeño tamaño, liberando a esa zona de la insolación y de la erosión de la lluvia. Así mismo, se menciona una reducción de especies de hormigas en los cultivos de cacao (S=41) y banana (S=24) con respecto al bosque primario (S=67) en Costa Rica (Roth *et al.*, 1994). Por otro lado, el reemplazo de la vegetación nativa por jardines o plantaciones resulta no sólo en una considerable disminución en la riqueza de especies de hormigas, sino también en una reducción en el número de grupos funcionales y en la alteración en la composición de especies (Burbidge *et al.* 1992).

En el presente estudio, podemos comparar la riqueza de especies de los tres olivares considerados, en razón de que el análisis estadístico de los datos microclimáticos de temperatura y humedad señalan que no hay diferencias significativas entre zonas, en cada uno de los meses muestreados en cada año del estudio (Tablas 1-4). Puesto que la fenología y el marco de plantación es similar para los tres olivares, podemos suponer que las diferencias encontradas en la composición faunística deben estar más motivadas por las diferencias en los tipos de manejo agronómico, expuestos en el capítulo de Materiales y Métodos. La mirmecofauna tuvo una variación cuantitativa y cualitativa, tanto espacial entre las zonas de muestreo, como temporal durante la campaña en cada olivar (Tabla 6).

La riqueza de especies fue mayor en el olivar de Arenales con respecto a Colomera 1 y 2. La reducción de especies en Colomera 1 podría deberse al uso continuado de plaguicidas observándose en bancales en los bordes limítrofes de la plantación un mayor número de especies (n=9), dado que estas zonas son menos accesibles a la aplicación de insecticidas. Sin embargo, el olivar abandonado Colomera 2, lugar en el cual no se realizaron prácticas agronómicas durante 10 años, debió presentar un mayor número de especies que el cultivo en producción,

Tabla 6: Riqueza de especies en tres olivares de Granada.

Especie	1997				1998			Total
	Aren.	Col.1	Col.2	Aren.	Col.1	Col.2		
	m j s	m j s	m j s	m j s	m j s	m j s		
- <i>A.gibbosa</i>	x x			x x			4	
- <i>A.senilis</i>	x x x			x x x			6	
- <i>M.barbarus</i>	x	x	x x x	x	x	x x x	10	
- <i>M.bouvieri</i>			x x				2	
- <i>C.auberti</i>			x x	x			3	
- <i>C.scutellaris</i>	x x x			x x			5	
- <i>C.sordidula</i>	x x			x			3	
- <i>S.latro</i>	x x		x		x		4	
- <i>L.kraussei</i>	x						1	
- <i>Leptothorax</i> sp.			x				1	
- <i>T.semilaeve</i>	x x x	x		x	x		6	
- <i>Bothriomyrmex</i>			x				1	
- <i>T.nigerrimum</i>	x x x	x x x	x x x	x x	x x	x x	15	
- <i>P.pygmaea</i>	x x x	x x	x	x x	x		9	
- <i>L.alienus</i>	x						1	
- <i>L.niger</i>	x						1	
- <i>C.foreli</i>	x x						2	
- <i>C.lateralis</i>	x			x x			3	
- <i>C.sylvaticus</i>	x x x		x	x x			6	
- <i>C.rosenhaueri</i>	x x x		x x x	x x		x x x	12	
- <i>C.velox</i>			x	x		x	3	
- <i>F.subrufa</i>	x			x			2	
Total	16-10-9	4-2-1	6-8-6	10-11-3	3-1-1	4-3-2		
	19	4	12	15	4	4		

S= 22 (Arenales=19, Colomera 1=5, Colomera 2=12)

m=mayo, j=julio, s=septiembre, S= riqueza de especies.

tal como lo mencionan otros autores al comparar la mirmecocenosis de cultivos en producción, con respecto a cultivos abandonados. Así, Roth *et al.* (1994), mencionan que en una plantación abandonada ubicada en las cercanías del bosque primario de cacao el número de especies de hormigas fue mayor (n=52) que en una plantación en producción (n=41). Igualmente, Morris (1997), observó mayor número de especies en un olivar abandonado que en uno tradicional, estando el

primero localizado en una zona de influencia de la vegetación primaria. Una explicación a los resultados obtenidos en este trabajo, podría ser que el olivar abandonado presentaba un fuerte stress por falta de riego y también a su ubicación, totalmente rodeado del olivar característico de Colomera 1, el cual actuó de barrera física. Por otro lado, se debe considerar que Arenales tiene un mayor número de bancales dentro del olivar, en cuyos lugares se conserva un reservorio de especies de hormigas que se trasladan al cultivo cuando el manejo agronómico del mismo lo permite, tal como ocurre con *T. nigerrimum*, *C. rosehaueri*, *F. subrufa* y *C. foreli*.

El número de especies varió a lo largo del año en los tres olivares (Tabla 6). El mayor número de especies se presentó entre los meses de Abril y Julio (Fig. 5), disminuyendo a partir de este mes. Estos resultados coinciden con los mencionados por Morris (1997) quien indica que en Arenales, durante los años 1994 y 1995, el número de especies fue más elevado en los meses de Mayo y Junio, disminuyendo en Julio y Agosto, en coincidencia con el aumento de la temperatura. La presencia de las hormigas a lo largo del año en el olivar se relaciona con los factores climáticos que determinan la floración del cultivo y de las malezas del suelo bajo la copa del árbol, así como el aumento de las poblaciones de la artropodofauna que coexisten con las hormigas. Por lo tanto, se pueden considerar tres etapas con diferente riqueza de especies de hormigas en el olivar (Fig. 5):

I-Marzo-Mayo: se presentan una o dos especies, con un incremento constante en el número de especies. *T. nigerrimum* fue la primera que se observó en los dos años de estudio. En 1997 lo hizo en el mes de Marzo, mientras que en 1998 apareció en el mes de Febrero, donde las temperaturas mínimas fueron más altas con respecto al mes de Febrero del año anterior (Fig. 3).

II-Mayo-Julio: caracterizada por la presencia del mayor número de especies de hormigas. Esta etapa podría adelantarse a Abril-Junio, según las condiciones climáticas.

III-Julio-October: se asiste a una disminución del número de especies. La especie *C. scutellaris* fue la última en desaparecer del cultivo, observándose este hecho en el mes de Septiembre-October. Por otro lado, se puede considerar una etapa de ausencia de especies entre los meses de October-Febrero.

La variación en riqueza total de especies que se presentó entre los años 1997 (S=22) y 1998 (S=15), son también mencionadas por Morris (1997), quien hace referencia a la diferencia en el número de especies entre años, citando 19 y 11 especies de hormigas en los años 1994 y 1995 respectivamente en el olivar de

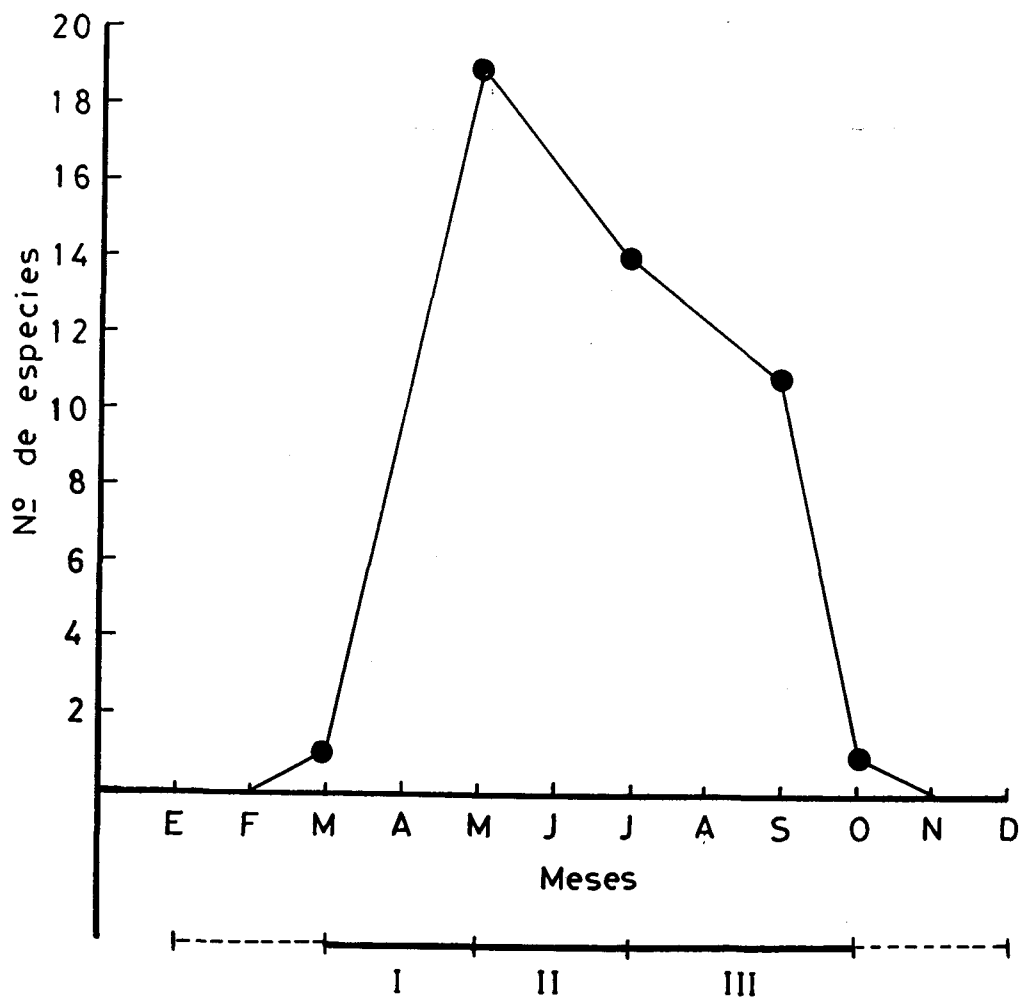


Figura 5 : Riqueza de especies durante el año 1997 en el olivar de Granada.

Arenales. Mientras que en el olivar abandonado Parque de Invierno, se aprecia una diferencia semejante de 20 y 12 especies respectivamente, para ambos años. Una observación semejante realizan Retana *et al.* (1989) al estudiar la comunidad de hormigas del Boalar de Jaca. Estos autores mencionan un total de 23 especies pero indican que en otro muestreo realizado por Pedrocchi en 1979-80, en esa misma zona, se habían identificado 19 especies, de las cuales ocho no aparecieron en el de ellos. Al parecer, el número y las especies de hormigas que se colectan en un lugar determinado varía en el tiempo, lo que puede ser debido a las diferencias en la metodología, hora y fecha del muestreo, a factores climáticos, así como a la propia estacionalidad del sistema. En el caso de los agroecosistemas, las diferentes prácticas agronómicas juegan un papel muy importante en este sentido.

Esta variación en el número de especies es importante que sea tomada en cuenta y evaluada, especialmente en aquellos casos en los que se utilice a las hormigas como bioindicadores.

Las especies de hormigas que aparecieron en el mayor número de muestreos (n=18) en los tres olivares, a lo largo de los dos años de estudio fueron: *T. nigerrimum*, *C. rosenhaueri* y *M. barbarus*. Estas dos últimas especies no suben al árbol y se distribuyen de preferencia en las calles del olivar y bancales, por lo tanto, se puede decir que *T. nigerrimum* (Foto 8) es la más común y constante en el árbol. Morris (1997) y Morris *et al.* (1998), también destacan la predominancia de esta especie en el olivar de Arenales. Otros autores la definen como una especie colonizadora y oportunista, muy resistente a la inundación (Bernard, 1983) lo que le confiere una capacidad especial para colonizar medios inestables (Cerdá y Retana, 1988). Se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2 500m de altitud (Tinaut, 1981). Forma colonias poligónicas divididas en subunidades conectadas por pistas químicas que la dotan de una gran plasticidad ecológica (Cerdá *et al.*, 1989) y la habilidad de instalarse en áreas degradadas (Acosta, 1980; Acosta *et al.*, 1983). Por eso, esta especie es particularmente abundante en áreas antropizadas (Passera, 1977; Comin y De Haro, 1980; Espadaler, 1986)

Los Formicidae menos frecuentes del olivar y que se presentaron sólo en uno de los muestreos fueron: *L. kraussei*, *Leptothorax* sp. (prop. a *grouvellei*), *Bothriomyrmex* sp., *L. alienus* y *L. niger*. *L. kraussei* fue citada por Morris (1997) como muy rara en el olivar de Arenales, y sólo se conoce en algunas localidades muy dispersas (Sicilia, Cerdeña, Córcega, sur de Francia, Pirineo). En la Península Ibérica se ha citado en la Serranía de Cuenca, Sierra Nevada y sierra de Tejeda (Tinaut y Matínez, 1998). Siempre se había encontrado bajo la corteza de coníferas y robles, por lo que su hallazgo en el olivar resulta corológicamente

de interés. Las especies *Leptothorax* sp. y *Bothriomyrmex* sp. fueron capturadas en la copa del árbol en Colomera 2. Se colectó un macho de cada una de ellas, por lo que se asume que las especies deben haber estado establecidas en el cultivo. Las especies *L. alienus* y *L. niger* fueron capturadas en el olivar de Arenales únicamente en Mayo de 1997, sin embargo, son citadas por Morris (1997) como frecuentes durante toda la estación, especialmente en Mayo y Junio, en el olivar de Arenales.

1.2-Distribución de las diferentes especies en los puntos de muestreo.

1.2.1-Número de nidos y especies en el suelo bajo la copa del árbol.

Se encontraron 13 especies con nidos bajo la copa del árbol: *A. gibbosa*, *A. senilis*, *M. barbarus*, *C. auberti*, *C. sordidula*, *S. latro*, *T. semilaeve*, *T. nigerrimum*, *P. pygmaea*, *C. foreli*, *C. sylvaticus*, *C. rosenhaueri* y *F. subrufa*.

El mayor número de especies se registró en el olivar de Arenales (S=13), a continuación Colomera 1 (S=7) y Colomera 2 (S=6). Las especies comunes a las tres zonas fueron: *M. barbarus*, *T. semilaeve*, *T. nigerrimum*, *P. pygmaea* y *C. rosenhaueri*. Por otro lado, *T. nigerrimum*, *P. pygmaea* (Foto 9) y *A. senilis* constituyeron el mayor número de nidos y permanecieron en el cultivo durante todo el período de muestreo, aunque *A. senilis* sólo apareció en el olivar de Arenales (Tablas 7-12). La ausencia de esta especie en Colomera 1 podría explicarse por la aplicación de agroquímicos en el cultivo, mientras que en Colomera 2 podría deberse al alto número de *T. nigerrimum*, especie conocida por su agresividad y capacidad de desplazamiento de otras especies (Cerdá *et al.*, 1989).

El número de nidos fue significativamente superior durante 1997 con respecto a 1998 en las tres zonas ($P < 0.05$ en Arenales y Colomera 1; $P < 0.001$ en Colomera 2) (Tabla 13), debido probablemente a las diferencias climáticas entre los dos años (Fig. 3), lo cual puede haber influido de manera directa sobre el comportamiento de las diferentes especies de hormigas o bien de forma indirecta al afectar la fenología del árbol y malas hierbas que representan la base del recurso alimenticio de los Formicidae. En el año 1998 se observó un descenso de las precipitaciones y un aumento de las temperaturas a partir del mes de Abril, con respecto a 1997. Esto ocasionó una disminución del período de floración del árbol y de las malezas del suelo y provocó el marchitamiento de la cubierta vegetal del

suelo en el mes de julio, con una antelación de aproximadamente 25 días, con respecto al año 1997. Estas diferencias explicarían la disminución tan marcada del número de nidos de *P. pygmaea* en Arenales y en menor grado en Colomera 1, considerando que esta especie resiste con dificultad las temperaturas más elevadas, siendo bastante activa en las épocas relativamente frescas (Retana *et al.*, 1989). Así mismo, pudieron ser las causantes de la desaparición de *T. nigerrimum* a partir del mes de julio de 1998 en los tres olivares. Sin embargo, en Colomera 2, la disminución altamente significativa ($P < 0.001$) del número de nidos tiene otra explicación aparte de las diferencias climáticas entre ambos años. El laboreo intenso iniciado en este cultivo en Julio de 1997 y las aplicaciones de plaguicidas realizadas en 1998, provocaron probablemente la disminución del número de nidos bajo la copa del árbol y esta zona pasó a ser un continuo con el olivar que lo rodeaba y Colomera 1 (Tablas 9 y 12).

Tabla 7: Número de nidos en el suelo bajo la copa del olivo (n=60) de cada especie de hormiga, en la superficie muestreada (540m²), durante 1997 en Arenales.

Especie	Mayo	Julio	Septiembre
<i>A. gibbosa</i>	2	1	--
<i>A. senilis</i>	16	21	5
<i>M. barbarus</i>	--	1	--
<i>C. sordidula</i>	1	--	7
<i>S. latro</i>	2	--	10
<i>T. semilaeve</i>	3	2	6
<i>T. nigerrimum</i>	8	8	3
<i>P. pygmaea</i>	24	20	1
<i>C. foreli</i>	1	--	--
<i>C. sylvaticus</i>	2	2	2
<i>C. rosenhaueri</i>	1	2	2
<i>F. subrufa</i>	1	--	--
Total	61	57	36

Tabla 8: Número de nidos (n=60) en el suelo bajo la copa del árbol de cada especie de hormiga, en la superficie muestreada (540m²), durante 1997 en Colomera 1.

Especie	Mayo	Julio	Septiembre
<i>M. barbarus</i>	1	--	--
<i>T. semilaeve</i>	2	--	--
<i>T. nigerrimum</i>	5	2	3
<i>P. pygmaea</i>	5	7	--
Total	13	9	3

Tabla 9: Número de nidos en el suelo bajo la copa del árbol (n=60) de cada especie de hormiga, en la superficie muestreada (540m²), durante 1997, en Colomera 2.

Especie	Mayo	Julio	Septiembre
<i>M. barbarus</i>	--	4	6
<i>C. auberti</i>	14	10	--
<i>S. latro</i>	--	--	12
<i>T. semilaeve</i>	--	--	58
<i>T. nigerrimum</i>	46	9	1
<i>P. pygmaea</i>	1	--	--
<i>C. rosenhaueri</i>	--	1	--
Total	61	24	77

Tabla 10: Número de nidos en el suelo bajo la copa del árbol (n=60) de cada especie de hormiga, en la superficie muestreada (540m²), durante 1998 en Arenales.

Especie	Mayo	Julio	Septiembre
<i>A. gibbosa</i>	1	1	--
<i>A. senilis</i>	20	22	2
<i>C. auberti</i>	1	--	--
<i>C. sordidula</i>	--	1	--
<i>S. latro</i>	--	--	4
<i>T. semilaeve</i>	--	--	6
<i>T. nigerrimum</i>	11	2	--
<i>P. pygmaea</i>	10	2	--
<i>C. sylvaticus</i>	3	1	--
Total	46	29	12

Tabla 11: Número de nidos en el suelo bajo la copa del árbol (n=60) de cada especie de hormiga, en la superficie muestreada (540m²), durante 1998 en Colomera 1.

Especie	Mayo	Julio	Septiembre
<i>M. barbarus</i>	1	--	--
<i>T. nigerrimum</i>	3	2	--
<i>P. pygmaea</i>	2	--	--
<i>C. rosenhaueri</i>	--	--	1
Total	6	2	1

Tabla 12: Número de nidos en el suelo bajo la copa del árbol (n=60) de cada especie de hormiga, en la superficie muestreada (540m²), durante 1998, en Colomera 2.

Especie	Mayo	Julio	Septiembre
<i>M. barbarus</i>	--	--	4
<i>T. nigerrimum</i>	11	2	--
<i>C. rosenhaueri</i>	--	1	--
<i>C. velox</i>	1	--	--
Total	12	3	4

El número de nidos tuvo una tendencia a disminuir significativamente entre los meses de Mayo a Septiembre en ambos años y en las tres zonas (Arenales: $P < 0.05$ y $P < 0.01$ en 1997 y 1998; Colomera 1: $P < 0.05$ en 1997; Colomera 2: $P < 0.05$ en 1998) (Tabla 13). Por otro lado, en el olivar Colomera 2, el número de nidos aumentó significativamente ($P < 0.001$) en el mes de Septiembre de 1997 debido a la especie *T. semilaeve*, lo cual también ocurrió en Arenales, aunque en menor grado, mientras que en Colomera 1 esta especie no apareció (Tablas 7, 8 y 9). Es de interés resaltar la presencia de *S. latro* (Foto 10), en el interior de los huesos de los frutos (40%) caídos al suelo por acción de *P. oleae*. No se pudo establecer con exactitud si *S. latro* invadió el hueso de los frutos por alimento y/o por refugio, ya que en numerosas ocasiones se observó frutos con *S. latro* totalmente rodeados por *T. semilaeve*. En laboratorio se comprobó la elevada agresividad entre estas dos especies cuando una población de *T. semilaeve* (n=43) destruyó a *S. latro* (n=126) en menos de dos horas. Se observó que los individuos ya muertos de *S. latro* quedaban sostenidos fuertemente mediante sus mandíbulas a las extremidades de los individuos de *T. semilaeve*. Este aumento de la población de *T. semilaeve* y aparición de *S. latro* no se vuelve a producir en el olivar Colomera 2 en 1998 debido probablemente al uso de plaguicidas durante ese año, mientras que en Arenales se presentaron nuevamente las dos especies, lo cual indica que la ausencia de la dos especies en Colomera 2 no se debe a los cambios en las condiciones climáticas (Tablas 10 y 12).

El número de nidos en Arenales y Colomera2 fueron significativamente superiores a los de Colomera 1 durante 1997 ($P < 0.05$). En el mes de Septiembre

de 1997, como ya se explicó, Colomera 2 presentó un mayor número de nidos que Arenales ($P < 0.001$) (Tablas 7, 9 y 13). En el año 1998, el arado y el uso de plaucidas, en el olivar Colomera 2 hizo disminuir significativamente el número de nidos con respecto al año anterior ($P > 0.001$) y no se diferenció del olivar Colomera 1 (Tabla 13).

Tabla 13: Número medio (+sd), mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) de nidos en el suelo bajo la copa del árbol ($n=60$), en los tres olivares en 1997 y 1998.

Número de nidos					
Zona	Año	Mes	Media±sd	Mín.	Máx.
Arenales	1997	mayo	1.03 ± 1.17 aa	0.00	4.00
		julio	0.95 ± 0.79 b	0.00	3.00
		septiembre	0.60 ± 0.78 c	0.00	3.00
Colomera 1		mayo	0.21 ± 0.45 ab	0.00	2.00
		julio	0.15 ± 0.40 b	0.00	2.00
		septiembre	0.05 ± 0.22 c	0.00	1.00
Colomera 2		mayo	1.01 ± 0.59 aa	0.00	2.00
		julio	0.41 ± 0.61 b	0.00	2.00
		septiembre	1.28 ± 0.58 c	0.00	3.00
Arenales	1998	mayo	0.75 ± 0.87 aa	0.00	3.00
		julio	0.48 ± 0.53 b	0.00	2.00
		septiembre	0.20 ± 0.54 c	0.00	3.00
Colomera 1		mayo	0.10 ± 0.30 ab	0.00	1.00
		julio	0.03 ± 0.18 a	0.00	1.00
		septiembre	0.01 ± 0.12 a	0.00	1.00
Colomera 2		mayo	0.20 ± 0.40 ac	0.00	1.00
		julio	0.05 ± 0.22 b	0.00	1.00
		septiembre	0.08 ± 0.33 b	0.00	2.00

Las cifras con la misma letra no difieren significativamente entre sí (Kruskal-Wallis $P > 0.05$).

1.2.2-Número de nidos y especies en las calles

Las ocho especies que se encontraron con hormigueros en las calles del olivar fueron: *A. senilis*, *M. barbarus*, *M. bouvieri*, *T. nigerrimum*, *C. sylvaticus*, *C. rosenhaueri*, *C. velox* y *F. subrufa*. En el olivar de Arenales se observó mayor

número de especies (n=6) que en Colomera 2 (n=5), mientras que Colomera 1 no presentó nidos en las calles. Las especies comunes a las dos zonas fueron *C. rosenhaueri*, *M. barbarus* y *C. velox* (Tablas 14 y 15).

Tabla 14: Número de nidos en las calles (n=5), de cada especie de hormiga en la superficie muestreada (500 m²), en los tres olivares durante 1997.

Zona	Especie	Mayo	Julio	Septiembre
Arenales	<i>A. senilis</i>	--	2	--
	<i>M. barbarus</i>	--	1	--
	<i>C. sylvaticus</i>	--	1	--
	<i>C. rosenhaueri</i>	1	--	--
Total		1	4	--
Colomera 1	-----	--	--	--
Colomera 2	<i>M. barbarus</i>	13	10	46
	<i>M. bouvieri</i>	--	1	16
	<i>T. nigerrimum</i>	7	7	12
	<i>C. rosenhaueri</i>	5	1	2
	<i>C. velox</i>	--	1	--
Total		25	20	76

En el olivar Colomera 2 el número de nidos fue significativamente más elevado que en Arenales ($P < 0.001$) en los dos años de estudio, excepto en el mes de Septiembre de 1998 en el cual no se observaron nidos en las calles a causa del laboreo que se inició en esta zona (Tabla 16). Igualmente, el bajo número de hormigueros en Arenales (n=1-5) y la ausencia de estos en Colomera 1 se debió al laboreo continuo en las calles que ocasionó un gran disturbio en el área. Así, los nidos detectados en el mes de Mayo, no se corresponden con los encontrados en Julio, ya que el arado impidió la permanencia de los mismos.

Tabla 15: Número de nidos en las calles (n=5), de cada especie de hormiga en la superficie muestreada (500m²), en los tres olivares durante 1998.

Zona	Especie	Mayo	Julio	Septiembre
Arenales	<i>M. barbarus</i>	1	--	--
	<i>C. rosenhaueri</i>	4	1	--
	<i>C. velox</i>	--	1	--
	<i>F. subrufa</i>	--	1	--
Total		5	3	--
Colomera 1	-----	--	--	--
Colomera 2	<i>M. barbarus</i>	26	10	--
	<i>C. rosenhaueri</i>	8	--	--
Total		34	10	--

El olivar Colomera 2, con un gran número de nidos (n=20-76) durante la campaña 1997, disminuyó el número de nidos (n=10-34) y de especies (n=2) en 1998 (P<0.05) (Tabla 16). La especie *M. barbarus* fue la que presentó el mayor número de nidos, ya que este formícido es muy abundante en terrenos de cultivo abandonados (Ballesta *et al.*, 1995), permaneciendo durante toda la campaña en 1997. Así también, se observaron numerosas pistas de esta especie, esto es, rutas principales de forrageo asociadas a la existencia de fenómenos persistentes y a una determinada organización de territorio (Oster y Wilson, 1978). Un hormiguero puede tener una o más pistas simultáneamente (Cherix y Rosengren, 1979; Rosengren, 1977), cuyo trazado presenta en algunos casos gran estabilidad y persistencia en el tiempo (Rosengren, 1977; David y Wood, 1980). Estas pistas minimizan los encuentros entre miembros de distintos nidos (Harrison y Gentry, 1981; Porter y Jorgensen, 1981), evitando así las agresiones que se han observado después de provocar un disturbio en las zonas circundantes a los nidos (Acosta *et al.*, 1985). Al inicio de los muestreos en Colomera 2, en Mayo de 1997, todas las calles mostraban una cubierta vegetal continua que impedía detectar con eficacia los hormigueros presentes en ellas, sin embargo se contabilizaron 25 hormigueros pertenecientes a tres especies. En el mes de Julio se inició el laboreo de este olivar con un arado profundo que provocó un gran disturbio en toda la zona y sólo se

pudo contabilizar con seguridad 20 hormigueros de cinco especies. En esta ocasión se observó el traslado de huevos e inmaduros por parte de las especies *C. rosenhaueri* y principalmente *T. nigerimum*, especie que puede cambiar rápidamente su sitio de nidificación por disturbios en el área (Cerdá *et al.*, 1989).

Tabla 16: Número medio (\pm sd), mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) de nidos en las calles en los tres olivares en las campañas 1997 y 1998.

Número de nidos					
Zona	Año	Mes	Media+sd.	Mín.	Máx.
Arenales	1997	mayo	0.20 \pm 0.44a	0.00	1.00
		julio	0.80 \pm 0.44b	0.00	2.00
		septiembre	----	----	---
Colomera 1		-----	---	---	---
Colomera 2		mayo	5.00 \pm 3.00 a	2.00	8.00
		julio	4.00 \pm 2.34 a	0.00	6.00
		septiembre	15.00 \pm 2.16 b	13.00	18.00
Arenales	1998	mayo	0.80 \pm 0.83a	0.00	2.00
		julio	0.60 \pm 0.54a	0.00	1.00
		septiembre	---	---	---
Colomera 1		-----	---	---	---
Colomera 2		mayo	6.80 \pm 0.83 a	6.00	8.00
		julio	2.00 \pm 1.22 b	0.00	3.00
		septiembre	---	---	---

Las cifras con la misma letra no difieren significativamente entre sí (Kruskall-Wallis $P > 0.05$ y t student $P > 0.05$).

El arado continuo de la zona eliminó todas las malezas de las calles e incluso bajo la copa del árbol, pero una vez que cesó el disturbio y las hormigas reorganizaron sus nidos, fue fácil detectar los nidos en las calles limpias de malezas en el mes de Septiembre. *M. barbarus* siguió presentando el mayor número de nidos. Así mismo, se observó en el cono de entrada a los nidos un gran número de restos de individuos de la misma especie, por lo que se asume que la alteración producida por el arado ocasionó numerosas agresiones entre individuos

de las colonias vecinas, al romperse el orden establecido por las pistas de forrajeo, tal como se ha observado en *M. capitatus* Latr. (Acosta *et al.*, 1985). En la siguiente campaña, en 1998, se comprobó la desaparición en las calles de las especies *M. bouvieri*, *T. nigerrimum* y *C. velox*, permaneciendo sólo *M. barbarus* y *C. rosenhaueri*, la última de las cuáles ya no se registró en el mes de Julio. La permanencia de *M. barbarus* en las calles después del intenso arado se debe sin duda a la profundidad de los nidos de esta especie, más de 2 m, mientras que los nidos de *C. rosenhaueri* suelen situarse entre 0.5 y 1 metro de profundidad (Ruano y Tinaut, 1993). Así, se observó la instalación de nidos recientes de *C. rosenhaueri* en el olivar de Arenales, con los huevos a unos 4cm de profundidad en el suelo.

La especie *M. barbarus* fue muy escasa en Arenales y Colomera 1, lo que se puede atribuir a la práctica del arado como la responsable de la diferencia. Así, en Colomera 2, la ausencia de arado permitió el establecimiento de malezas cuyas semillas contribuyeron a que se mantenga esta especie de costumbres marcadamente granívoras. En este sentido, en los olivares de Grecia, Mazomenos *et al.* (1994) comprueban que en zonas donde no se eliminan las malas hierbas, la densidad de hormigueros es muy elevada, alcanzando un máximo de 13 hormigueros por m². Igualmente, Castro *et al.* (1996), también observan una influencia positiva de la cubierta vegetal sobre la abundancia de hormigas.

1.2.3-Número de nidos y especies en el árbol

El olivar de Arenales presentó dos especies con nidos en el árbol: *C. scutellaris* y *C. lateralis*. En los olivares Colomera 1 y Colomera 2 no se encontraron nidos de hormigas en los árboles, probablemente a causa de la edad de los árboles (20 años), menor que los olivos de Arenales. *C. scutellaris* se observó con el mayor número de nidos (n=3-9) y permanencia de los nidos en el árbol durante la campaña, en cada año de estudio (Tablas 17 y 18). Esta especie, conocida en Andalucía Occidental como "morito" o "fraile", es una hormiga común en toda la región mediterránea y especialmente abundante en todos los alcornoques (Villagrán y Ocete, 1990), pero también puede encontrarse en otros árboles: olivo, álamos, almendros, higueras, etc. (Casevitz-Weulersse, 1972). Así también, Soulié (1956) y Bonnemaïson (1965) indican el carácter esencialmente arborícola de esta hormiga. Las obreras fueron observadas en troncos viejos cortados tanto a ras del suelo como a 0.80 cm de altura en donde la corteza estaba separada de la madera.

Tabla 17: Número de nidos en el árbol (N=60) de cada especie de hormiga, en los tres olivares durante 1997 y 1998.

Año	Zona	Especie	Mayo	Julio	Septiembre
1997	Arenales	<i>C. scutellaris</i>	3	5	1
		<i>C. lateralis</i>	2	--	--
		Total	5	5	1
	Colomera 1	-----	--	--	--
	Colomera 2	-----	--	--	--
1998	Arenales	<i>C. scutellaris</i>	9	9	--
		<i>C. lateralis</i>	2	1	--
		Total	11	10	--
	Colomera 1	-----	--	--	--
	Colomera 2	-----	--	--	--

Tabla 18: Número medio (\pm sd), mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) de nidos en el árbol (n=60) durante 1997 y 1998 en Arenales.

Número de nidos				
Año	Mes	Media \pm sd..	Mín.	Máx.
1997	mayo	0.08 \pm 0.27a	0.00	1.00
	julio	0.08 \pm 0.27a	0.00	1.00
	septiembre	0.01 \pm 0.12b	0.00	1.00
1998	mayo	0.20 \pm 0.40a	0.00	1.00
	julio	0.16 \pm 0.37a	0.00	1.00
	septiembre	--- ---	---	---

Las cifras con la misma letra no difieren significativamente entre sí (Kruskall-Wallis $P > 0.05$, t student $P > 0.05$).

El hecho de que *C. scutellaris* no se colectara en los otros dos olivares se debe a que la edad de los árboles era menor (20 años) y no presentaban el nicho especial que necesitan, según lo establece Casevitz-Weurlesse (1972). Morris (1997) menciona que fue el formícido que abundó en los dos olivares (Arenales y

Parque de Invierno) y estuvo presente durante toda la temporada, es decir desde Abril hasta Aseptiembre. La especie *C. lateralis*, con muy pocos nidos (n=1-2), es también citada por Morris (1997), dentro del género, como una de las menos frecuentes en el olivar.

1.2.4-Número de pistas y especies en el tronco del árbol

Las siete especies con pistas en el tronco y ramas principales del árbol fueron: *C. auberti*, *C. scutellaris*, *C. sordidula*, *L. kraussei*, *T. nigerrimum*, *P. pygmaea* y *C. lateralis* (Tablas 19-21). Estas especies, a diferencia de las hormigas que realizan el forrageo solitario, son las de mayor importancia para el árbol, porque una gran cantidad de obreras (n=10-80) pueden llegar hasta la copa cada cinco minutos. Las especies con el mayor número de obreras (n=30-80/5') en las pistas fueron: *C. auberti* (Foto 11), *C. scutellaris* y *T. nigerrimum*. En el olivar de Arenales se encontraron las siete especies, en tanto que en Colomera 2 sólo *C. auberti* y *T. nigerrimum*. En el olivar Colomera 1 no se observó ninguna pista en el árbol en los dos años de estudio, debido probablemente al elevado número de tratamientos con insecticidas que se realizan en esta zona (Tablas 19 y 20).

El mayor número de pistas (n=10-53) se observó en los meses de Mayo y Julio. En el mes de Septiembre este número fue mínimo (n=1), en correspondencia con la ausencia de hormigueros mencionado en el punto 1.2.1 (Tablas 19 y 20).

En el olivar Colomera 2, en Mayo de 1997, el número de pistas fue muy elevado (n=53), con una diferencia altamente significativa ($P<0.001$) con respecto a Arenales (n=10) (Tabla 21). El 88.3% de los árboles (n=60) tuvieron pistas de *C. auberti* (n=14) y *T. nigerrimum* (n=39). Se observó una gran actividad y elevado número de obreras (n=60-80/5') que se desplazaban por el tronco y ramas principales.

En Julio, este número de pistas se redujo significativamente ($P<0.001$), debido al inicio de diferentes prácticas agrícolas en esta zona. El intenso laboreo hasta el pie del árbol, que se inició en Colomera 2 en el mes de Julio de 1997, y afectó a los nidos, suponemos que fue responsable de la desaparición de las pistas de las dos especies en la campaña 1998, quedando únicamente *T. nigerrimum* en dos árboles (Tabla 20). Sin embargo, *T. nigerrimum* se observó en Mayo de este año, con 11 nidos bajo la copa del árbol (Tabla 12), tal como se menciona en el punto 1.2.1.

Tabla 19: Número de pistas en el tronco del árbol (n=60) de cada especie de hormiga en los tres olivares durante 1997.

Zona	Especie	Mayo	Julio	Septiembre
Arenales	<i>C. scutellaris</i>	2	4	1
	<i>C. sordidula</i>	1	--	--
	<i>L. kraussei</i>	1	--	--
	<i>T. nigerrimum</i>	2	2	--
	<i>P. pygmaea</i>	3	6	--
	<i>C. lateralis</i>	1	--	--
	Total	10	12	--
Colomera 1	-----	--	--	--
Colomera 2	<i>C. auberti</i>	14	6	--
	<i>T. nigerrimum</i>	39	6	--
	Total	53	12	--

Tabla 20: Número de pistas en el tronco del árbol (n=60) de cada especie de hormiga en los tres olivares durante 1998.

Zona	Especie	Mayo	Julio	Septiembre
Arenales	<i>C. scutellaris</i>	9	9	--
	<i>T. nigerrimum</i>	11	2	--
	<i>P. pygmae</i>	4	--	--
	<i>C. lateralis</i>	2	--	--
	Total	27	11	--
Colomera 1	-----	--	--	--
Colomera 2	<i>T. nigerrimum</i>	2	2	--
	Total	2	2	--

Estos resultados hacen pensar que además del laboreo que afectó a los nidos en el suelo, la aplicación de insecticidas en el árbol ocasionó la disminución de pistas en el tronco. Por otro lado, la especie *C. auberti*, mostró ser muy sensible

al laboreo, al desaparecer del olivar Colomera 2, al iniciarse el arado del suelo en Julio de 1997. Así mismo, esta especie se presentó con un número mínimo (n=1) de nidos y pistas en Arenales (Tabla 20).

Tabla 21: Número medio (+sd), mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) de pistas en el tronco del árbol (n=60) en los tres olivares durante 1997 y 1998.

Número de nidos					
Zona	Año	Mes	Media±sd.	Mín.	Máx.
Arenales	1997	mayo	0.16 ± 0.45a	0.00	2.00
		julio	0.20 ± 0.40a	0.00	1.00
		septiembre	0.06 ± 0.29b	0.00	1.00
Colomera 2		mayo	0.88 ± 0.32 a	0.00	1.00
		julio	0.20 ± 0.40 b	0.00	1.00
		septiembre	0.01 ± 0.12 c	0.00	1.00
Arenales	1998	mayo	0.43 ± 0.64a	0.00	2.00
		julio	0.18 ± 0.43b	0.00	2.00
		septiembre	--- ---	---	---
Colomera 2		mayo	0.03 ± 0.18a	0.00	1.00
		julio	0.03 ± 0.18a	0.00	1.00
		septiembre	--- ---	---	---

Las cifras con la misma letra no difieren significativamente entre sí (Kruskal-Wallis>0.05, t student P>0.05).

1.2.5-Número de obreras y especies en la copa del árbol

Se capturaron las siguientes 15 especies: *A. senilis*, *C. auberti*, *C. scutellaris*, *C. sordidula*, *L. krausseii*, *Leptothorax* sp., *Bothriomyrmex* sp., *T. nigerrimum*, *P. pygmaea*, *L. alienus*, *L. niger*, *C. foreli*, *C. lateralis*, *C. sylvaticus* y *F. subrufa* (Tablas 22 y 23). En el olivar de Arenales se colectaron 11 especies, en tanto que en Colomera 2 sólo cinco de ellas. En el olivar Colomera 1 se volvió a repetir la ausencia de cualquier especie, así como se mencionó en el punto 1.2.4, con respecto a pistas en el tronco. Esta reducción a cero de la población de hormigas en el tronco y la copa del árbol en Colomera 1, se debe

fundamentalmente a la aplicación de insecticidas, lo cual ha sido también observado por Buren y Whitcomb (1997) en cultivos de cítricos en Florida.

Tabla 22: Número de individuos de las diferentes especies, recogidos en la copa del árbol (n=60) durante 1997 en Arenales.

Especie	Mayo	Julio	Septiembre	Total	%
<i>A. senilis</i>	3	--	--	3	2.1
<i>C. scutellaris</i>	11	10	2	23	16.3
<i>C. sordidula</i>	6	--	--	6	4.2
<i>L. kraussei</i>	7	--	--	7	5.0
<i>T. nigerrimum</i>	23	3	--	26	18.4
<i>P. pygmaea</i>	52	2	--	54	38.2
<i>L. alienus</i>	2	--	--	2	1.4
<i>L. niger</i>	3	--	--	3	2.1
<i>C. foreli</i>	3	2	--	5	3.5
<i>C. lateralis</i>	9	--	--	9	6.3
<i>F. subrufa</i>	3	--	--	3	2.1
Total	122	17	2	141	100

T. nigerrimum fue la única especie común a ambos olivares, registrándose el mayor número de obreras (n=102) en Colomera 2 en el mes de Mayo. La presencia de esta especie fue constatada en todos los muestreos (Tablas 22 y 23).

Tabla 23: Número de individuos de las diferentes especies, recogidos en la copa del árbol (n=60) durante 1997 en Colomera 2.

Especie	Mayo	Julio	Septiembre	Total	%
<i>C. auberti</i>	38	14	--	52	29.5
<i>Leptothorax sp.</i>	--	1	--	1	0.5
<i>Bothriomyrmex sp.</i>	1	--	--	1	0.5
<i>T. nigerrimum</i>	102	16	3	121	68.8
<i>C. sylvaticus</i>	--	1	--	1	0.5
Total	141	32	3	176	100

El mayor número de obreras (n=11-102) que se recogieron, se correspondió con las especies que formaron el mayor número de pistas en el tronco: *T. nigerrimum* (n=39), *C. auberti* (n=14), *C. scutellaris* (n=9) y *P. pygmaea* (n=6) (punto 1.2.4, Tablas 19 y 20). Sin embargo, *P. pygmaea*, con el menor número de pistas en el tronco, presentó un mayor porcentaje del total de individuos (38.2%) que *T. nigerrimum* (18.4%) en el olivar de Arenales. Así, es muy probable que el tamaño pequeño (2mm) de las obreras de *P. pygmaea*, impidiera localizar con exactitud todas las pistas en el tronco.

Es de destacar la presencia de machos alados de *T. nigerrimum* (n=11), *C. foreli* (n=5), *C. sylvaticus* (n=3), *Bothriomyrmex* sp. (n=1) y *Leptothorax* sp. (n=1) en la copa del árbol en ambos olivares, lo cual es un indicador más del establecimiento de estas especies en este habitat.

En el mes de Mayo se capturaron el mayor número de individuos en ambos olivares, descendiendo significativamente (P<0.001) en el mes de Julio (Tablas 22-24). Estos resultados eran esperados, en concordancia con lo mencionado respecto a la presencia de nidos bajo el árbol y pistas en el tronco del árbol (puntos 1.2.1 y 1.2.4). Por otro lado, el olivar Colomera 2 presentó un número de individuos significativamente superior al que se encontró en Arenales (P<0.01), en los meses de Mayo y Julio (Tabla 24). Estos resultados concuerdan con los mencionados por Morris (1997), quien indica que en un olivar abandonado se colectó un mayor número de especímenes (n=4201) que en el olivar de Arenales (n=2499) en la campaña de 1994.

Tabla 24: Número medio (\pm sd.), mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) de individuos capturados en la copa del árbol (n=60) en los tres olivares en 1997.

Número de nidos				
Zona	Mes	Media \pm sd	Mín.	Máx.
Arenales	mayo	1.96 \pm 2.75 a	0.00	11.00
	julio	0.26 \pm 1.16 b	0.00	8.00
	septiembre	0.03 \pm 0.25 c	0.00	2.00
Colomera 2	mayo	2.35 \pm 1.71 a	0.00	7.00
	julio	0.53 \pm 1.18 b	0.00	4.00
	septiembre	0.05 \pm 0.38 c	0.00	3.00

Las cifras con la misma letra no difieren significativamente entre sí (Kruskal-Wallis>0.05).

1.3-Diversidad de especies en los tres olivares

Los índices de diversidad muestran un gradiente descendente entre los tres olivares: Arenales-Colomera2-Colomera1, tanto si se considera el número de nidos en el suelo bajo la copa del árbol en las campañas de 1997 y 1998, como también si se estima en base al número de individuos en la copa del árbol en la campaña de 1997 (Tablas 25 y 26). En este segundo caso, el olivar Colomera 1 no presentó individuos de ninguna especie de hormiga en la copa del árbol, lo cual se atribuye al uso frecuente de plaguicidas en este olivar, tal como se indica anteriormente en el punto 1.2.5. Así mismo, al considerar los valores medios promedios de los índices de diversidad en base al número de nidos en el suelo, bajo la copa del árbol y en las calles, el olivar de Arenales muestra una diversidad mayor ($P < 0.05$) que Colomera 1 y Colomera 2 (Tabla 27). Esta mayor diversidad que presenta el olivar de Arenales, se traduce en un índice de diversidad dentro de los valores normales, pero alejado del valor óptimo, con una equitabilidad que tiende a su valor máximo, marcada por un bajo valor de la especie más abundante.

En los tres olivares, se observa que la diversidad de especies disminuye en un gradiente en relación al disturbio que presenta la zona, tal como lo mencionan Roth *et al.* (1994) al comparar la diversidad de especies de hormigas entre el bosque primario, una plantación de cacao abandonado, una de cacao en producción y una de banana en Costa Rica. Por otro lado, Morris (1997) indica diferencias significativas en el año 1995 en la diversidad de especies entre dos olivares de Granada, el olivar abandonado, presentó mayor diversidad que el olivar en producción. Igualmente, Roth *et al.* (1994), establecieron una mayor diversidad de especies en una plantación abandonada de cacao con respecto a otra plantación de cacao en producción.

De acuerdo con la bibliografía, el olivar Colomera 2 debería presentar una diversidad mayor que el olivar de Arenales, pero al parecer, el hecho de su ubicación, rodeado completamente por el olivar típico de Colomera 1 y el stress producido por la falta de riego, deben explicar el escaso número de especies encontradas, tal como se menciona en el Punto 1.1.

Tabla 25 : Indices de diversidad de hormigas teniendo en cuenta el número de nidos en el suelo bajo la copa del árbol, en los tres olivares en 1997 y 1998.

Indices de Diversidad				
Zona	S	H	E	d
Arenales	12	1.832	0.737	0.358
Colomera 1	5	1.163	0.723	0.441
Colomera 2	7	1.258	0.646	0.369

S=riqueza de especies, H=índice de diversidad de Shannon, E=índice de equitabilidad, d=índice de dominancia de Berger-Parker.

Tabla 26: Indices de diversidad de hormigas teniendo en cuenta el número de individuos en la copa del árbol, en los tres olivares durante 1997.

Indices de Diversidad				
Zona	S	H	E	d
Arenales	11	1.856	0.774	0.383
Colomera 2	5	0.710	0.441	0.687

S=riqueza de especies, H=índice de diversidad de Shannon, E=índice de equitabilidad, d=índice de dominancia de Berger-Parker.

Tabla 27: Índices de diversidad de hormigas de acuerdo con los valores medios del número de nidos en el suelo, bajo la copa del árbol y en las calles, en tres olivares durante 1997 y 1998.

Zona	Índices de Diversidad		
	S	H	E
Arenales	4.167 _± 3.486 a	0.915 _± 0.663 a	0.604 _± 0.386 a
Colomera 1	1.083 _± 1.505 b	0.230 _± 0.443 b	0.198 _± 0.359 b
Colomera 2	2.417 _± 1.443 c	0.530 _± 0.439 c	0.556 _± 0.433 a

S=riqueza de especies, H=índice de diversidad de Shannon, E=índice de equitabilidad.

Las cifras con la misma letra no difieren significativamente entre sí (Kruskal-Wallis, $P > 0.05$).

1.4-Distribución de los nidos en el suelo

La distribución espacial de los nidos de hormigas ha sido explicada como resultado de la competencia intra e interespecífica (Levings y Traniello, 1981; Ryti y Case, 1992), y el mecanismo regulador más simple que suele aducirse para explicar la distribución espacial es la presencia de diversos tipos de comportamiento territorial (Hölldobler y Wilson, 1990). Sin embargo, la simple información espacial no puede ser usada por sí sola, como prueba de interacciones competitivas (Prelou, 1960; Brown y Orians, 1970; Ryti y Case, 1992). La afirmación o no de la existencia de territorio, depende más de la demostración de diferentes mecanismos conductuales que de un tipo u otro de distribución espacial (Hölldobler y Lumsen, 1980). La confirmación de esta relación, entre un patrón de distribución regular de nidos de una especie y un comportamiento territorial, implica conocer diversos parámetros de su biología (Gómez y Espadaler, 1996). Por otro lado, Levings y Traniello (1981) recogieron información sobre el patrón de distribución intraespecífica en nidos de 136 especies de hormigas. El patrón mayoritario encontrado fue un espaciamiento regular de los nidos. Una revisión posterior realizada por Ryti y Case (1992) ratificó este patrón mayoritario.

En los olivares de Arenales y Colomera 1, la distribución de los nidos de las diferentes especies bajo la copa de los árboles no fue regular, en relación a los nidos de su misma especie y de otras especies, durante toda la campaña. La

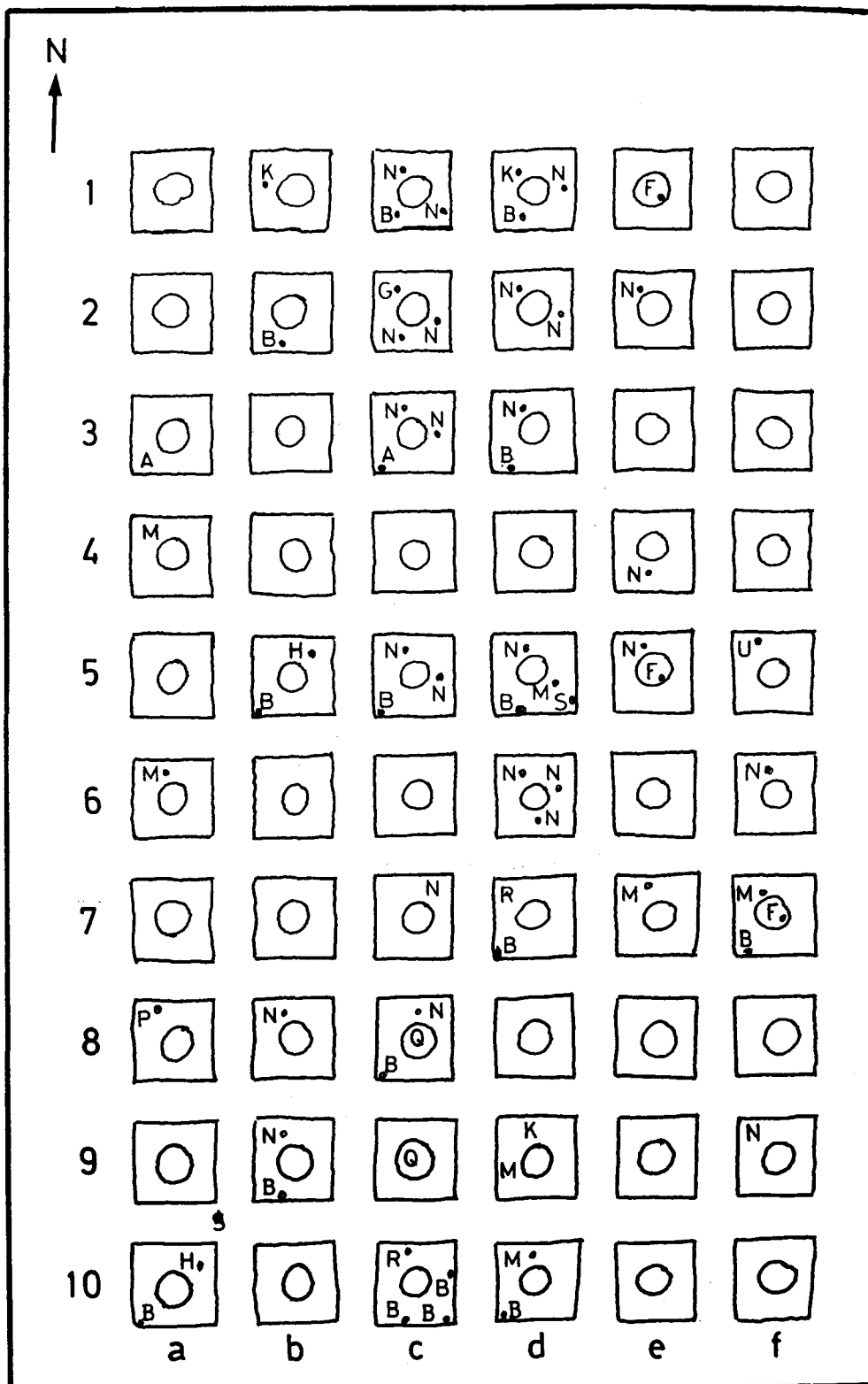


Figura 6 : Mapeo de los nidos de Formicidae en el olivar de Arenales. Mayo, 1997. □ : área bajo la copa del árbol, ○ : tronco del árbol. Las letras representan las diferentes especies de hormigas según la Tabla 5.

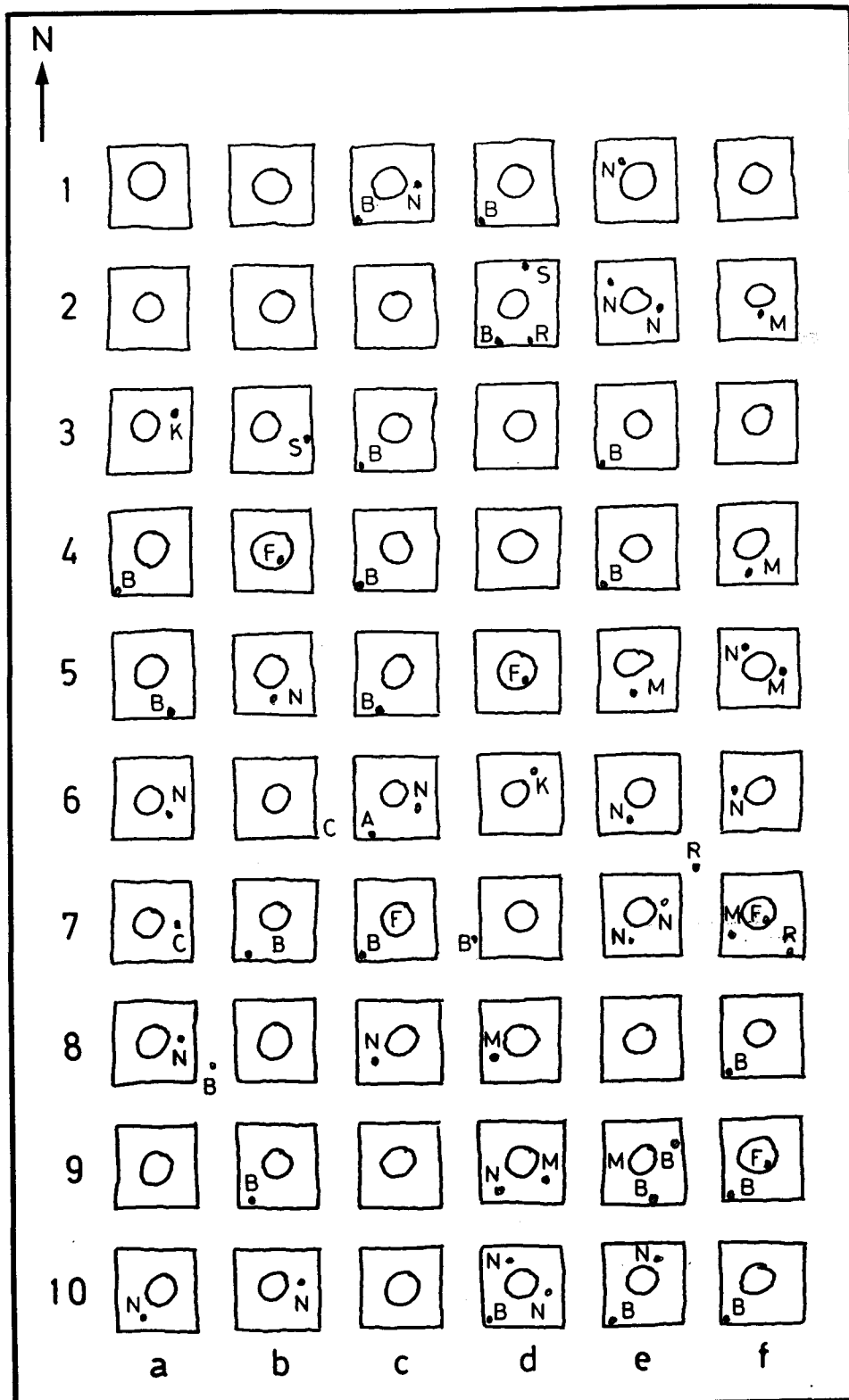


Figura 7 : Mapeo de los nidos de Formicidae en el olivar de Arenales. Julio, 1997.
 □ : área bajo la copa del árbol, ○ : tronco del árbol. Las letras representan las diferentes especies de hormigas según la Tabla 5.

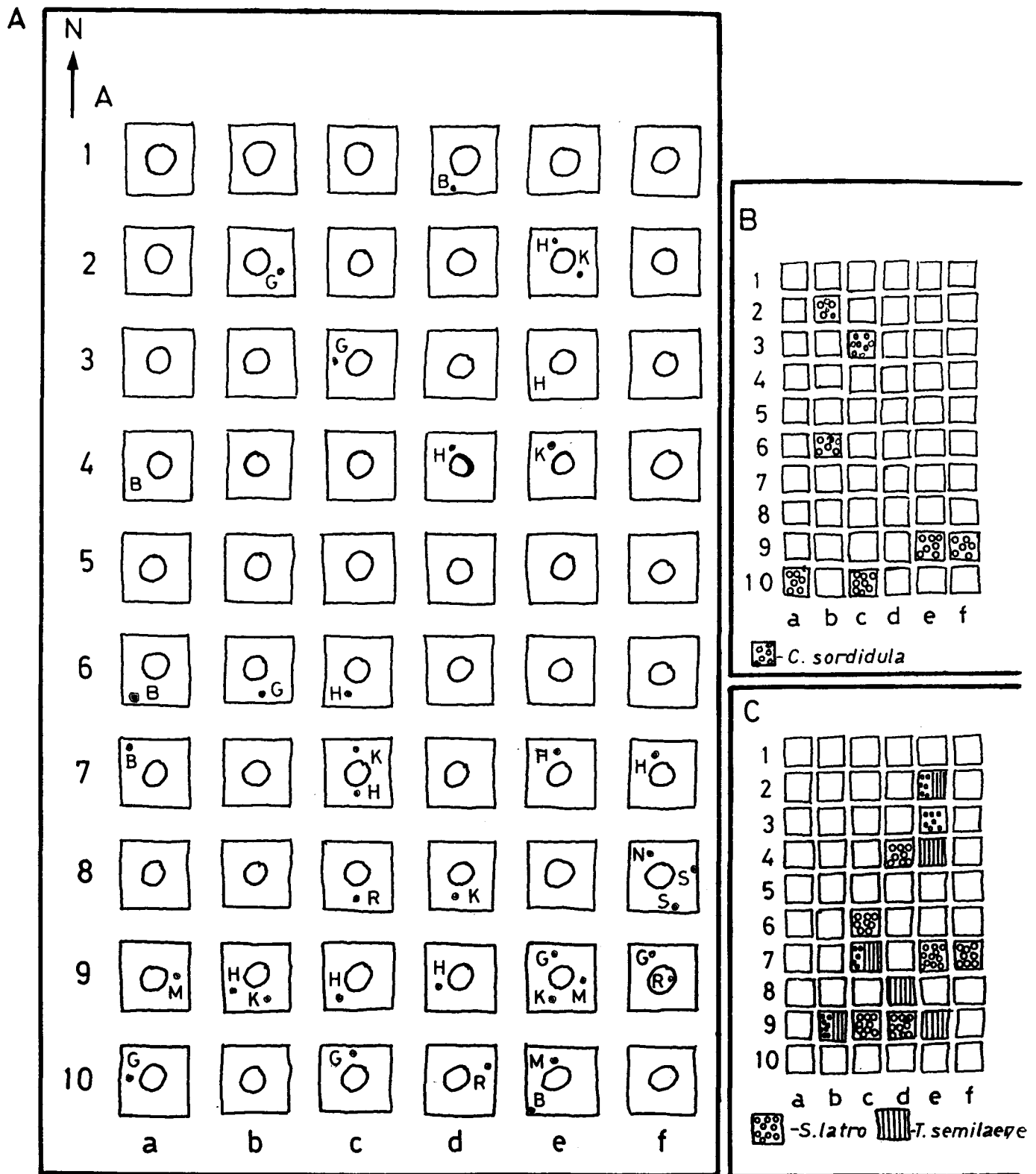
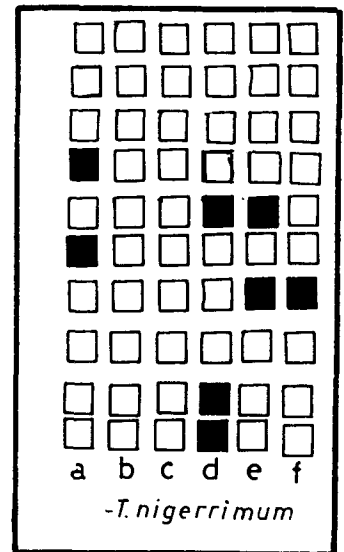
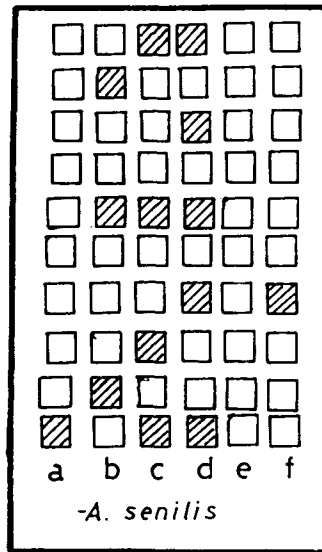
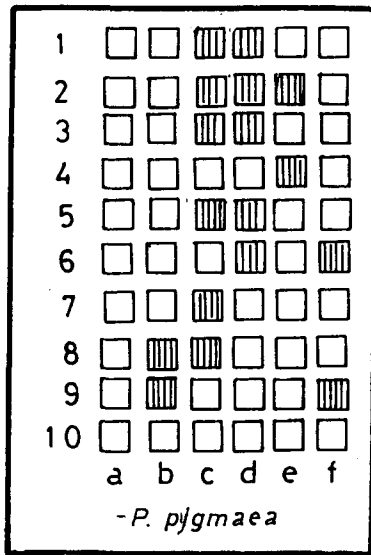
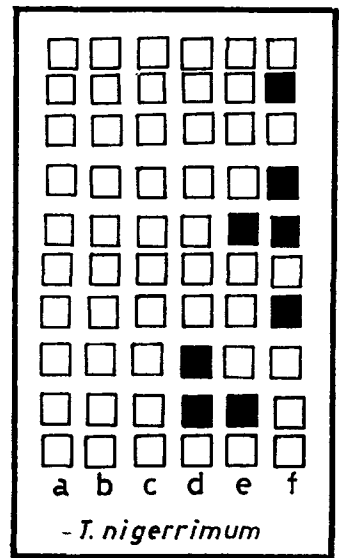
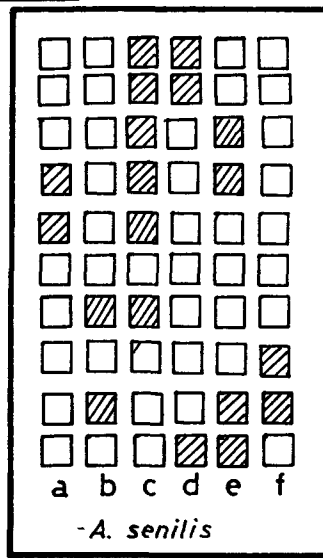
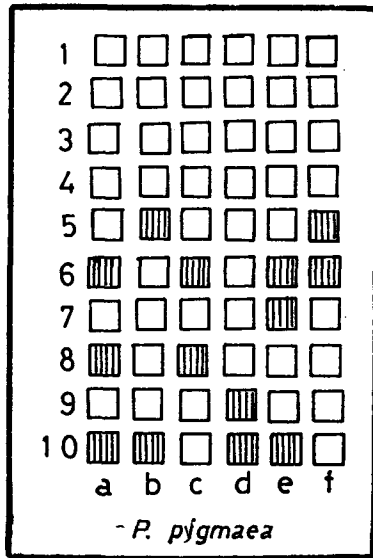


Figura 8 : Mapeo de los nidos de Formicidae en el olivar de Arenales. Septiembre, 1997. □ : área bajo la copa del árbol, ○ : tronco del árbol. Las letras representan las diferentes especies de hormigas según la Tabla 5.

MAYO



JULIO



SEPTIEMBRE

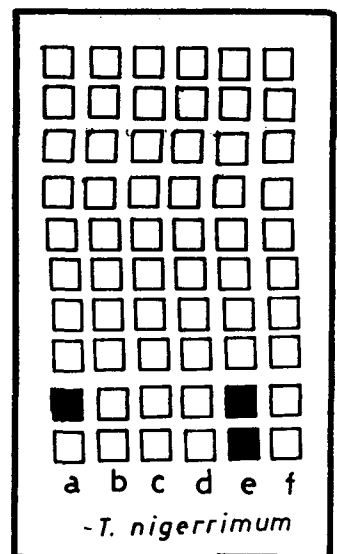
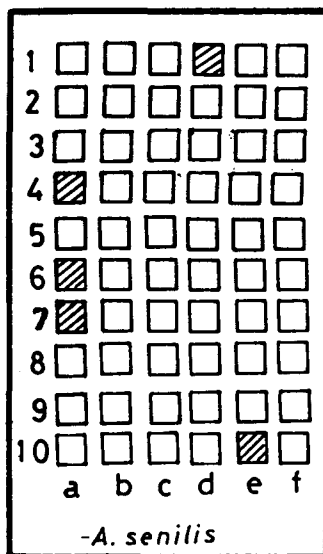
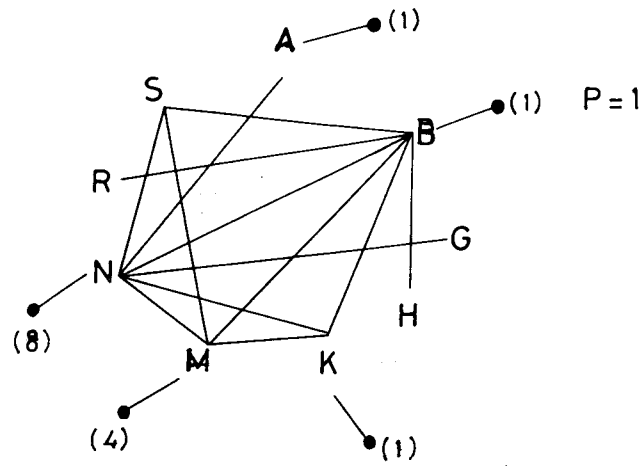
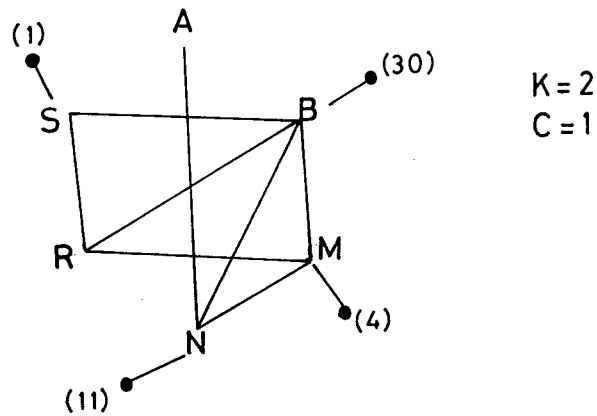


Figura 9 : Mapeo de los nidos de *P. pygmaea*, *A. senilis* y *T. nigerrimum* en el olivar de Arenales. Mayo, Julio y Septiembre, 1997. □ : área bajo la copa del árbol.

MAYO



JULIO



SEPTIEMBRE

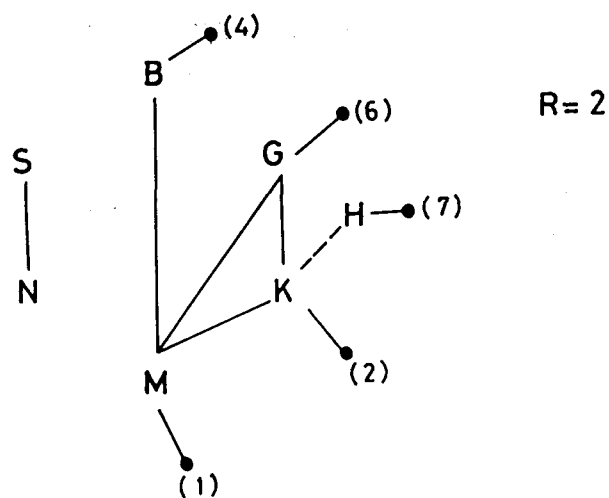
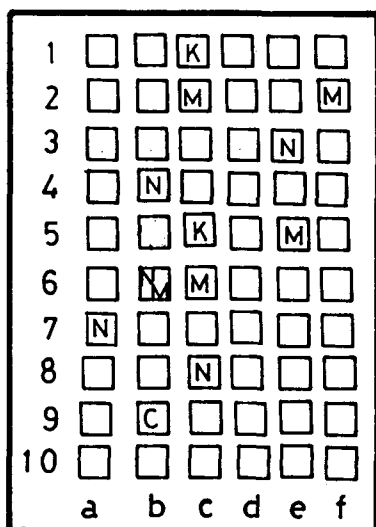
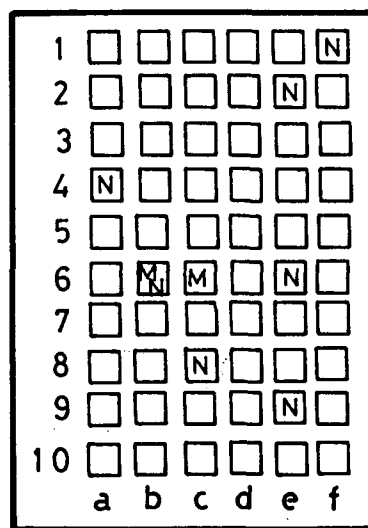


Figura 10 : Representación gráfica de la presencia intraespecífica de los nidos de Formicidae en el suelo bajo la copa del árbol en el olivar de Arenales. Las letras representan las diferentes especies de hormigas según la Tabla 5.

MAYO



JULIO



SEPTIEMBRE

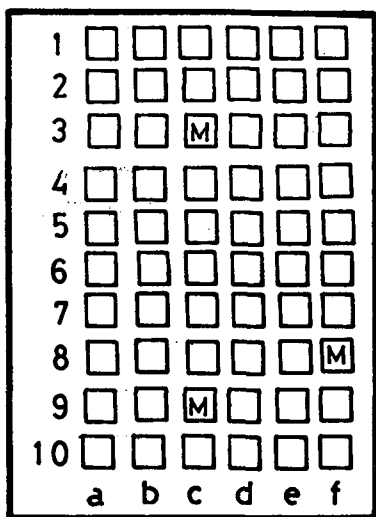


Figura 11 : Mapeo de los nidos de Formicidae en el olivar de Arenales. Mayo, Julio y Septiembre, 1997. □ : área bajo la copa del árbol.

distribución espacial de los nidos de las diferentes especies varió de una manera dinámica y la mayoría de los nidos no estuvieron presentes a lo largo de toda la estación (Fig. 6-9 y 11), probablemente a causa del disturbio producido por las diferentes faenas del laboreo en el cultivo. Así, en el olivar de Arenales, la especie *P. pygmaea* con 17 nidos en el mes de Mayo, aumenta a 22 en el mes de Julio, pero éstos representan sólo el 23.5% de los nidos del mes de Mayo, desapareciendo los nidos en el mes de Septiembre (Fig. 9). Igualmente, las especies *A. senilis* y *T. nigerrimum* muestran una permanencia de los nidos de mayo en Julio-Septiembre, del 35%-7.1% y 37.5%-12.5%, respectivamente para ambas especies (Fig. 9).

El olivar Colomera 2 mostró una distribución regular de los nidos bajo la copa del árbol en el mes de Mayo de 1997. Sin embargo, en el mes de Julio, al inicio del arado en este olivar, la distribución cambia completamente, siendo la más afectada la especie *T. nigerrimum*, la cual sólo mantiene el 15.2% de los nidos del mes de Mayo. En el mes de Septiembre, una vez concluido el laboreo en este olivar, se comprobó que aparecen de nuevo nidos de esta especie, pero en las calles. En ocasiones, se pudo observar directamente formación de nuevos hormigueros en las calles por gemación de nidos situados bajo la copa.

En el mes de Septiembre, en los olivares de Arenales y Colomera 2, se produjo un aumento de las poblaciones de *S. latro* y *T. semilaeve* con una distribución agregada (Fig. 8 y 14), que podría ser debida a una competencia interespecífica, al comprobarse la agresividad ya comentada en puntos anteriores entre estas dos especies.

En el olivar de Arenales el número de nidos por árbol más frecuente durante toda la campaña fue de dos (n=21) y tres (n=9). La presencia conjunta de especies con nidos en el suelo bajo la copa del árbol, implicó a la mayoría de las especies de este habitat. Al respecto, las frecuencias mayores correspondieron a las especies *A. senilis-P. pygmaeae* (n=9) y *A. senilis-T. nigerrimum* (n=5). Mientras que *M. barbarus*, *Camponotus foreli* y *Formica subrufa* fueron las únicas especies que no compartieron el suelo bajo la copa del árbol de manera interespecífica ni intraespecífica (Fig. 9). En los olivares Colomera 1 y Colomera 2, se detectó generalmente un nido por árbol, a excepción del muestreo del mes de Septiembre en Colomera 2, en que se encontraron con mayor frecuencia dos nidos por árbol (n=18) debido al aumento de las poblaciones de *T. semilaeve* y *S. latro* (Fig. 14).

La distribución de los nidos en las calles se desarrolla a partir de los datos de Colomera 2, ya que Arenales y Colomera 1 presentaron cuatro y ningún nido en las calles respectivamente, debido al laboreo continuo en estas zonas. La especie *M. barbarus* se distribuyó de manera regular en las calles en el mes de Mayo, dominando el espacio físico reducido de esta zona y las otras especies que

compartieron este espacio, como *C. rosenhaueri*, *C. velox* y *M. bouvieri* lo hicieron con muy pocos nidos (Fig. 12). Después de la roturación (laboreo profundo) que se produjo a partir de Julio, se observó una fuerte alteración en la distribución y número de hormigueros (Fig. 13). En el caso de *T. nigerrimum*, los nuevos nidos que se establecieron en las calles adoptaron una distribución no regular. El número de hormigueros de *M. barbarus* disminuyó y varió la ubicación de la entrada de los mismos, pero en el mes de Septiembre, se presentaron nuevamente numerosas entradas con distribución regular (Fig. 14).

El mayor número de nidos por metro cuadrado se observó en el olivar Colomera 2, en el mes de Septiembre tanto bajo la copa del árbol (0.14 nidos/m²), así como en las calles (0.15nidos/m²), mientras que el olivar Colomera 1 presentó el menor número de nidos /m² (0.001-0.03m/m²) (Tabla 28).

Los nidos bajo la copa del árbol se distribuyeron de manera definida para las diferentes especies. Las hormigas de menor tamaño (*P. pygmaea*, *S. latro* y *T. semilaeve*) construyeron sus nidos bajo piedra y a una distancia no mayor de 50cm de la base del tronco, mientras que las especies de mayor tamaño, sólo en algunas ocasiones (n=7) utilizaron la presencia de una piedra para cubrir parte de la entrada del nido a una distancia de 1-1.5m de la base del tronco. La especie *T. nigerrimum* mostró mayor versatilidad y la entrada de sus nidos se presentaron indistintamente entre los pies de tronco hasta 1.5m de estos. La especie *A. senilis* mostró una ubicación preferencial, en el borde del cuadrado bajo la copa, en el límite con la calle en el lugar más soleado debajo de la copa, en posición S-O.

Tabla 28: Número de nidos bajo la copa del árbol (540m²) y en las calles (500m²) por m², en tres olivares durante 1997 y 1998.

Año	Zona	Nidos bajo la copa del árbol						Nidos en las calles					
		M		J		S		M		J	S		
		Nº	/m ²	Nº	/m ²	Nº	/m ²	Nº	/m ²	Nº	/m ²		
1997	Arenales	61	0.11	57	0.10	36	0.06	1	0.002	4	0.008	--	--
	Colomera 1	13	0.02	9	0.01	1	0.001	--	--	--	--	--	--
	Colomera 2	61	0.11	24	0.04	77	0.14	25	0.05	20	0.04	76	0.15
1998	Arenales	45	0.08	29	0.05	12	0.02	5	0.01	3	0.006	--	--
	Colomera 1	6	0.01	2	0.003	1	0.001	--	--	--	--	--	--
	Colomera 2	12	0.02	3	0.006	4	0.007	34	0.068	10	0.02	--	--

M=mayo, J=julio. S=septiembre.

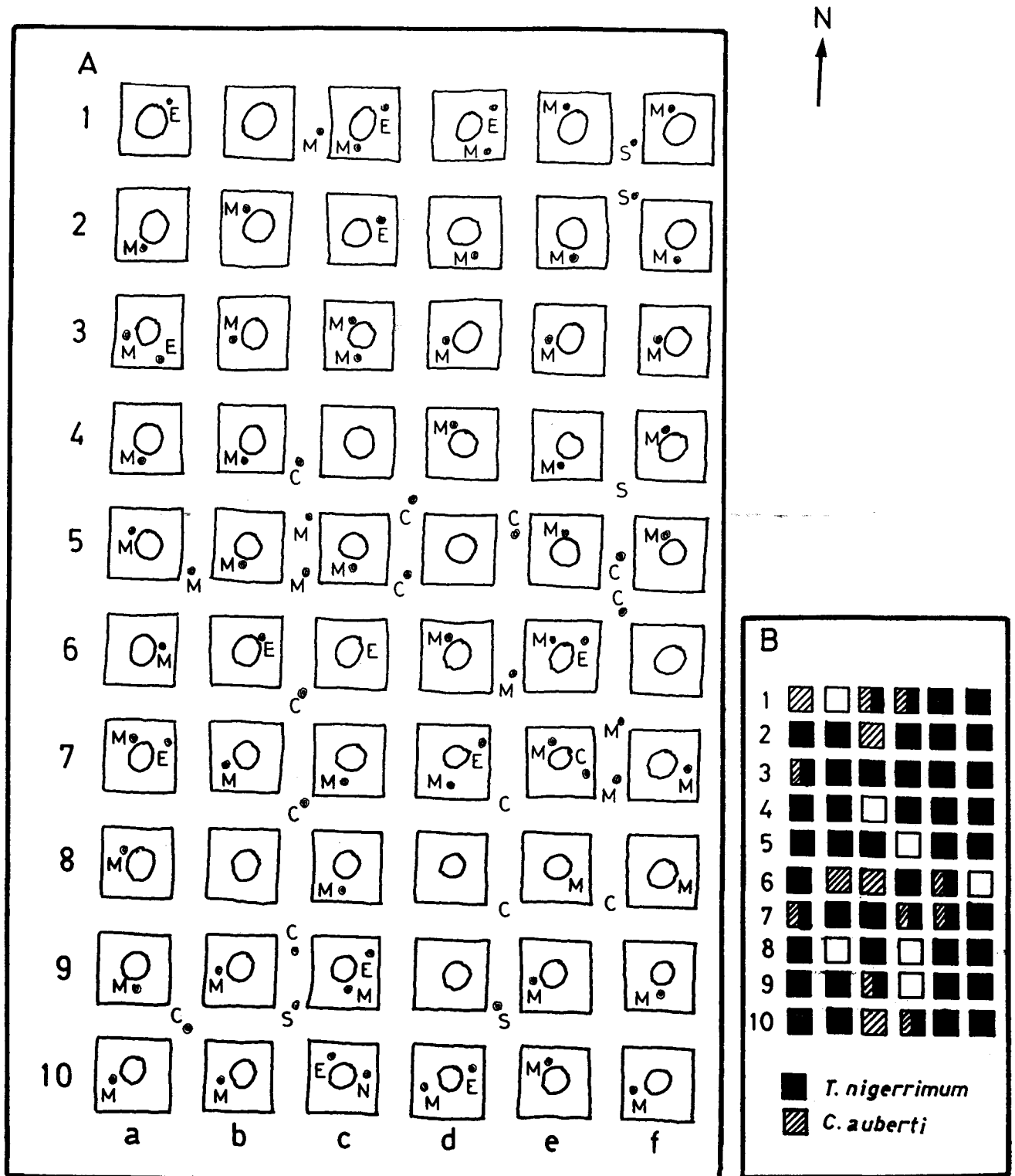


Figura 12 : A: Mapeo de los nidos de Formicidae en el olivar Colomera 2. Mayo, 1997. □ : área bajo la copa del árbol, ○ : tronco del árbol. B: Mapeo de los nidos de *T. nigerrimum* y *C. auberti*. Las letras representan las diferentes especies de hormigas según la Tabla 5.

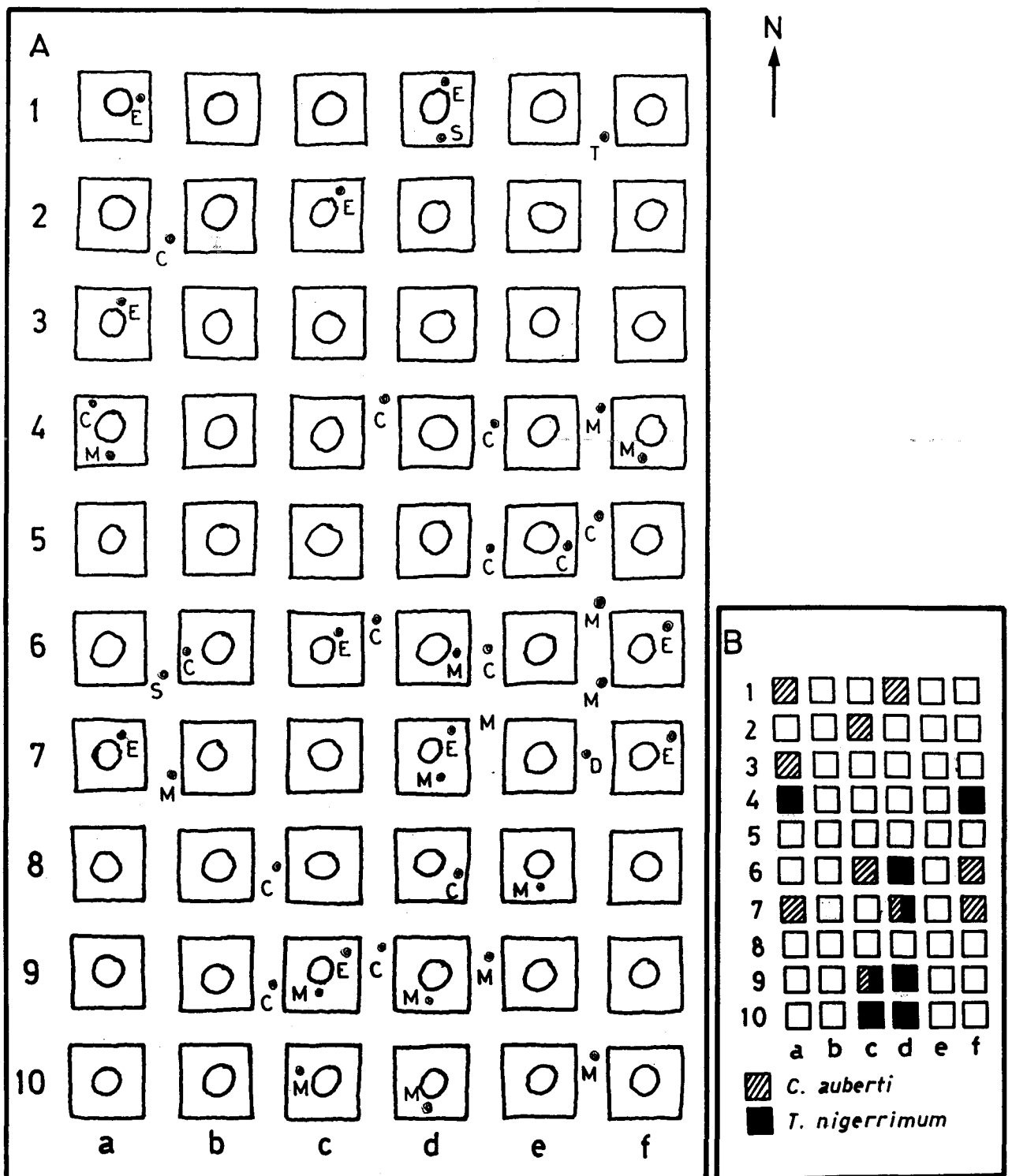


Figura 13 : A: Mapeo de los nidos de Formicidae en el olivar Colomera 2. Julio, 1997. □ : área bajo la copa del árbol, ○ : tronco del árbol. B: Mapeo de los nidos de *T. nigerrimum* y *C. auberti*. Las letras representan las diferentes especies de hormigas según la Tabla 5.

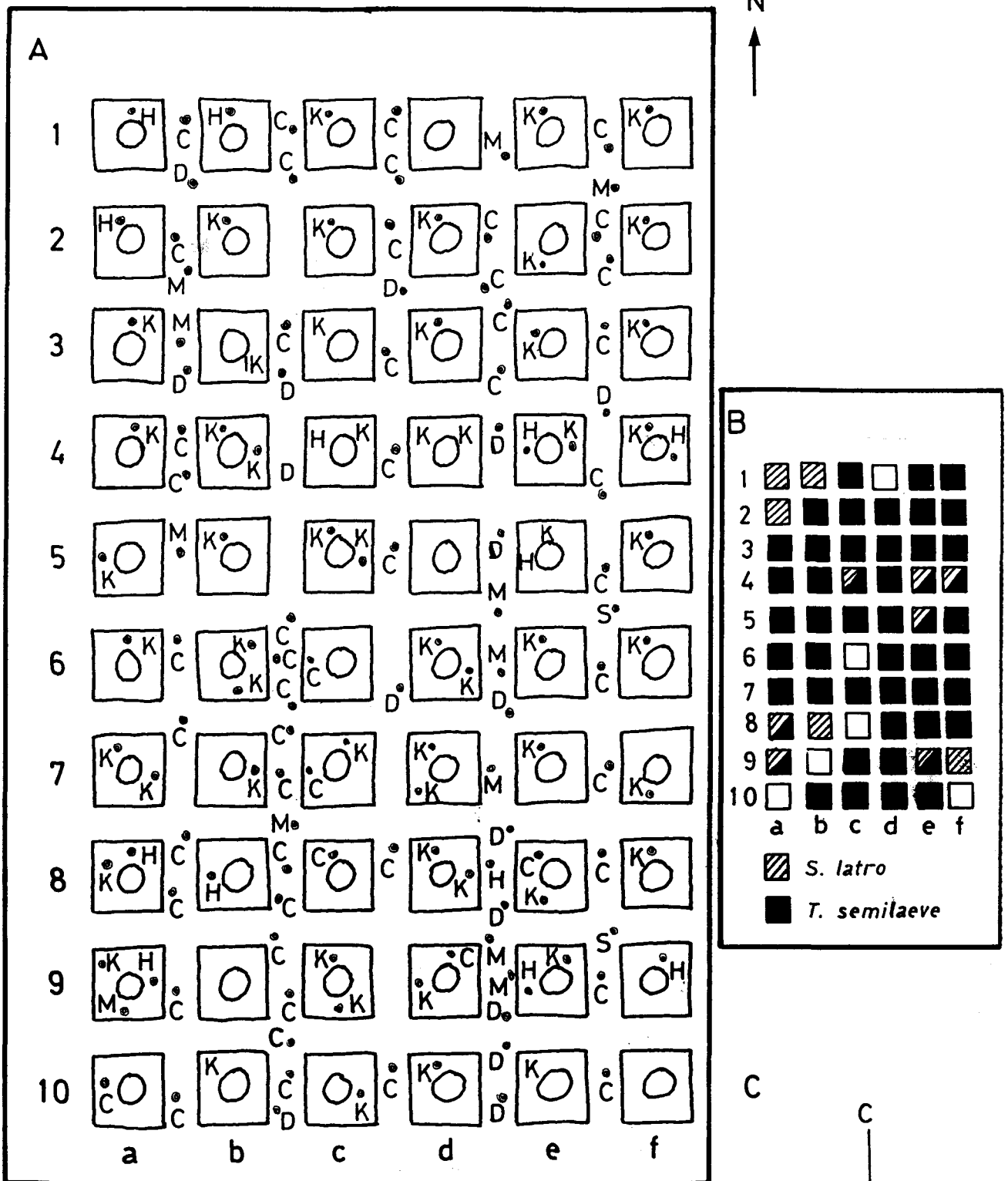


Figura 14 : A: Mapeo de los nidos de Formicidae en el olivar Colomera 2. Septiembre, 1997. □ : área bajo la copa del árbol, ○ : tronco del árbol. B: Mapeo de los nidos de *S. latro* y *T. semilaeve*. C: (----) agresión entre las especies. () no agresión. Las letras representan las diferentes especies de hormigas según la Tabla 5.

1.5-Distribución de las hormigas en la copa de los árboles

La representación gráfica de la distribución de las especies de hormigas en la copa de los árboles sólo se realizó en los olivares de Arenales y Colomera 2, ya que como se ha indicado, Colomera 1 no presentó hormigas en el árbol. El número de árboles con hormigas mostró una tendencia descendente durante la campaña, tal como se mencionó al comentar el número de individuos en la copa del árbol. En Arenales, del 50% de los árboles con hormigas en el mes de mayo, en julio se reduce a la mitad y en septiembre a 1.6%. Algo similar ocurrió en Colomera 2, con una disminución más drástica en el mes de julio (Tabla 29).

Colomera 2 mostró una distribución en mosaico de las dos especies dominantes: *C. auberti* y *T. nigerrimum* (Fig. 15), muy semejante al de las plantaciones de cacao y bosques en Africa y Brasil (Majer, 1972; Room, 1974; Majer y Camer-Pesci, 1991; Dejean *et al.*, 1994). *T. nigerrimum* fue la principal ocupando el 61.6% de los árboles, mientras que *C. auberti* se presentó en el 20 %, compartiendo las dos especies tan sólo dos olivos. En Arenales, se observa también un mosaico, pero menos compacto y más complejo para las dos especies dominantes, *P. pygmaea*, *T. nigerrimum* y el grupo de las especies no-dominantes. La especie *P. pygmaea* se distribuye en el 26.6% de los árboles, mientras que *T. nigerrimum* lo hace en el 8.3%, no encontrándose las dos especies juntas en ninguno de los 60 árboles muestreados (Fig. 16). Sin embargo, se detectaron nidos de ambas especies en el suelo, bajo la copa del mismo árbol.

Entre las 11 especies se apreció una variada relación interespecífica en el árbol. Así, se observaron especies como *L. kraussei* y *P. pygmaea*, que coincidieron con otras cinco diferentes, pero también se presentaron solas en otros árboles. Sin embargo, las especies *A. senilis*, *C. foreli* y *F. subrufa* fueron capturadas como únicas especies en dos árboles cada una.

La ausencia de la especie *P. pygmaea* del olivar Colomera 2 se puede explicar por la escasez de humedad en el suelo de esta zona debido a la falta de riego, mientras que *C. auberti* demostró ser una especie muy sensible al laboreo, al desaparecer de Colomera 2 en coincidencia con el inicio de las labores de arado y poda en esta zona.

En los dos olivares, la distribución en mosaico con sólo dos especies dominantes, es semejante a la que se observa en plantaciones de mango en Australia (Majer, 1987) (Fig. 15 y 16).

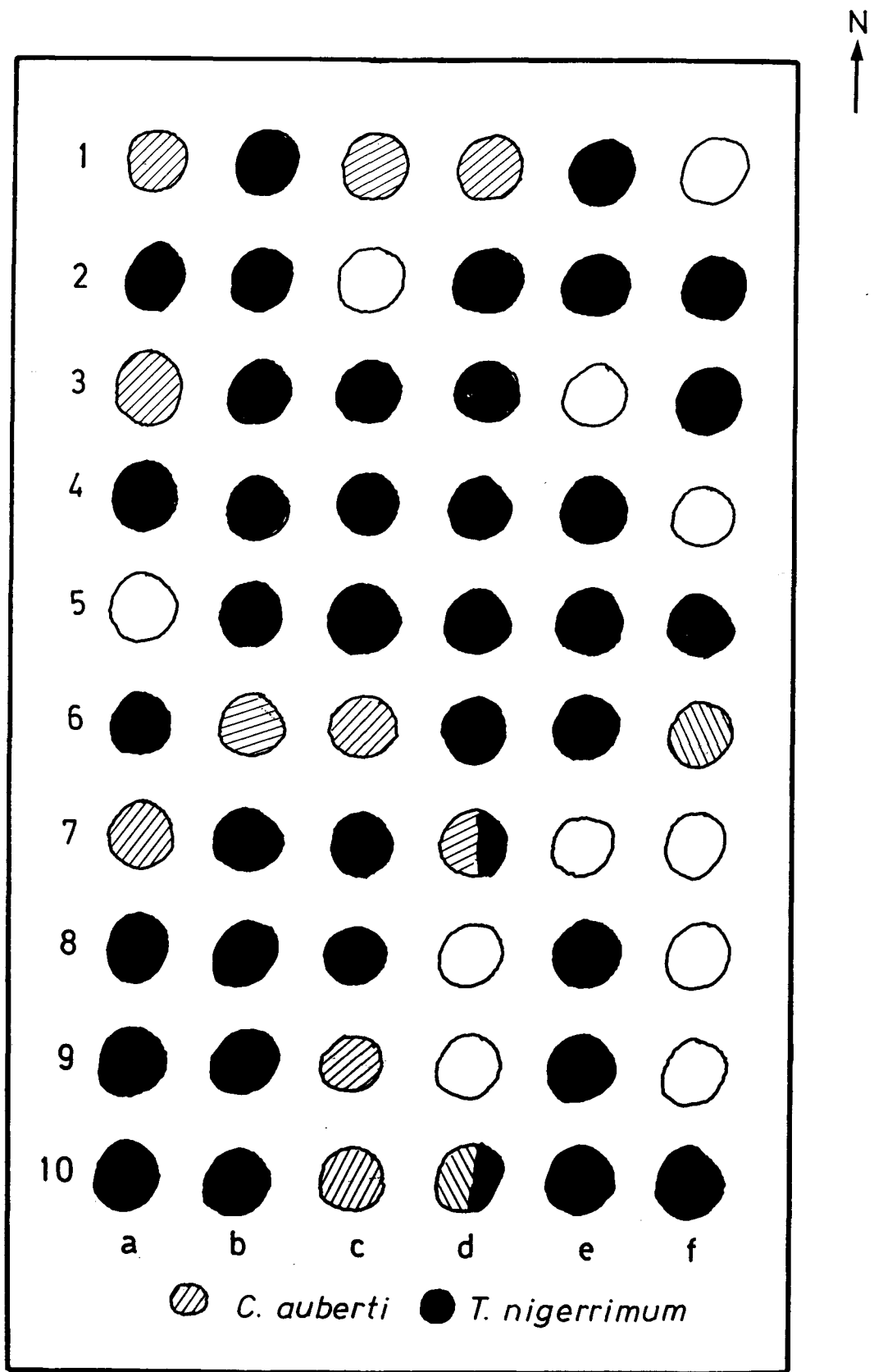


Figura 15 : Mapeo de las especies dominantes en el árbol en Colomera 2. Mayo, 1997.

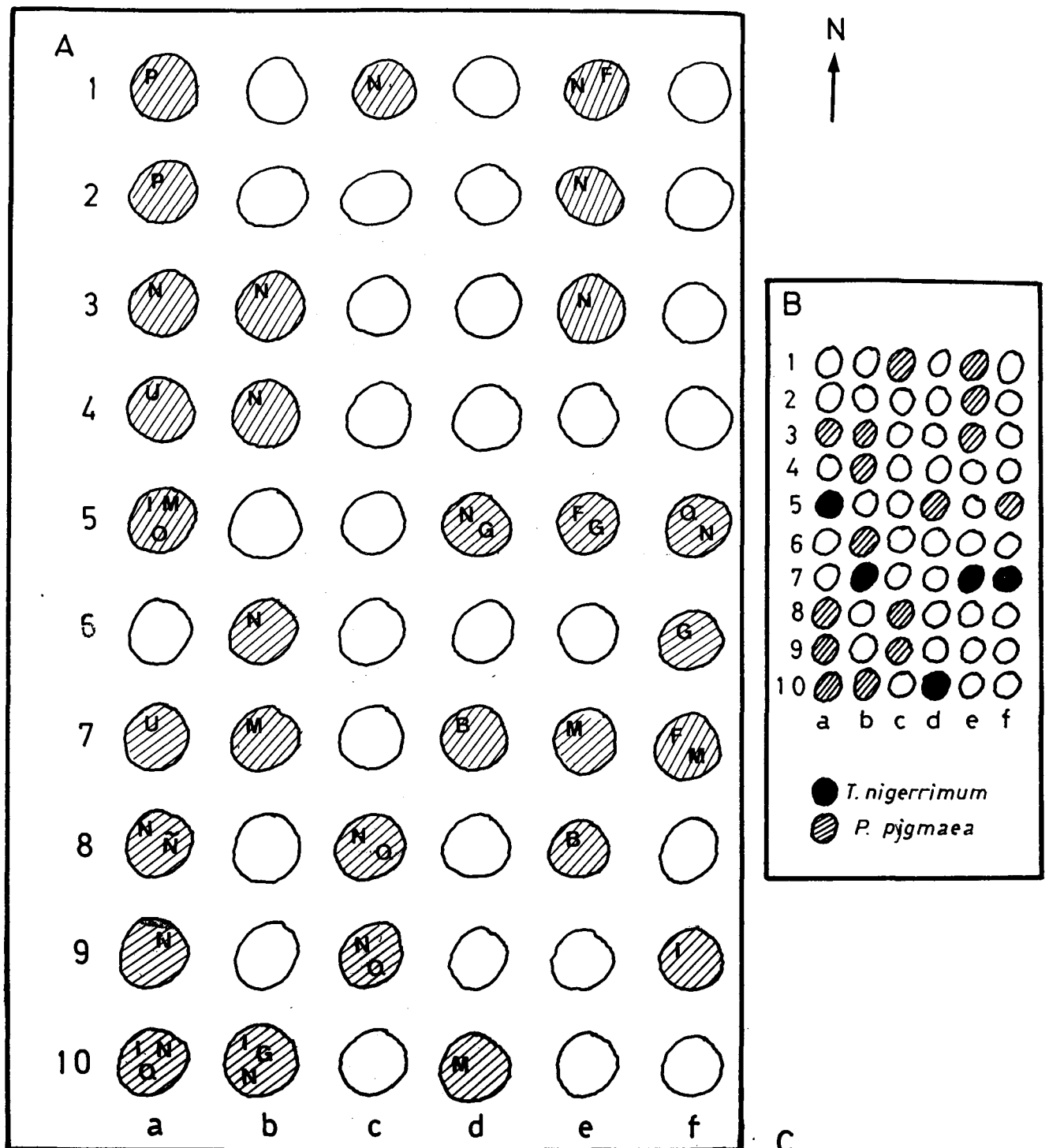


Figura 16 : A: Mapeo de los Formicidae en el árbol en el olivar de Arenales. Mayo, 1997. B: Mapeo de las especies dominantes. C: Presencia intraespecífica de los formicidos en la copa del árbol. B, P, U: formicido que se presenta solo en la copa de 2 árboles. Las letras representan las diferentes especies de hormigas según la Tabla 5.

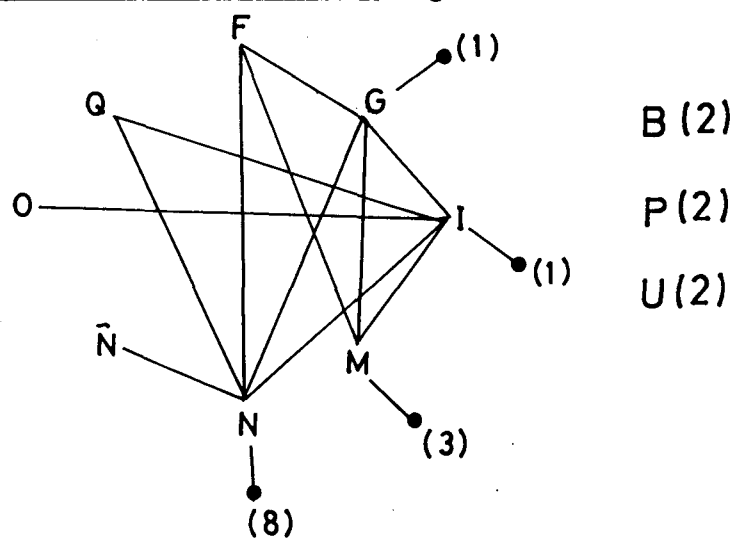


Tabla 29 : Número de árboles con nidos en el tronco, pistas en el tronco y hormigas en la copa del árbol, durante 1997 en dos olivares. Se indica así mismo, el total de árboles con hormigas y el porcentaje que representan en la muestra.

ZONA	NIDO EN TRONCO			PISTA			COPA			TOTAL						
	M	J	S	M	J	S	M	J	S	M		J		S		
	N°		%		N°		%		N°		%		N°		%	
Arenales	5	5	1	8	12	1	29	6	1	30	50.0	13	21.6	1	1.6	
Colomera 2	-	-	-	53	12	1	51	12	1	58	96.6	16	26.6	2	3.33	

M=mayo, J=julio, S=septiembre.

2-ELEMENTOS DE LA BIOCENOSIS DEL OLIVAR QUE COEXISTEN CON LOS FORMICIDAE.

2.1-La artropodofauna

2.1.1-En la copa del árbol

Se colectaron un total de 271 especies de las clases Insecta y Arachnida. En orden de importancia, los Hymenoptera, Araneae y Coleoptera, fueron los responsables de la mayor riqueza de especies, concretamente el 28.7%, 19.6% y 19.4% respectivamente (Tabla 30). La mayoría de las cuales se comportan como enemigos naturales, ya sea parasitoides (87%) o predadores (69%).

Sin embargo, numerosas especies utilizan al olivo como refugio o huésped alternativo, desarrollando su ciclo biológico o parte de él, en las malezas del suelo bajo la copa del árbol. Entre otras, se pueden citar al barrillo, *Hysteropterum grylloides* F., que sube al árbol sólo para depositar los huevos, completando su ciclo en las malezas del suelo (De Andres, 1991). Los pulgones alados (Aphididae), quienes migran desde la copa del olivo y los adultos de dípteros Agromyzidae que se refugian de las altas temperaturas.

Tabla 30: Número de especies de los diferentes órdenes de Arthropoda en el árbol (n=60) en tres olivares de Granada en 1997.

Orden	Nº de especies	Porcentaje
Araneae	53	19.6
Acari	5	1.8
Odonata	1	0.4
Ephemeroptera	3	1.1
Orthoptera	2	0.7
Dermaptera	1	0.4
Psocoptera	2	0.7
Thysanoptera	3	1.1
Homoptera	19	7.0
Heteroptera	17	6.3
Neuroptera	3	1.1
Trichoptera	1	0.4
Lepidoptera	3	1.1
Coleoptera	52	19.4
Diptera	28	10.3
Hymenoptera	78	28.7
Total	271	100

El mayor número de especies se observó en el olivar de Arenales durante el mes de Julio y el más elevado número de individuos en el olivar de Colomera 2 en ese mismo mes. Ambos valores estuvieron relacionados a las aplicaciones de insecticidas que se realizaron en Colomera 1 y Colomera 2 a partir del mes de Junio y Septiembre respectivamente, y que en ambos casos supuso un descenso en el número de especies y algo menos en individuos (Tabla 31).

La diversidad de especies se caracterizó por índices muy elevados, lo cual era de esperar, considerando el número de árboles (n=60) observados en cada zona. Esto dió lugar a la colecta de especies poco frecuentes, es decir, especies representada por un único individuo (n=56).

Tabla 32 : Índices de Diversidad de las especies de Arthropoda en la copa del árbol (n=60) en tres olivares, durante 1997 en Granada.

Índices de Diversidad						
Zona	Mes	S	DMg	H'	E	d
Arenales	Mayo	95	14.57	3.661	0.804	0.133
	Julio	157	23.81	3.612	0.714	0.189
	Septiembre	149	22.98	4.099	0.819	0.096
Colomera 1	Mayo	73	11.56	1.991	0.464	0.606
	Julio	48	9.22	2.880	0.744	0.238
	Septiembre	34	6.33	2.017	0.572	0.459
Colomera 2	Mayo	83	12.27	2.621	0.593	0.283
	Julio	87	12.64	2.623	0.587	0.305
	Septiembre	65	12.27	3.513	0.842	0.109

S=riqueza de especies, DMg=índice de diversidad de Margalef, H'=índice de diversidad de Shannon, E=índice de equitabilidad, d=índice de dominancia de Berger-Parker.

2.1.2-En el suelo

El número de especies en el suelo bajo la copa del árbol (n=23), fue mucho menor que en el árbol (n=271), aunque, como se mencionó en el Punto 1 del presente Capítulo, numerosas especies desarrollan su ciclo de vida en esta zona y buscan refugio en el árbol. Los Carabidae, con cinco especies, predominaron (n=89) en el suelo, bajo las piedras, en los olivares de Arenales y Colomera 1. En Colomera 2, es muy probable que la falta de humedad no permitiera el establecimiento de estas especies. Al parecer, los insecticidas no afectaron la presencia de estos coleópteros en Colomera 1, en donde se observaron numerosas larvas (n=36) bajo las piedras.

2.2-Principales insectos fitófagos

Prays oleae. En las observaciones preliminares del presente trabajo, en los meses de Febrero a Abril, se detectaron los estados de larva, pupa y adulto de

Tabla 31: Número de especies y de individuos de Arthropoda en el árbol (n=60) en tres olivares, durante 1997 en Granada.

Zona	Mayo		Julio		Septiembre	
	nº e	nº i	nº e	nº i	nº e	nº i
Arenales	95	633	157	707	149	627
Colomera 1	73	507	48	164	34	183
Colomera 2	83	769	87	903	65	184

nº e= número de especies, nº i= número de individuos.

La mayor diversidad se observó en el olivar de Arenales, con respecto a los dos olivares de Colomera. Su valor está por encima del valor óptimo del índice de diversidad de Shannon, con una equitabilidad que tiende a su valor máximo, marcada por un bajo valor de la especie más abundante. En el olivar Colomera 2 los índices de diversidad fueron más elevados que en Colomera 1. Este gradiente de diversidad entre los olivares es demostrada mediante los valores de los diversos índices, especialmente, los de Shannon y Margalef (Tabla 32).

Los resultados globales confirman los obtenidos al cuantificar las especies de Formicidae en base a los nidos en el suelo y sus individuos en la copa del árbol. Pero los valores parciales, en diferentes fechas de muestreo a lo largo de la campaña, difieren a los obtenidos con las hormigas. Es muy probable que la preferencia del recurso alimenticio representado por determinadas especies de Homoptera y *P. oleae*, así como las temperaturas más elevadas a partir del mes de julio, influyan en el descenso de la diversidad de la mirmecofauna. Por ello, es necesario considerar la dinámica de las poblaciones de hormigas a lo largo de la estación, si es que se utiliza a este grupo como indicador de la biodiversidad en el agroecosistema del olivo.

Desde el punto de vista de conservación de la biodiversidad, el manejo agronómico del olivar de Arenales parece ser el más adecuado, ya que permite mantener un equilibrio entre las poblaciones de la artropodofauna que coexisten en el mismo.

Tabla 32 : Indices de Diversidad de las especies de Arthropoda en la copa del árbol (n=60) en tres olivares, durante 1997 en Granada.

Indices de Diversidad						
Zona	Mes	S	DMg	H'	E	d
Arenales	Mayo	95	14.57	3.661	0.804	0.133
	Julio	157	23.81	3.612	0.714	0.189
	Septiembre	149	22.98	4.099	0.819	0.096
Colomera 1	Mayo	73	11.56	1.991	0.464	0.606
	Julio	48	9.22	2.880	0.744	0.238
	Septiembre	34	6.33	2.017	0.572	0.459
Colomera 2	Mayo	83	12.27	2.621	0.593	0.283
	Julio	87	12.64	2.623	0.587	0.305
	Septiembre	65	12.27	3.513	0.842	0.109

S=riqueza de especies, DMg=índice de diversidad de Margalef, H'=índice de diversidad de Shannon, E=índice de equitabilidad, d=índice de dominancia de Berger-Parker.

2.1.2-En el suelo

El número de especies en el suelo bajo la copa del árbol (n=23), fue mucho menor que en el árbol (n=271), aunque, como se mencionó en el Punto 1 del presente Capítulo, numerosas especies desarrollan su ciclo de vida en esta zona y buscan refugio en el árbol. Los Carabidae, con cinco especies, predominaron (n=89) en el suelo, bajo las piedras, en los olivares de Arenales y Colomera 1. En Colomera 2, es muy probable que la falta de humedad no permitiera el establecimiento de estas especies. Al parecer, los insecticidas no afectaron la presencia de estos coleópteros en Colomera 1, en donde se observaron numerosas larvas (n=36) bajo las piedras.

2.2-Principales insectos fitófagos

Prays oleae. En las observaciones preliminares del presente trabajo, en los meses de Febrero a Abril, se detectaron los estados de larva, pupa y adulto de

la generación filófaga de este fitófago, tal como indican diversos autores (Campos, 1976, Campos y Ramos, 1981, Arambourg, 1986).

En Abril-Mayo, los adultos de la polilla deponen sus huevos en los botones de las inflorescencias. La duración de la generación antófaga depende fundamentalmente de la temperatura. Así, en el año 1997, el ciclo de esta generación concluyó en el mes de Julio, mientras que en 1998, el ciclo se completó en la primera quincena de Junio, debido a las mayores temperaturas, con respecto al año anterior (Fig. 3).

El número de huevos en brotes (n=500) correspondientes a las generaciones antófaga y carpófaga fueron mayores en Colomera 1, con respecto a los detectados en Arenales y en Colomera 2 (Tabla 33). En cambio, el número de adultos colectados en el árbol en los meses de Mayo y Julio, fue mayor en Arenales, que en Colomera 1 y Colomera 2. Pero en el mes de Septiembre, Colomera 1 presentó un número mayor que Arenales (Tabla 33). Por otro lado, en la colecta con red en los árboles en el mes de Septiembre, se recogieron frutos que fácilmente se desprendían del árbol por estar atacados por larvas de *P. oleae*. Así, el mayor número (n=668) correspondió a Arenales, con respecto a Colomera 2 (n=47) y Colomera 1 (n=3).

En los meses de Abril a Julio, los huevos, larvas y pupas de este lepidóptero son más accesibles a los enemigos naturales, ya que se encuentran en el exterior de los órganos vegetativos. A partir de julio, la entrada de la larva al fruto, donde pasa el verano alimentándose de la almendra, y refugiándose del calor, impide la acción de sus enemigos naturales (Arambourg, 1986).

Las poblaciones de los Formicidae son más abundantes en los meses de Mayo a Julio, en coincidencia con el final de la generación filófaga, toda la antófaga y principio de la carpófaga de *P. oleae*. En el olivar Colomera 2, con el mayor número de hormigas en el árbol, se registró el menor número de huevos y larvas de este fitófago (Tabla 33). Estos resultados coinciden con los mencionados por Morris (1997), quien indica en base a pruebas inmunológicas (ELISA) que *T. nigerrimum* es uno de los principales depredadores de este lepidóptero.

Saissetia oleae. El mayor número de ninfas y adultos se obtuvo en el olivar de Arenales (Tabla 33). En el olivar Colomera 2, con el mayor número de hormigas en el árbol y el menor ataque de este cóccido, se comprobó que las hormigas no influyen en el aumento de la presencia de esta especie en el olivar. Por otro lado, los valores medios del porcentaje de parasitismo ejercido por el parasitoide *Scutellista cyanea* Motsh (Hymenoptera) no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los árboles con *T. nigerrimum* y *C. scutellaris* (12.8%) y los árboles sin hormigas (13.5%). Así mismo, se realizó una

observación en dos olivos con forrageo continuo durante dos años de *Linepithema humile*, en una zona urbana de Granada. Al respecto, se constató que el porcentaje de parasitismo por este microhimenóptero, en las hembras adultas de *S. oleae*, fue 12.6%, semejante al observado en campo (13.5%). Por lo tanto, la presencia de formídeos en el olivo no evitan el parasitismo de las hembras adultas de la cochinilla de la tizne.

Euphilura olivina. La presencia de huevos y ninfas de este psílido fue mayor en el olivar de Colomera 2 y durante los meses de Mayo y Julio. En el olivar Colomera 1 prácticamente no se lo observó, probablemente por el uso de insecticidas (Tabla 33). Las hormigas se relacionan con este insecto, utilizando las esferas de sustancias cereo-líquidas que producen las ninfas, por lo que no tienen aparentemente ningún efecto sobre el control de la población de la misma.

Tabla 33 : Número de huevos, ninfas, larvas, pupas y adultos de los principales fitófagos en los tres olivares de Granada. 1997.

Especie	Estado	Arenales			Colomera 1			Colomera 2		
		M	J	S	M	J	S	M	J	S
<i>P. oleae</i>	H	97	241	-	125	680	-	63	3	-
	L	-	51	-	28	38	-	-	-	-
	P	-	8	-	-	3	-	-	-	-
	A	22	27	4	2	3	35	8	11	-
<i>S. oleae</i>	N	245	34	18	138	12	-	60	-	-
	A	10	-	367	-	-	24	18	-	12
<i>E. olivina</i>	H	39	-	-	2	-	-	570	916	-
	N	117	-	-	-	-	-	320	425	-
	A	19	5	-	-	-	-	-	-	16

M=Mayo, J=Julio, S=Septiembre

Euzophera pingüis. Este lepidóptero sólo se presentó en el olivar Colomera 1. En el mes de Mayo, se constató la presencia de larvas del agusanado, por los pequeños montículos de partículas de serrín con excrementos que se observaban principalmente en los rebrotes, en el tronco y ramas principales de los pies de los árboles. El 76.6% de los árboles (n=46) estuvieron afectados por este fitófago, con 1 a 5 larvas por árbol (1-3 por pie). Igualmente, se comprobó que la mayoría de los olivos de toda la finca estaban afectados, exceptuando la parcela

Colomera 2. Sin embargo, en Julio ya no se observó su presencia, debido probablemente a la aplicación de insecticidas. Es muy probable que la presencia de este fitófago en este olivar se deba al desequilibrio que presentó el mismo por la acción de insecticidas. Las hormigas, conjuntamente con el resto de enemigos naturales, deben ejercer una función de control de esta plaga.

Bactrocera oleae. En el olivar Colomera 1, en el mes de Abril de 1998, en aceitunas que no habían sido cosechadas, se detectó la presencia de larvas en el fruto, obteniéndose las pupas y adultos (n=43) en laboratorio. La ausencia de la mosca del olivo en los otros dos olivares en este mismo mes, tendría la misma explicación mencionada en el párrafo sobre *E. pingüis*.

2.3-Los vertebrados

La especie más abundante en los tres olivares fue el topillo (*Phytimys duodecimcostatus*). Este roedor vive en pequeñas madrigueras construidas en el suelo, bajo la copa del árbol. La presencia de este mamífero se cuantificó en el mes de Septiembre, mediante los excrementos (n=7 a 35) en el suelo, junto a la base de los pies de tronco, así como los frutos con parte del mesocarpio consumido, amontonados (n=4 a 9) en la entrada de las madrigueras. El olivar Colomera 1 presentó el mayor número de árboles (n=56) con este roedor, mientras que Arenales (n=33) y Colomera 2 (n=20), tuvieron una menor población.

Por otro lado, en el olivar de Arenales, se observó la presencia de excrementos (n=3 a 6) y frutos parcialmente consumidos (n=2 a 4), en los troncos de las primeras podas de este cultivo, a unos 50-80cm del suelo. Esto podría significar que el topillo puede afectar la aceituna en el árbol, especialmente en las plantaciones antiguas, de más de 80 años, debido a la cubierta rugosa del tronco, así como el espacio físico amplio (20cm diámetro) del tronco podado.

En diversas ocasiones se observó a *A. senilis* y *T. nigerrimum* cargar excrementos del topillo, lo que utilizan como fuente de nitrógeno. Sin embargo, la actividad del topillo durante las horas de la noche, podría influir en la actividad de las hormigas en esas horas.

Las aves no fueron cuantificadas, pero se observó diferentes especies de Paseriformes, especialmente zorzales y estorninos. El excremento de las aves en el tronco y ramas del olivo, fue utilizado por *C. scutellaris* como fuente de nitrógeno.

En el olivar Colomera 2 se detectó, en Mayo de 1997, la presencia de la culebra bastarda (*Malpolon mosnpenpularus*) (n=5), entre la cubierta vegetal del suelo bajo la copa de los árboles, así como mudas (n=8) de la culebrilla ciega

(*Blanus cinereus*) en las calles. A partir del mes de Julio, desapareció el ofidio, debido al laboreo iniciado en la zona. La presencia de reptiles en el olivar Colomera 2 podría haber determinado la ausencia de topillos durante los meses de Mayo a Julio y probablemente el número menor con respecto a los otros dos olivares en el mes de Septiembre.

2.4-La cubierta vegetal del suelo

La cobertura vegetal del suelo fue mayor (100%), con una predominancia de *Sorghum halepense* (L.) en Colomera 2 hasta Julio de 1997, en que se inició un laboreo intenso que eliminó todo tipo de maleza, incluso bajo la copa del árbol (Foto 4).

Los olivares de Arenales y Colomera 1 presentaron malas hierbas bajo la copa del árbol, no así en las calles, en donde ocasionalmente se observaron algunos especímenes (*S. halepense*).

En Arenales, la cubierta vegetal (60%) y riqueza de especies (n=38) bajo la copa del árbol fue mayor que en Colomera 1 (25% y n=18). En Colomera 1 la especie dominante fue *Euphorbia characias* en las áreas de suelo húmedo, debido a las cinco mangueras del riego por goteo.

3-LA ACTIVIDAD E INTERACCIONES TROFICAS DE LOS FORMICIDAE

3.1-Actividad e interacciones tróficas de la mirmecocenosis del olivar

En el conjunto de especies de hormigas colectadas podemos distinguir varios grupos según el nicho que ocupan (Tabla 34):

- 1-Nidos y pistas en el árbol: *C. scutellaris*, *L. kraussei* y *C. lateralis*.
- 2-Nidos en el suelo bajo la copa del árbol y pistas en el árbol: *C. auberti*, *C. sordidula*, *T. nigerrimum* y *P. pygmaea*.
- 3-Nidos bajo la copa del árbol y forrajeo solitario en el árbol: *A. senilis*, *T. semilaeve*, *L. alienus*, *L. niger*, *C. foreli*, *C. sylvaticus* y *F. subrufa*. Las especies *T. semilaeve* y *C. sylvaticus* no fueron observadas durante la realización de este trabajo en el árbol, pero Morris (1997) las cita como especies colectadas en la copa del los olivos, razón por la cual son incluídas en este grupo.
- 4-Nidos en el suelo bajo la copa del árbol y que no suben al olivo: *A. gibbosa* y *S. latro*.

5-Nidos en las calles y forrageo esporádico en los árboles: *M. barbarus*, *M. bouvieri*, *C. rosenhaueri* y *C. velox*. Las especies *M. barbarus* y *C. rosenhaueri*, también formaron nidos bajo la copa del árbol, en el límite con la calle.

Las especies *Leptothorax* sp. y *Bothriomyrmex* sp. no son clasificadas en ningún grupo, ya que se encontró sólo un macho de cada especie en la copa del árbol.

Tabla 34: Grupos de especies de Formicidae según su localización en el olivar y tipo de alimento. Granada, 1997-1998.

ESPECIE	nido			pista			solitaria			rég. alimenticio					rég. alim. seg. bibliog. *														
	T	BC	TR	T	BC	TR	R	T	BC	TR	R	G	SL	AM	AV	HM	E	G	SL	AM	AV	HM	E	O					
<i>C. scutellaris.</i>			x																						x	x	x		
<i>L. kraussei.</i>			x																							x	x		
<i>C. lateralis.</i>			x																										
<i>C. auberti.</i>			x																								x		
<i>C. sordidula.</i>			x																								x		
<i>T. nigerrimum.</i>	x	x																									x	x	x
<i>P. pygmaea.</i>			x																								x	x	x
<i>A. senilis.</i>	x	x																									x	x	x
<i>T. semilaeve.</i>			x																								x		
<i>L. alienus.</i>			x																								x		
<i>L. niger.</i>			x																								x		
<i>C. foreli.</i>			x																								x		
<i>C. sylvaticus.</i>	x	x																									x		
<i>F. subrufa.</i>			x																								x	x	x
<i>A. gibbosa.</i>			x																								x		
<i>S. latro.</i>			x																								x		
<i>M. barbarus.</i>	x	x																									x	x	x
<i>M. bouvieri.</i>			x																								x	x	x
<i>C. rosenhaueri.</i>	x	x																									x		
<i>C. velox.</i>			x																								x	x	

T: transecto; BC: suelo bajo copa de olivo; TR: tronco; R: rama; G: granívora; SL: sustancia líquida; AM: artrópodo muerto; AV: artrópodo vivo; HM: hoja de maleza; E: excremento; O: omnívora; rég. alim. seg. bibliog.: régimen alimenticio según bibliografía; * Agbogba, 1985, Alloway *et al.*, 1991; Cavia, 1990; Cerdá *et al.*, 1988, Cerdá *et al.*, 1989; Cerdá y Retana, 1988; Cerdá y Retana, 1997; Du Merle, 1983; Fernández-Escudero y Tinaut, 1993; Morris, 1997; Retana *et al.*, 1987; Retana *et al.*, 1989; Serrano *et al.*, 1987; Soulie, 1962; Villagrán *et al.*, 1992.

Las especies que visitan el árbol tienen un régimen alimenticio en el que se incluyen insectos, además de líquidos azucarados. Mientras que las hormigas que no visitan el árbol, deben cumplir también una función importante en este agroecosistema, ya sea atacando a los estados de desarrollo de insectos del árbol que utilizan el suelo para pupar (*D. oleae*, *P. oleae*, etc.) (Arambourg, 1986; Mazomenos, 1994), como también en el ciclo de nutrientes y enriquecimiento del

suelo (Malozema y Koruma, 1973; Culver y Beattie, 1983; Woodell y King, 1991; Wagner, 1997).

Las especies cuya actividad e interacciones tróficas fueron observadas con mayor frecuencia en el olivar son:

Grupo 1.-*C. scutellaris*: su alimentación consiste principalmente en melaza de *S. oleae*, aunque también captura Psocoptera de la copa del árbol y Aphididae de las malezas del suelo (Foto 12 y 13). También se observó a las obreras transportar excrementos de aves que se encontraban sobre el tronco. En aproximadamente una hora, las obreras limpiaron una superficie de unos 10cm² de estos excrementos. Posteriormente, en el punto 3 de este Capítulo, se amplían detalles sobre la actividad y régimen alimenticio de esta especie.

Grupo 2.-*C. auberti*: en el olivar Colomera 2 fue observada recogiendo melaza de Coccidae y transportando Psocoptera (n=8) y larvas pequeñas de *P. oleae* (n=3) en las pistas del tronco. *C. sordidula*: las obreras transportaron melaza de *S. oleae*. *T. nigerrimum*: la población de esta especie fue la más abundante en el árbol. Posteriormente, en el Punto 3 de este capítulo, se amplían detalles sobre la actividad y régimen alimenticio de esta especie. *P. pygmaea*: las obreras permanecieron sobre la superficie de las ramas recién podadas, alimentándose de las exudaciones de las mismas. Igualmente se las observó en las maleza bajo la copa del árbol atendiendo a Aphididae.

Grupo 3.-*A. senilis*: las obreras mostraron un comportamiento muy peculiar en la búsqueda individual de su alimento, apareciendo generalmente en los casos en que se realizó la remoción de piedras en la búsqueda de hormigueros o bien en las cercanías de otros nidos sin actividad. Según Cerdá *et al.* (1988) esta especie es oportunista, descubriendo rápidamente el recurso alimenticio, pero es incapaz de defenderlos de otras especies más agresivas como *T. nigerrimum* (Cerdá y Retana, 1987). En tres ocasiones se las observó transportar en grupo (n=4, n=5 y n=7), diferentes artrópodos de gran tamaño (Tenebrionidae, larva de Coleoptera y Chilopoda). Por otro lado, de manera individual (n=5), excrementos del topillo (*P. duodecimcostatus*). Si bien las obreras de esta especie permanecen en el suelo bajo la copa del árbol, su presencia en el tronco, ramas e incluso en la copa del árbol, indican que su área de forrajeo puede ampliarse al olivo en algunas ocasiones. *T. semilaeve*: transportó Coleoptera Coccinellidae muy pequeños (n=3) y obreras de *S. latro* (n=5), posteriormente a enfrentamientos con esta especie.

Grupo 4.-*A. gibbosa*: se la observó transportando presas de gran tamaño, como por ejemplo larvas de Coleoptera, por lo que debe tener reclutamiento en grupo, aunque en la bibliografía no se menciona ninguna referencia en este sentido. *Solenopsis latro*: en el capítulo anterior ya se comentó la presencia de esta especie

dentro del hueso de la aceituna consumido por *P. oleae*. Igualmente, se observó que se instalan entre el epicarpio del fruto y el hueso, una vez que el mesocarpio ha sido consumido en gran parte por el topillo. Así, al levantar del suelo una aceituna que ha sido utilizada como alimento por *P. oleae* y el topillo, numerosas obreras (más de 15) de esta especie salen inmediatamente de su refugio. En el olivar Colomera 2, se observaron numerosos frutos con *S. latro* dentro, rodeados completamente por *T. semilaeve*. En algunas ocasiones, la situación que se presentaba hacía pensar que *T. semilaeve* había instalado alguna galería debajo de la aceituna ocupada por *S. latro*.

Grupo 5.-*M. barbarus* y *M. bouvieri*: las obreras de este género no suben a los árboles y desplegaron una gran actividad en las calles del olivar Colomera 2 transportando en largas pistas todo tipo de restos vegetales y especialmente frutos y semillas, las cuales cubrían las entradas de los nidos. *C. rosenhaueri*: las obreras buscan el alimento de manera solitaria y con mucha cautela bajo la copa del árbol para conseguir su alimento (artrópodos muertos). En las calles, su actividad se destacó del resto de las especies de hormigas por la agilidad y velocidad de sus movimientos. Se la observó principalmente en las horas de mayor temperatura (12:00-16:00hs), tal como se indica para todas las especies de este género, altamente termofílicas, con la mayor actividad durante las horas del día en que aumenta la temperatura de la superficie del suelo (Deyle, 1968; Harkness, 1977; Cerdá, 1986; Cerdá *et al.* 1989).

El resto de las especies: *L. kraussei*, *C. lateralis*, *C. foreli*, *C. sylvaticus*, *F. subrufa* y *C. velox*, fueron observadas en escaso número. Así, no fue posible determinar el régimen alimenticio, por lo cual se hace referencia sólo a las citas bibliográficas (Tabla 34).

En conjunto, estas especies se comportan ante el olivo como lo harían ante cualquier otro tipo de árbol ya que incluyen a éste dentro de su área de forrajeo, como ocurriría en un ecosistema natural.

3.2-Actividad de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*

3.2.1-En campo

3.2.1.1-Distribución de los hormigueros y pistas de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*.

La presencia de *T. nigerrimum* en el árbol parece estar relacionada con la presencia de maleza con pulgones bajo la copa del árbol y con inflorescencias en el árbol (Fig. 17). Así, el 45% de los árboles (n=60) tuvieron inflorescencias-pulgón,

de los cuáles, el 55.5% presentaron nidos y pistas en el tronco de *T. nigerrimum*. En cambio, *C. scutellaris* permaneció en el árbol aunque éste no tuviera inflorescencias durante ese período, ni pulgones en la maleza bajo la copa. Las dos especies se presentaron con mayor abundancia en una zona (Fig. 17 A) con mayor número de árboles (n=18) con inflorescencias y pulgones en la maleza bajo la copa del árbol (n=15) que en zonas que presentaron un menor número de árboles con inflorescencias y pulgones en la maleza (Fig. 17, B y C).

3.2.1.2-Actividad en las pistas por el tronco del árbol.

T. nigerrimum inició su actividad en el olivar en el mes de Febrero. En esta época, el número de obreras fue muy bajo y únicamente se pudo observar algunas deambulando solitarias tanto en el suelo, bajo la copa de los árboles, como en las calles. En el mes de Abril ya se detectaron las pistas de recolección en el tronco del árbol, las cuales permanecieron hasta la primera semana del mes de Julio. Las obreras tuvieron un ciclo de actividad unimodal entre las 8:00 y 18:00 hs en los meses de Abril y Mayo. En los meses de Junio y Julio, la actividad se interrumpió a las 17:00hs y 14:00hs respectivamente, acorde con las temperaturas más elevadas (Fig. 18). Estos resultados no concuerdan con los que menciona Morris (1997), quien indica que *T. nigerrimum* tiene un ciclo bimodal en el mes de Junio, en el olivar de Arenales. Cerdá *et al.* (1989) mencionan un patrón unimodal en el mes de Abril, el cual cambia a bimodal en el mes de Julio, con la máxima actividad entre las 17 y 21 horas.

La mayor actividad de las obreras en el árbol, fue en las horas de la mañana, a diferencia de lo que se menciona para esta especie en otros habitats (Cerdá *et al.*, 1989). Sin embargo, el microhabitat especial que brinda la copa de los olivos de más de 20 años, y el recurso abundante pero esporádico, constituido por la floración breve del olivo y el complejo de artrópodos que la acompañan, podrían ser la causa de estas diferencias mencionadas con respecto a otros habitats.

Los máximos de actividad correspondientes a los meses de Abril y Mayo coincidieron con la prefloración y floración del olivo, con la presencia de los diferentes estados de desarrollo del final de la generación filófaga y toda la generación antófaga de *P. oleae* y la mayor diversidad de la artropodofauna en la copa del árbol durante la campaña.

Las trampas de caída colocadas durante la noche en el mes de Julio-Agosto, no capturaron ninguna obrera de esta especie, lo cual indicaría que no se produjo un cambio en la actividad diaria de esta especie, tal como puede ocurrir en otros habitats (Cerdá y Retana, 1988; Cerdá *et al.*, 1989). Sin embargo, se

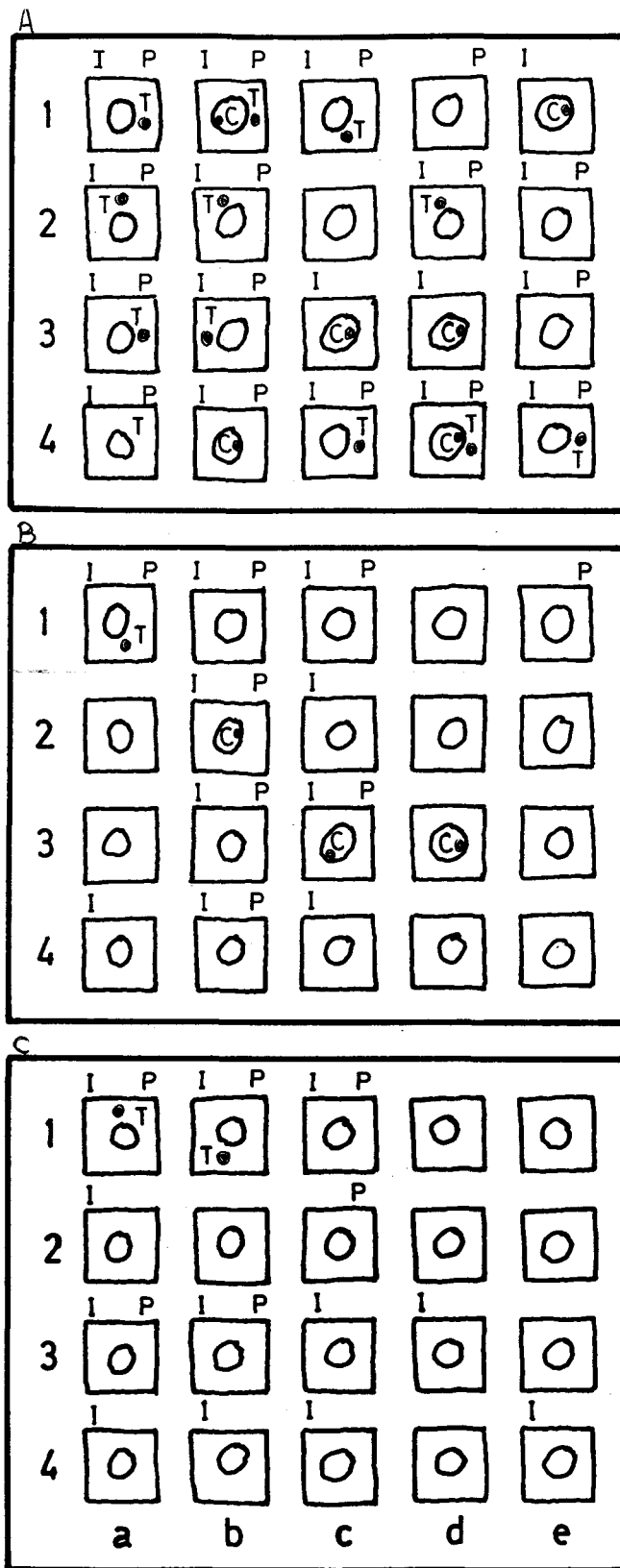


Figura 17 : A, B, C: Mapeo de los nidos de *T. nigerrimum* (T) y *C. scutellaris* (C) en el olivar de Arenales. 1997. I: inflorescencias, P: pulgones. □ : área bajo la copa del árbol, ○ : tronco del árbol

observó una gran cantidad de obreras de *T. nigerrimum* en malezas, especialmente cardos con Aphididae entre los meses de Julio a Septiembre, en los bancales ubicados en los límites del cortijo de Arenales. Además del forrageo que realiza en el árbol, esta especie se encontró de manera muy abundante (n=10-40) en las malas hierbas que presentaron pulgones bajo la copa del árbol. En este caso, la actividad no disminuyó a las 18:00hs, incluso, una vez finalizado el período de toma de datos estipulado en Materiales y Métodos, ésta continuó. Así mismo, en dos ocasiones se observó a las obreras forragear en plantas de cardo (50cm de altura) con colonias de pulgones, ubicadas en las calles. Así, esta especie se mantuvo activa de forma continua durante el día, aún a elevadas temperaturas (38°C), lo cual demuestra que si el recurso es importante para *T. nigerrimum*, el ritmo de actividad puede variar. Igualmente, Cerdá *et al.* (1989) indican que las obreras de esta especie son mucho más constantes cuando atienden a colonias de áfidos y pueden ser observadas las 24 horas del día desde Abril y en los meses del verano en plantaciones de pino. Pero estos autores explican la actividad continua de las obreras a causa del microclima particular de las ramas más bajas de los pinos, que reciben menos radiación solar y no sufren las fluctuaciones de temperatura que ocurren en el suelo.

C. scutellaris inició su actividad en el mes de Marzo con obreras solitarias en el tronco. En Abril se presentaron las pistas que permanecieron hasta agosto. A partir de Septiembre, la actividad se redujo considerablemente desapareciendo en Octubre. Esta especie, con sus nidos en el tronco del árbol, puede presentar dos tipos de pistas de forrageo: una que se dirige a la copa del árbol y la otra al suelo. La mayor actividad se observó en los meses de Abril, Mayo y Junio en las pistas que se dirigen a la copa del árbol (Fig. 19).

Las pistas que comunican el nido con el suelo mostraron un mayor número de obreras en los meses de Abril y Mayo, desapareciendo prácticamente en los meses de Junio y Julio (Fig. 20).

La mayor actividad diaria se observó entre las 9:00 y 16:00hs, un poco desfasada con respecto a la de *T. nigerrimum* (Fig. 18 y 19). Una de las pistas de *C. scutellaris*, ubicada en una rama principal en posición casi horizontal, se trasladó a la parte sombreada de la rama durante las horas de mayor insolación.

Las pistas de las dos especies se observaron en el tronco y ramas principales. Estas pistas desaparecen al pasar a las ramas secundarias, por lo que la actividad de las obreras en brotes y hojas se realiza de forma individual. Así, la geometría del árbol reproduce lo que ocurriría en una pista convencional en el suelo, es decir, al final de la pista las obreras se dispersan explorando individualmente el recurso (Acosta *et al.*, 1985). En la copa del árbol, el

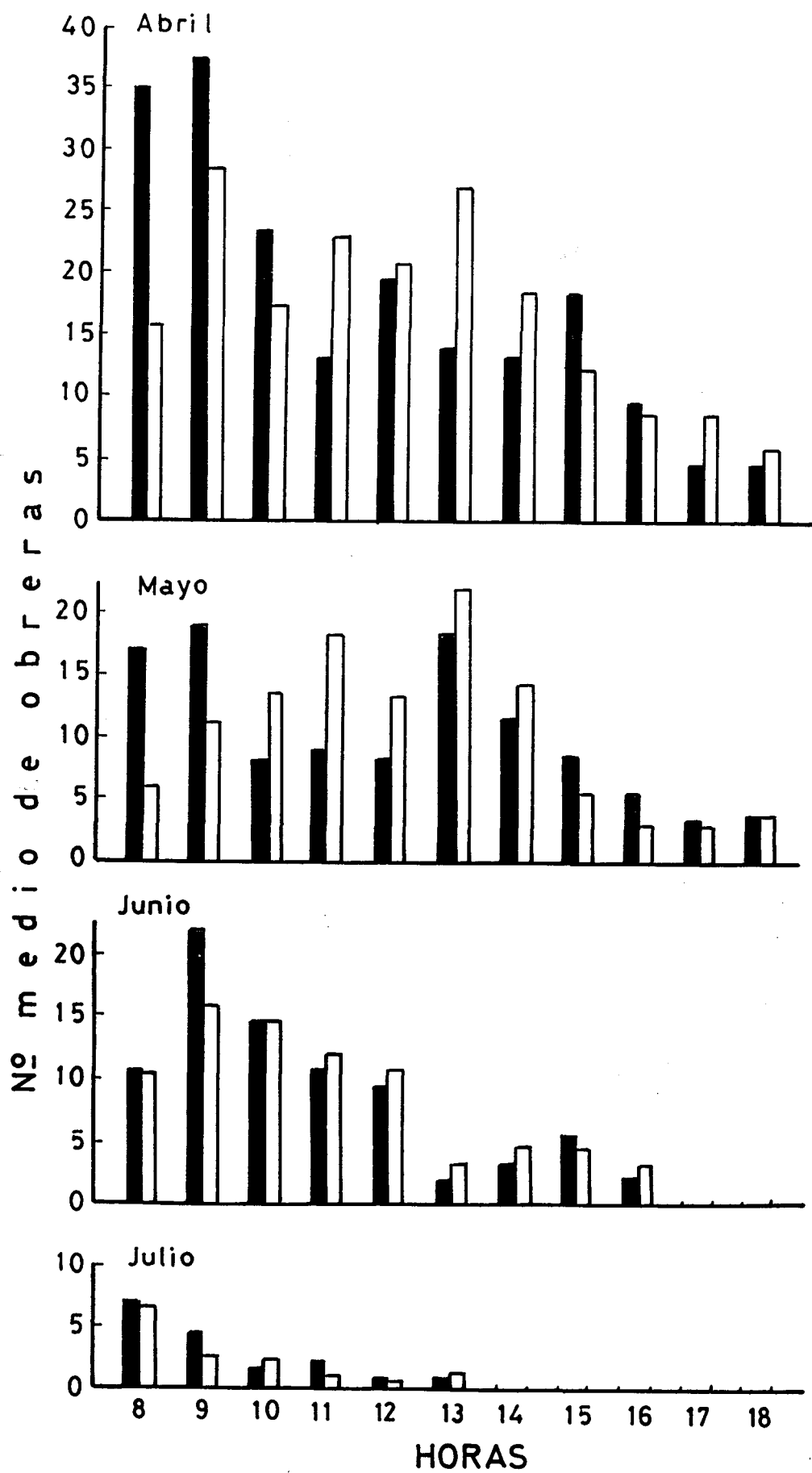


Figura 18 : Patrón de actividad diaria de obreras de *T. nigerrimum* que suben y bajan a la copa del árbol, observadas en 5 minutos. Arenales. 1998

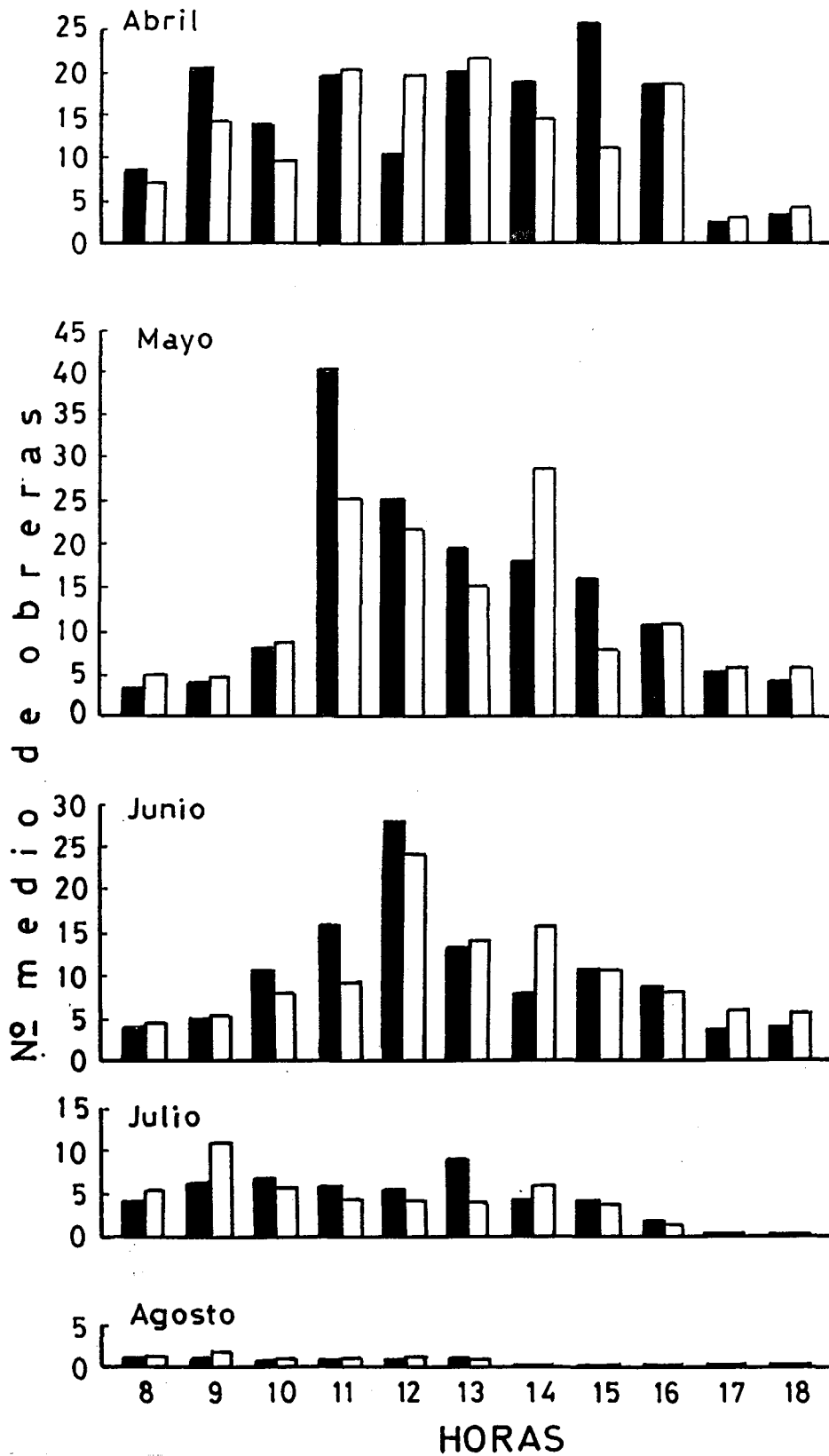


Figura 19 : Patrón de actividad diaria de obreras de *C. scutellaris* que suben y bajan a la copa del árbol, observadas en 5 minutos. Arenales. 1998

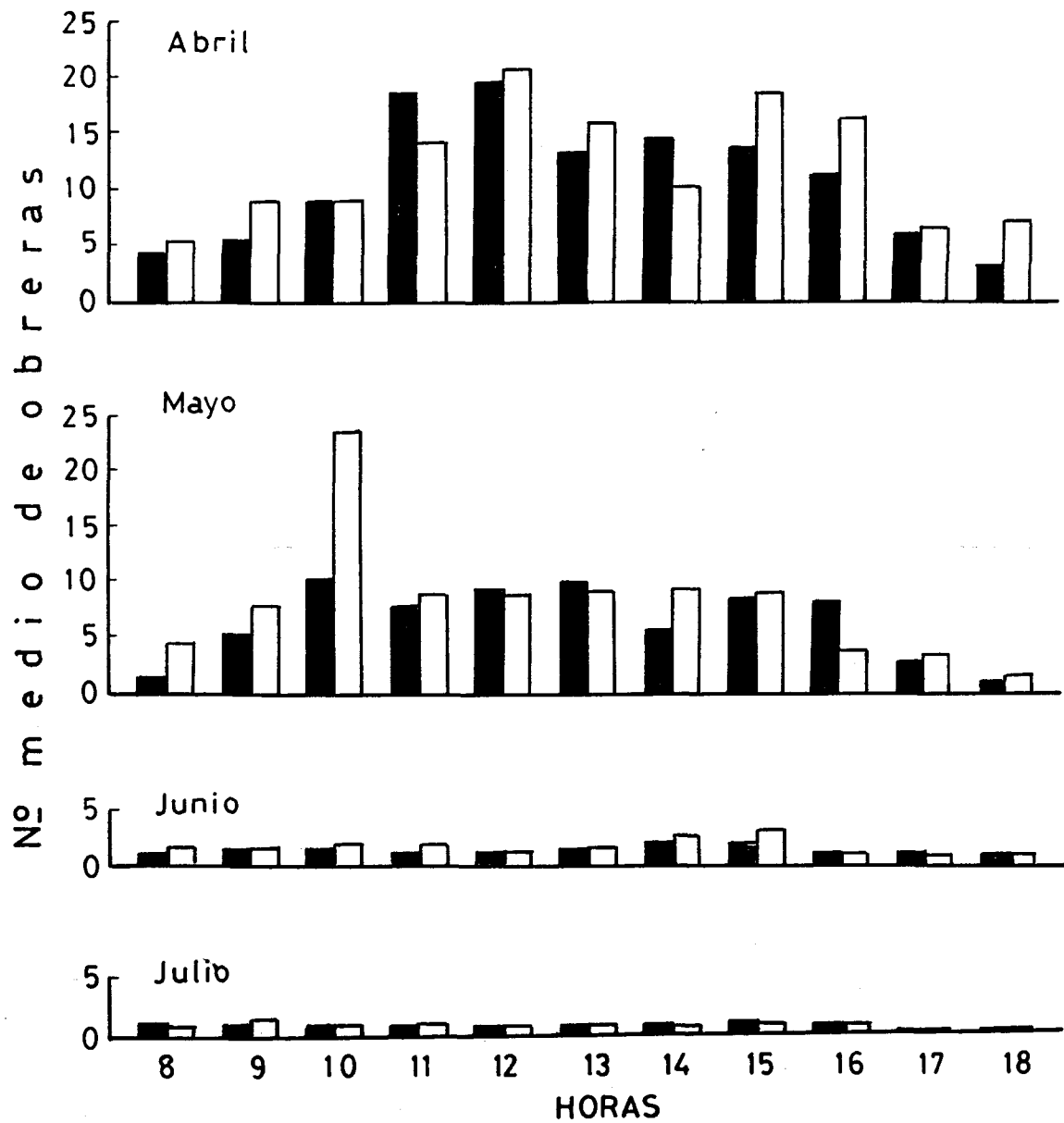


Figura 20 : Patrón de actividad diaria de obreras de *C. scutellaris* que bajan y suben del suelo, observadas en 5 minutos. Arenales. 1998

comportamiento de ambas especies es muy diferente, ya que *T. nigerrimum* es mucho más activa que *C. scutellaris*.

Las pistas de ambas especies se pueden presentar en dos pies diferentes del mismo árbol (n=2). Así, las obreras comparten la copa, pero generalmente en diferentes orientaciones. La especie *T. nigerrimum* mostró preferencia por la orientación NE de la copa, mientras que *C. scutellaris* por la orientación Norte.

3.2.2-En laboratorio

La actividad de *T. nigerrimum* fue mayor en las primeras horas de la mañana (7:00-8:00hs) y decreció hasta el final del período de observación (22:00hs). El flujo de obreras a través de la manguera de conexión entre las cámaras fue muy lenta (x=1-7 obreras/ 5 minutos), en cambio, en la cámara de alimentación, la actividad fue muy alta, recorriendo rápidamente las paredes de la misma y las ramas de olivo (Fig. 21).

C. scutellaris presentó una actividad menor en las primeras horas de la mañana (7:00-9:00 hs), para luego aumentar hasta las 16:00hs y descender posteriormente en horas de la noche. Al igual que *T. nigerrimum*, la actividad de esta especie fue mayor en la cámara de alimentación que en la conexión entre las cámaras (x=1-6 obreras/5 minutos), en donde las obreras se detenían con frecuencia para intercambiar alimentos por trofolaxia.

Es de suponer que las dos especies se mantuvieran activas después de las 22:00hs y probablemente la prolongaran durante las 24 horas, considerando las condiciones de temperatura y recurso alimenticio constante.

Los patrones de actividad que se observaron en laboratorio, para ambas especies, coincidieron con el que obtuvo en campo.

3.3-Régimen alimenticio de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*.

3.3.1-En campo

El régimen alimenticio de las obreras de *T. nigerrimum* que forragean en el árbol se compuso del 89.75% de sustancias líquidas y el 10.7% de sustancias sólidas. Estos porcentajes son muy cercanos a los mencionados por otros autores para esta especie (Cerdeira *et al.*, 1989). El menor transporte de sustancias sólidas ocurrió en los meses de Abril y Julio, mientras que el mayor fue en Mayo y Julio, coincidiendo con la mayor abundancia de artrópodos en la copa del árbol (Tabla

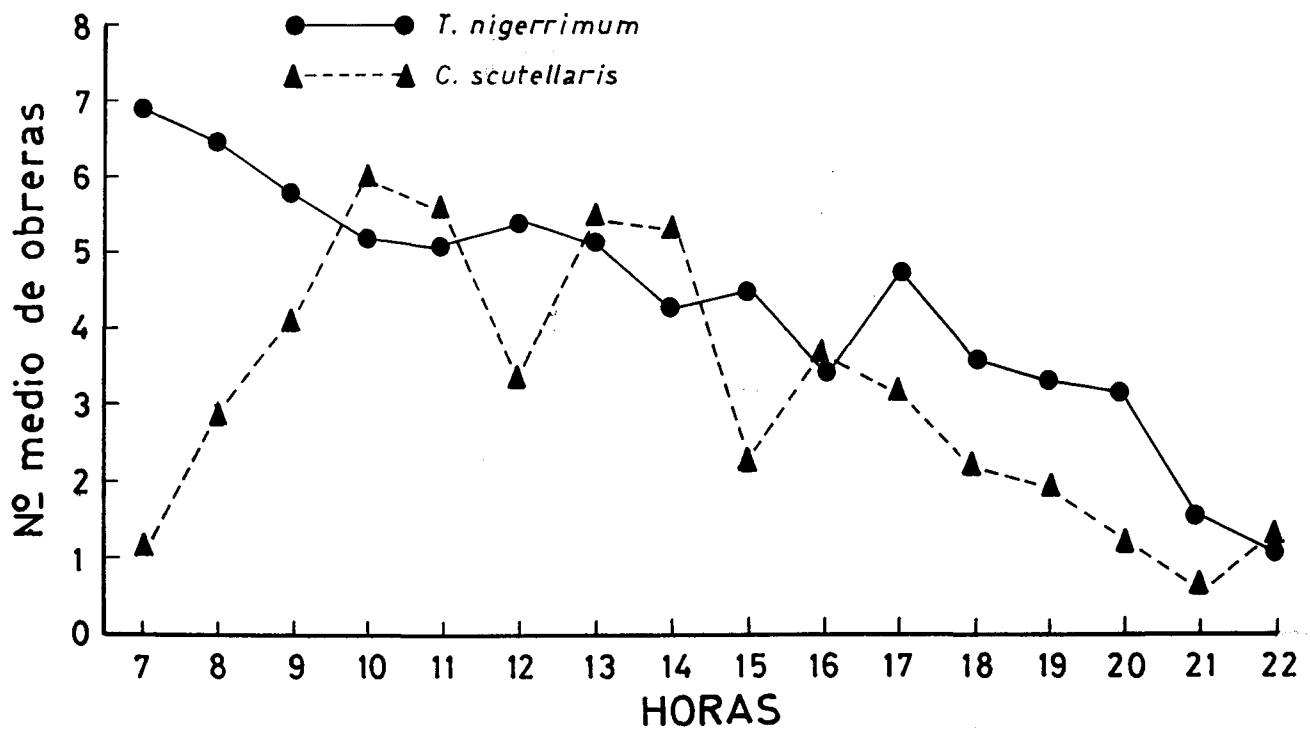


Figura 21 : Patrón de actividad diaria de obreras de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*, observadas en 5 minutos, en laboratorio.

35). El alimento sólido correspondió en su mayor porcentaje (15.6%) con ninfas y adultos de Psocoptera y Heteroptera (6.7%), el resto del material (63.3%) fueron restos animales (Tabla 36). De las cuatro larvas de cuarto estadio de *P. oleae* (2.2%) que eran transportadas por las obreras, dos de ellas estaban parasitadas por Hymenoptera parasitoides (*Agonaspis fuscicollis* Dalm. y *Chelonus eleaphilus* Silv.). Morris (1997) también determinó una cantidad media de presas correspondiente a *P. oleae* muy baja (1.09+1.28). Pero este autor menciona el transporte de adultos de esta plaga y el transporte compartido por dos obreras para el caso de larvas de gran tamaño. En un habitat diferente en Canet de Mar (Barcelona), se menciona como presas principales a hormigas (30.2%) y caracoles (17.0%), con un total de restos animales del 30.2% (Cerdá *et al.*, 1989).

Tabla 35: Régimen alimenticio de *T. nigerrimum* (n=90) en la copa del árbol. Arenales.1998.

Mes	Alimentos sólidos		Alimentos líquidos	
	Nº obreras	%	Nº obreras	%
Abril	178.2	97.8	4	2.2
Mayo	99.7	89.3	12	10.7
Junio	71.9	90.0	8	10.0
Julio	17.2	94.5	1	5.5

Las obreras de esta especie se alimentaron de la melaza de los Aphididae en las malas hierbas bajo la copa del árbol protegiendo a éstos de sus enemigos naturales, especialmente Hymenoptera parasitoides. Los pulgones en malas hierbas bajo los árboles que no presentaron hormigas, fueron parasitados por Aphidiinae (30-80%). Así, en laboratorio se recuperaron los parasitoides adultos de *Aphidius* spp., *Lysiphlebus* sp. y *Diaeretiella* sp. Por otro lado, *T. nigerrimum* recogió melaza de ninfas de Pseudococcidae en la base de pequeños brotes del tronco. Al respecto, De Andrés (1991), menciona que esta plaga inverna en todos los estados de desarrollo en diferentes refugios, siendo uno de los más frecuentes los hormigueros al pie de los árboles.

Tabla 36: Número y porcentaje de los diferentes tipos de presa colectadas por de *T. nigerrimum* (n=90) en el olivar de Arenales.

Tipo de presa	Frecuencia	Porcentaje
Psocoptera	14	15.6
Heteroptera	6	6.7
Neuroptera	4	4.4
Lepidoptera	4	4.4
Homoptera	2	2.2
Cera <i>E. olivina</i>	2	2.2
Pupa Lepidoptera	1	1.1
Restos animales	57	63.3

No se observó a esta especie en flores consumiendo néctar, tal como mencionan otros autores (Cerdá *et al.*, 1989), probablemente por el corto período de floración del olivo y de las principales malezas que se encuentran bajo la copa del olivo, y el abundante recurso del que disponen en tan corto período de tiempo.

T. nigerrimum demostró una gran agresividad hacia las larvas de Lepidoptera. En tres ocasiones, se colocaron cerca de las obreras, pequeñas larvas encontradas en la maleza. Las obreras, las mataron con rápidos movimientos utilizando las mandíbulas y posteriormente las abandonaron.

Al realizar la prueba de presión del gáster, se comprobó que el 100% de las obreras que descienden del árbol sin sustancias sólidas, transportan sustancias líquidas.

Las obreras de *C. scutellaris* presentaron diferencias en el régimen alimenticio, según que regresen de la copa del árbol o del suelo, al hormiguero. Las obreras que forragearon en el árbol transportaron el 6.8% en sustancias sólidas, principalmente Psocóptera (25.6%) y restos animales (52.2%) (Tablas 37 y 38). La mayor recolección de alimentos sólidos ocurrió en los meses de Mayo y Junio, igual que ocurrió con *T. nigerrimum*. Las obreras que subieron por el tronco desde el suelo, transportaron principalmente alimento sólido al nido (92.5%), especialmente áfidos moribundos (87.8%), en los meses de Abril y Mayo, tal como mencionan otros autores para otras especies de hormigas (Pontin, 1958; Way, 1963; Skinner y Whittaker, 1981; Cherix, 1987; Sakata, 1994; Sakata, 1995)

(Tablas 39 y 40). En este caso, el transporte de áfidos al nido en el tronco del árbol, no fue para guardarlos o protegerlos, como se mencionan en otros casos, ya que los pulgones no se alimentan del olivo. Villagrán *et al.* (1992) también mencionan a los pulgones como las principales presas de esta especie, pero en los meses de Mayo y Junio en los alcornoques (*Quercus suber* L.). Por otro lado, estos autores determinaron una mayor variedad de presas a nivel taxonómico de orden, con respecto a la que se observó en el presente trabajo. Esto se debió probablemente a diferencias en la diversidad de especies en los habitats.

Tabla 37: Régimen alimenticio de *C. scutellaris* (n=90) en la copa del árbol. Arenales, 1998.

Mes	Alimentos sólidos		Alimentos líquidos	
	Nº obreras	%	Nº obreras	%
Abril	142.0	94.1	9	5.9
Mayo	131.8	92.9	10	7.0
Junio	107.4	90.8	11	9.2
Julio	39.9	95.0	2	5.0
Agosto	3.0	100	--	--

Tabla 38: Número y porcentaje de los diferentes tipos de presa colectadas por obreras de *C. scutellaris* (n=90) en la copa del árbol. Arenales, 1998.

Tipo de presa	Frecuencia	Porcentaje
Psocoptera	23	25.6
Huevos de insectos	7	7.8
Lepidoptera	4	4.4
Formicidae	1	1.1
Restos animales	47	52.2
Restos vegetales	8	8.9

Las obreras de esta especie fueron mermando poco a poco todas las colonias de áfidos que se encontraban en la maleza bajo la copa del árbol, lo cual se comprobó comparando con las maleza con pulgones en árboles sin *C. scutellaris*. Sin embargo, se determinó que también cuidaban a una especie de áfido, para lo cual expulsaron a dos especies de Coccinellidae predadores y

evitaron el ataque de un Salticidae. Igualmente, en dos ocasiones se observó un comportamiento de defensa frente a arañas de pequeño tamaño (Theridiidae) en las cercanías de la entrada al nido.

Uno de los nidos de observación estaba en un tronco inclinado (aproximadamente 45°), lo que permitió colocar presas en las cercanías del mismo. Las obreras fueron indiferentes a larvas de Lepidoptera (n=4). Sin embargo, reaccionaron de manera muy activa cuando se les proporcionó en tres ocasiones, pulgones vivos (n= 30-80) en las inmediaciones del nido. Los áfidos fueron capturados en pocos minutos por las obreras y transportados entre sus mandíbulas al nido. Sin embargo, Martelli y Arru (1957-58) indican que las especies de *Crematogaster* buscan preferentemente la melaza de los Homoptera, mientras que Du Merle (1982) ha observado algunas especies de Aphididae explotados por *C. scutellaris* en *Quercus ilex* L.

Por otro lado, esta especie transportó restos de frutos de maleza. En laboratorio se comprobó la avidez de las obreras por los frutos de esta planta, al seccionar los mismos y cargarlos hasta el nido.

Las obreras de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris* fueron observadas en repetidas ocasiones consumiendo la melaza de ninfas de *S. oleae* y otros Coccidae en los árboles. Así también, algunas obreras (n=2 y 3) se ubicaron durante tiempos prolongados (más de 1 hora) junto a los caparazones de las hembras adultas de *S. oleae* en los momentos previos a la emergencia de las ninfas. Al abandonar los migrantes el caparazón de cera de la hembra, las obreras mostraron una gran actividad, probablemente para cuidar a los migrantes del ataque de otros predadores. Sin embargo, a pesar del cuidado de las hormigas, el porcentaje de adultos de *S. oleae* parasitados por *S. cyanea* y las ninfas parasitadas por otros Hymenoptera parasitoides, fue semejante al que se observó en los árboles que no presentaron hormigas.

Tabla 39: Régimen alimenticio de *C. scutellaris* (n=90) en el suelo copa del árbol. Arenales.1998.

Mes	Alimentos sólidos		Alimentos líquidos	
	Nº obreras	%	Nº obreras	%
Abril	55.1	58.2	58.0	41.8
Mayo	25.7	36.6	44.7	63.4
Junio	10.7	100	--	--
Julio	6.5	100	--	--

Tabla 40: Número y porcentaje de los diferentes tipos de presa colectadas por obreras de *C. scutellaris* (n=90) en el suelo bajo la copa del árbol Arenales. 1998.

Tipo de presa	Frecuencia	Porcentaje
Homoptera	79	87.8
Restos animales	6	6.6
Restos vegetales	5	5.5

3.3.2-En laboratorio

Las relaciones de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris* con los diferentes estados de desarrollo de las especies que se les ofreció como presa fueron los siguientes (Tabla 41):

1-*P. oleae*. Las obreras no se alimentaron de los huevos ni de los adultos, pero sí de las larvas y pupas. *T. nigerrimum* consumió preferentemente larvas de 5° estadio (66.6%), mientras que *C. scutellaris* prefirió las larvas de 2° estadio (33%). El comportamiento de las obreras de las dos especies con respecto a las presas fue diferente. *C. scutellaris* presionó a la presa con sus mandíbulas, adoptando la típica postura agresiva del género y seguidamente la transportó al nido. El comportamiento de *T. nigerrimum* fue muy peculiar pues primero atacó dos o más veces a la larva de 5° estadio, cortando con sus mandíbulas la cutícula en la zona media del cuerpo (Foto 14). La larva quedó inmóvil en pocos segundos y seguidamente la obrera se alimentó de los líquidos del cuerpo en la zona herida. Posteriormente, abandonó a la larva y no la transportó al nido. Este comportamiento también fue observado en campo, tal como se describe en el punto anterior. Igualmente, se observó en repetidas ocasiones con las larvas de *E. kuheniella* que fueron utilizadas como dieta diaria de las obreras entre los tiempos de los experimentos. En el caso de larvas de último estadio de *E. kuheniella*, que son de mayor tamaño que las de *P. oleae*, intervinieron más de una obrera en el ataque, así como en la succión de los líquidos del cuerpo.

Si se interrumpe el suministro de alimento y se dejan las larvas muertas en la cámara de alimentación, las obreras las transportaban al nido, en cambio, si tienen recursos alimenticios disponibles, tienden a abandonar la larva. Este comportamiento de *T. nigerrimum* explicaría los resultados obtenidos por Morris

(1997) y Morris *et al.* (1998), quienes determinaron mediante las pruebas ELISA que *T. nigerrimum* fue el depredador más importante de *P. oleae*. Pero las observaciones en campo les indicaban que las larvas del lepidóptero no formaban una parte importante del régimen alimenticio de esta especie, razón por la cual explicaron los resultados por el comportamiento de trofolaxia, recomendando la necesidad de profundizar en el estudio de las hormigas.

2-*Euphilura olivina*. Las obreras de ambas especies no consumieron ninfas de *E olivina*, pero sí transportaron al nido esferas de sustancias cereo-líquidas producidas por esta especie.

3-*Phloeotribus scarabeoides*. *T. nigerrimum* capturó un mayor porcentaje (17%) de adultos de esta especie, que las obreras de *C. scutellaris* (0.5%). No se pudo observar el comportamiento de captura, el cual fue probablemente en el período de tiempo no sujeto a observación (22:00-7:00hs).

4-*Saissetia oleae*. Las obreras de las dos especies se alimentaron de la melaza producida por las ninfas y adultos de este Coccidae. Se comprobó las observaciones realizadas en campo en la relación de las obreras con los adultos y migrantes de esta especie. Las obreras permanecieron durante horas (2 a 3hs) junto a las hembras adultas, en los momentos previos a la eclosión de los huevos. En el momento que los migrantes abandonaron el caparazón de la hembra, las obreras comenzaron una gran actividad acompañando a las pequeñas ninfas. Este comportamiento fue más característico en obreras de *C. scutellaris* que en *T. nigerrimum*, las cuales dedicaron menos atención al cuidado de huevos y ninfas.

5-*Crysoperla carnea*. Las obreras de ambas especies presentaron el mayor porcentaje de predación en los huevos pedunculados de este Neuroptera. Igualmente, Morris (1997) y Morris *et al.* (1998) determinan la predación de huevos de este Neuroptera por estas dos especies de hormigas tanto en campo como en laboratorio. *T. nigerrimum* dejó parte de los pedúnculos y en algunos casos arrancó todo el pedúnculo con el huevo. En cambio, *C. scutellaris* elevó su primer par de patas, sosteniéndose en el delicado pedúnculo y arrancó el huevo, dejando en algunas ocasiones restos del corion unido al pedúnculo. En la predación de las larvas se observó un comportamiento similar al que se describe en el caso de *P. oleae*. Pero estas larvas fueron más difíciles de ser capturadas, especialmente las del último estadio, debido a sus potentes mandíbulas y movilidad. No obstante, las obreras de *T. nigerrimum* fueron sumamente agresivas con las larvas de 5º estadio. Los capullos con las pupas de *C. carnea* no fueron transportados al nido, pero la no emergencia de adultos, en comparación con el control, así como indicios en la cubierta del capullo de haber sido presionados por las mandíbulas de las obreras, fue asumido como prueba positiva de predación.

Las obreras de *T. nigerrimum* tuvieron un comportamiento peculiar a partir del segundo mes de cautiverio, al colocar pequeños granos de arena transportados desde el nido en los bordes del alimento miel líquida, lo cual no se observó en *C. scutellaris*.

Las obreras de *C. scutellaris*, muertas en la cámara de alimentación, fueron transportadas al nido por el resto de las obreras; en cambio, las obreras muertas de *T. nigerrimum* fueron amontonadas en un ángulo de la cámara de alimentación.

Tabla 41: Media del porcentaje de predación por obreras de *T. nigerrimum* y *C. scutellaris* en laboratorio.

Presa	Estado/dío	<i>T. nigerrimum</i> Med. (%)	<i>C. scutellaris</i> Med. (%)
<i>P. oleae</i>	Huevo	--	--
	L-2°	42.0	33.0
	L-3°	66.6	16.0
<i>E. olivina</i>	Ninfa	--	--
<i>P. scarabeoides</i>	Adulto	36.6	17.5
<i>C. carnea</i>	Huevo	96.0	98.0
	L-2°	31.0	36.5
	L-5°	38.0	4.0
	Pupa	23.6	15.0

L-2°: Larva de segundo estadio, L-3°: Larva de tercer estadio.

3.4-Interacción hormiga-planta

Se observaron dos tipos diferentes de relaciones hormiga-árbol. Una de ellas, entre las obreras de *P. pygmaea* y las ramas recién podadas del olivo. El número de obreras osciló entre 6 a 43 y se presentaron en el 30% de los árboles (n=60). Las obreras permanecieron durante un tiempo de 10 a 20 minutos en los bordes de la superficie cortada alimentándose del exudado de savia. En algunos casos, las obreras formaron una fila en círculo en el borde de la rama. Si bien esta relación hormiga-olivo es provocada por intervención de la mano del hombre, se debe considerar que la poda del olivo forma parte del manejo de este cultivo. Esta

relación se observó en el mes de Mayo de 1997 en el olivar de Arenales y no así en 1998, probablemente porque en este año no se realizó la poda característica (corte de ramas de mayor diámetro), sino un aclareo de ramas (menor diámetro) en algunos árboles, lo que influyó en la disminución de obreras de esta especie en el olivar.

Por otro lado, en el Capítulo 1 se indicó que esta especie fue menos abundante en el año 1998 en Arenales, lo cual se atribuyó a las temperaturas más elevadas y a las precipitaciones más bajas con respecto al año 1997, ya que esta especie requiere ciertas condiciones de humedad (Bernard, 1983). Igualmente, era de esperar la ausencia de *P. pygmaea* en Colomera 2, con ausencia de riego y poda. Por otro lado, en Colomera 1, olivar con las condiciones óptimas de humedad de riego por goteo y poda en el año 1997, esta especie se presentó con nidos en el suelo bajo la copa del árbol, pero ninguna obrera en el árbol, lo cual se atribuye al excesivo uso de insecticidas en este olivar.

La segunda interacción observada fue entre las especies *T. nigerimum* y *C. scutellaris* con el ápice de la hoja. Las obreras de estas dos especies fueron observadas en el ápice del envés de la hojas del olivo en todos los árboles (n=23), en el mes de Abril-Mayo, principalmente en horas de la mañana. La permanencia en el ápice fue entre 5 a 25 minutos para cada obrera. Los ápices mostraron indicios visuales del raspado por las mandíbulas de las obreras. A principios del mes de Junio, después de la floración, ya no se observó a las obreras en el ápice de las hojas. Esta relación también se observó en las obreras de *Linepithema humile* (Mayr) en un olivo de los jardines de la Estación Experimental del Zaidín en Granada.

El análisis anatómico de los cortes histológicos de los tejidos de la hoja no demostraron ninguna diferencia entre el ápice y el resto de la hoja. Igualmente, el análisis foliar no permitió determinar con claridad diferencias importantes entre el ápice y el resto del limbo foliar. Así, el ápice de la hoja presentó una ligera diferencia en la cantidad de materia orgánica (89.64%) con respecto a la porción basal de la hoja (87.49%). Esta diferencia fue ligeramente menor en las hojas del mes de Junio (95.88% y 94.18%, respectivamente), después de la formación del fruto (Tabla 42).

Tabla 42 : Composición química de la hoja del olivo. Arenales, Granada. 1998.

Compuesto	Mayo		Junio	
	Apice	Limbo	Apice	Limbo
Materia orgánica, gr/100 gMS	64,24	60,48	95,88	94,18
Fibra neutro detergente, g/100 gMS	23,87	21,25	56,88	49,43
Fibra ácido detergente, g/100 g MS	20,05	16,61	43,08	38,74
Hemicelulosa, g/100 g MS	3,82	4,64	13,07	10,69
Proteína total, g/100 g MS	13,56	15,98	9,73	10,30

Datos proporcionados por el Departamento de Nutrición Animal de la Estación Experimental del Zaidín, Granada.

Una explicación a este comportamiento de las obreras con respecto a su relación con la planta, podría ser que las hojas presentaran nectarios extraflorales en el ápice del envés de las hojas. Los nectarios extraflorales generalmente son difíciles de detectar en algunas plantas y muchas veces no están formados por estructuras especiales, sino que más bien la función es la que lo determina. Así, un grupo de células presentan la capacidad para excretar al exterior la materia orgánica que representa un exceso antes de la formación del fruto. La descarga de los nectarios extraflorales ocurre en las primeras horas de la mañana, se interrumpe con la lluvia, ya que esta disuelve y lava los azúcares y su funcionamiento también es influenciado por el viento y temperatura. Esto podría explicar la ausencia de obreras en el envés del ápice de las hojas después de haber llovido y en horas de la tarde. Una vez concluida la floración, la materia orgánica es utilizada completamente en la formación y crecimiento del fruto, por lo cual, muy difícilmente es descargada al exterior (Sepulveda, 1986; Sintés, 1987). Por otro lado, se ha demostrado que las plantas utilizan los nectarios extraflorales para atraer a ciertos insectos que las benefician, especialmente contra el ataque de fitófagos.



CONCLUSIONES

1.- El total de especies de Formicidae presentes en el olivar de Granada es de 22, pertenecientes a 13 géneros y tres subfamilias, de las cuales son comunes a los tres olivares: *M. barbarus*, *T. semilaeve*, *P. pygmaea*, *C. rosenhaueri* y *T. nigerrimum*, siendo esta última la más abundante.

2.- La diversidad de especies presenta un gradiente descendente relacionado con la agresividad de las prácticas agronómicas, es cero en la copa del árbol por la aplicación de insecticidas y disminuye en las calles por el laboreo.

3.- La distribución de los nidos es agregada bajo la copa del árbol en un olivar en producción y regular bajo la copa del árbol y en las calles en un olivar abandonado.

4.- La distribución de los Formicidae en la copa del árbol es en mosaico, con especies dominantes y no-dominantes en un olivar en producción sin aplicación de insecticidas, y sólo dos especies dominantes en un olivar abandonado.

5.- La artropodofauna que coexiste con las hormigas en la copa de los árboles está representada por 271 especies de las Clases Insecta y Arachnida, siendo los órdenes con mayor riqueza de especies Hymenoptera, Coleoptera y Araneae. El gradiente de diversidad de especies en los tres olivares es semejante al determinado para la mirmecofauna.

6.- La mayor abundancia de obreras en el árbol coincide con el final de la generación filófaga y la antófaga de *P. oleae*, el mayor número de ninfas de *S. oleae* y la presencia de *E. olivina*.

7.- La presencia de *T. nigerrimum* en un olivar en producción sin aplicación de insecticidas, está relacionada con la presencia de Aphididae en las malas hierbas.

8.- La actividad de los Formicidae en el olivar se puede resumir en:

a-Utilizan el olivo para anidar y forragear: *C. scutellaris*, *L. krausseii*, *C. lateralis*, *C. auberti*, *C. sordidula*, *T. nigerrimum*, *P. pygmaea*, *A. senilis*, *T. semilaeve*, *L. alienus*, *L. niger*, *C. foreli*, *C. sylvaticus* y *F. subrufa*.

b-Utilizan el olivo para anidar pero no para forragear: *A. gibbosa* y *S. latro*.

c-No relacionados con el olivo: *M. barbarus*, *M. bouvieri*, *C. rosenhaueri* y *C. velox*.

9.- Los dos formícidos más abundantes en el árbol durante los años de estudio son *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*. Ellos tienen un ciclo de actividad unimodal, con el máximo en las horas de la mañana, tanto en el campo como en laboratorio. El régimen alimenticio se compone principalmente de sustancias líquidas y las obreras de *C. scutellaris* bajan al suelo para predatar pulgones.

En laboratorio las dos especies predatan huevos, larvas y pupas de *C. carnea*, larvas y pupas de *P. oleae* y adultos de *P. scarabaeoides*. Protegen los huevos y ninfas de *S. oleae*, se alimentan de la melaza de este cóccido y de las sustancias cereo-líquidas de *E. olivina*. *T. nigerrimum* mata con sus mandíbulas a las larvas de *P. oleae*, se alimenta de los líquidos del cuerpo en la zona herida y generalmente no transporta la larva a su nido.

10.- Entre las especies que interaccionan con la planta se encuentran las obreras de *P. pygmaea*, las cuales absorben las exudaciones de las ramas podadas. *T. nigerrimum* y *C. scutellaris*, raspan con sus mandíbulas y absorben sustancias en el ápice del envés de las hojas. Esta relación tan sólo ocurre en el tiempo de prefloración, lo cual indicaría la presencia de nectarios extraflorales.

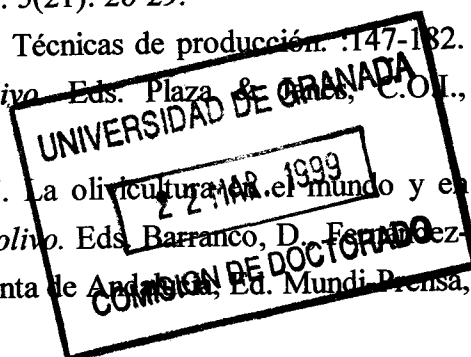


BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, F. J. 1980. *Las comunidades de hormigas en las etapas seriales del encinar*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 369 pp.
- ACOSTA, F. J., ZORRILLA, J. M., ALVAREZ, M. 1983. Estudio experimental del polietismo en hormigas a partir del desgaste dentario. I: Cualitativo. *Graellsia*. 39: 143-155.
- ACOSTA, F. J., FERRADAS, M. A., MARTIN, J. V. 1985. La competencia entraespecífica como causa de estabilidad en las rutas preferenciales de *Messor capitatus* (Latreille) (Hym. Formicidae). *Studia Oecológica* VI:267-278.
- ADLUNG, K. G. 1966. A critical evaluation of the european research on use of red wood ants (*Formica rufa* group) for the protection of forests against harmful insects. *Dpto. Agricultural Research Service, París*. 57: 167-189.
- AGUILAR, J., FERNANDEZ, J., FERNANDEZ, E., DE HARO, S., MARAÑEZ, A., RODRIGUEZ, T. 1995. El olivar jiennense. *Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico*. Universidad de Jaén. Colección Pérez de Moya.
- ALSINA, A., CERDA, X., RETANA, J., BOSCH, J. 1988. Foraging ecology of the aphid-tending ant *Camponotus cruentatus* (Hymenoptera, Formicidae) in a savanna-like grassland. *Misc. Zool.* 12: 195-204.
- ALVARADO, M., CIVANTOS, M., DURAN, J.M. 1997. Plagas. : 401-458. En: *El cultivo del olivo*. Eds. Barranco, D., Fernández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi-Prensa, Córdoba.
- ANDERSEN, A. N. 1990. The use of ant communities to evaluate change: in Australian terrestrial ecosystem review and a recipe. *Proc. Ecol. Soc. Aust.* 16: 3-57.
- ANONIMO. 1984. Valor biológico del aceite de oliva. *Olivae*. 1(1): 29-36.
- ARAMBOURG, Y. 1966. Premiers essais d'utilisation de *Chelonus eleaphilus* (Hym. Braconidae) contre le *Prays oleae* Bern. (Lep. Hyponomeutidae) dans les Alpes-Maritimes. *Inf. Oleic. Int.* 36: 99-114.
- ARAMBOURG, Y. 1986. *Traite d'entomologique oleicole*. Ed. C.O.I., Madrid. 360pp.
- BALLESTA, M., HIDALGO, J., TINAUT, A. 1995. Peculiaridades sobre la organización y alimentación de un hormiguero de *Messor barbarus* (Linneo, 1767) en una zona de cultivo abandonada (Hymenoptera, Formicidae). *Zool. baetica*. 6: 169-171.
- BARRANCO, D. 1997. Variedades y Patrones. : 61-78. En: *El cultivo del olivo*. Eds. Barranco, D., Fernández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi-Prensa, Córdoba.

- BARRANCO, D., RALLO, L.** 1984. *Las variedades de olivo cultivadas en Andalucía*. Junta de Andalucía, Madrid. 387 pp.
- BENAVIDEZ, J. M., CIVANTOS, M.** 1982. Influencia de los herbicidas en los cortes de recolección de aceitunas. *Agricultura*. 604: 874-876.
- BENITEZ, J., PERFECTO, I.** 1990. Efecto de diferentes tipos de manejo de café sobre las comunidades de hormigas. *Agroecología Neotropical*. 1:11-15.
- BERNARD, F.** 1983. *Les fourmis et leur milieu en France méditerranéenne*, Encyclopédie Entomologique XVI. éditions Lechevalier. Paris.
- BERNAYS, E. A., CORNELIUS, M. L.** 1989. Generalist caterpillar prey are more palatable than specialists for the generalist predator *Iridomyrmex humilis*. *Oecología*. 79: 427-430.
- BLASQUEZ, J. M.** 1996. Evolución e Historia. Origen y difusión del cultivo. :19-20. En: *Enciclopedia mundial del olivo*. Eds. Plaza & Janés, C.O.I., Barcelona.
- BLEVINS, R. L.** 1986. Idoneidad del suelo para el laboreo nulo. : 44-68. En: *Agricultura sin laboreo*. Ed. Bellaterra, S. A. Barcelona.
- BOLTON, B.** 1995. *A new general catalogue of the ants of the world*. Harvard Univ. Pres. Cambridge, Mass. 504 pp.
- BONNEMAISON, L.** 1965. *Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales*. T III (Dípteros e Himenópteros). Ed. Occidente. Barcelona. 436 pp.
- BROOKS, R. M.** 1948. The relative incidence of perfect and staminate olive flowers. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 53: 213-218.
- BROWICZ, K., ZIELINSKI, J.** 1990. *Olea europaea* L. En: *Chorology of trees and shrubs in Southwest Asia and adjacent regions*. Polish Scientific Publishers, Varsovia. 7: 13-49.
- BROWN, J. L., ORIAN, G. H.** 1970. Spacing patterns in mobile animals. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1: 239-262.
- BURBIDGE, A. H., LEICESTER, K., MCDAVITT, S., MAJER, J. D.** 1992. Ants as indicators of disturbance at Yanchep National Park, Western Australia. *J. Roy. Soc. West. Aus.* 75:89-95.
- BUREN, W. F., WHITCOMB, W.H.** 1977. Ants of citrus: some considerations. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 2: 523-558.
- CAMPOS, M.** 1976. *Contribución al estudio de la entomofauna del olivo en España. Observaciones bio-ecológicas sobre Prays oleae Bern. (Lepidoptera Hyponomeutidae)*. Tesis Universidad de Granada, España.
- CAMPOS, M., RAMOS, P.** 1981. Contribución al estudio de la entomocenosis de *Prays oleae* Bern. (Lep. Hyponomeutidae) en Granada (España). *Acta OEcologica/ OEcolog. Applic.* 2(1): 27-35.

- CASEVITZ-WEULERSSE, J. 1972. Habitats et comportement nidificateur de *Crematogaster scutellaris* Olivier (Hym. Formicidae). *Bull. Soc. ent. Fr.* 77: 12-19.
- CASTORO, J., PASTOR, M. 1991. Mejora de la infiltración en olivar mediante el empleo de cubiertas vivas de cereales. *III Simposio sobre el agua en Andalucía*. Tomo II: 61-71.
- CASTRO, J. 1993. *Control de la erosión en cultivos leñosos con cubiertas vegetales vivas*. Tesis doctoral. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba.
- CASTRO, J., CAMPOS, P., PASTOR, M. 1996. Influencia de los sistemas de cultivo empleados en olivar y girasol sobre la composición de la fauna de artrópodos en el suelo. *Bol. San. Veg. Plagas.* 22: 557-570.
- CERDA, X., RETANA, J. 1988. Descripción de la comunidad de hormigas de un prado sabanoide en Canet de Mar (Barcelona). *Ecología.* (2): 333-341.
- CHERIX, D. 1987. Relation between diet and polythism in *Formica* colonies.: 93-115. En: Pasteels J. M., Deneubourg, J. L. (eds.) *From individual to collective behavior in social insects*. Brikhauser, Basel.
- CHERIX, D., ROSENGREN, R. 1979. Estimation de la fidelité sur pistes et de l'âge des forrageuses chez *Formica lugubris* Zett. dans le Jura suisse, par la methode de coloration au spray. *C. R. UIEIS Sct. francaise*, Lausanne, 7-8 Sept.
- CIFERRI, R., MARINUCCI, M., MORETTINI, A. 1942. Dati preliminari per una sistemazione delle razze di olivo in coltura. *L'Olivicoltura.* 1:3-37.
- CIRIO, U. 1997. Productos agroquímicos e impacto ambiental en olivicultura. *Olivae.* 65 : 32-39.
- CIVANTOS LOPEZ-VILLALTA, L. 1988. La nueva oleicultura: Intensificación y Mejora de la productividad. *Olivae.* 5(21): 26-29.
- CIVANTOS LOPEZ-VILLALTA, L. 1996. Técnicas de producción. :147-182. En: *Enciclopedia mundial del olivo*. Eds. Plaza & Ollé, C.O.I., Barcelona.
- CIVANTOS LOPEZ-VILLALTA, L. 1997. La olivicultura en el mundo y en España. : 17-31. En: *El cultivo del olivo*. Eds. Barranco, D., Ferrández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi Prensas, Córdoba.
- COMIN, P., DE HARO, A. 1980. Datos iniciales para un estudio ecológico de las hormigas de Menorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears.* 24: 23-48.
- CONSEJO OLEICOLA INTERNACIONAL. 1995. Series Estadísticas del aceite de oliva y de la aceituna de mesa.



- CROVETTI, A. 1996. La defensa fitosanitaria. Desarrollo de metodologías y salvaguarda de la producción y del medio ambiente. : En: *Enciclopedia mundial del olivo*. Eds. Plaza & Janés, C.O.I., Barcelona.
- CULVER, D. C., BEATTIE, A. J. 1983. Effects of ant mounds on soil chemistry and vegetation patterns in a Colorado montane meadow. *Ecology*. 64: 485-492.
- CUSHMAN, J. H. 1991. Host-plant mediation of insect mutualisms: variable outcomes in herbivore-ant interactions. *Oikos*. 61(1): 138-144.
- DAVID, C. T., WOOD, D. E. 1980. Orientation to trails by a carpenter ant, *Camponotus modoc* (Hym. Formicidae) in a Grant sequoia forest. *Can. Ent.* 112: 993-1000.
- DE ANDRES, F. 1991. *Enfermedades y Plagas del Olivo*. 2da Edición. Riquelme y Vargas Ediciones, S. L., Jaén. 646 pp.
- DEJEAN, A., NGNEGUEU, P. R., DURAND, J. L., BOURGOIN, T. 1997. The influence of ants (Hymenoptera:Formicidae), particularly tramp species, on the proliferation of a maize pest. *Sociobiology*. 30(1): 85-93.
- DELANOUE, P., ARAMBOURG, Y. 1965. Contribution à l'étude en laboratoire d'*Eupelmus urozonus* Dalm (Hym. Cahlcidoidea, Eupelmidae). *Ann. Soc. Ent. Fr., N.S.* 1:817-842.
- DETRAIN, C. 1990. Field study on foraging by the polymorphic ant species, *Pheidole pallidula*. *Ins. Soc.* 37(4): 315-332.
- DOMINGUEZ VIVANCOS, A. 1993. *Fertirrigación*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. : 150-153.
- DREISTADT, S.H., HAGEN, K.S., DAHLSTEN, D.L. 1986. Predation by *Iridomyrmex humilis* (Hym.: Formicidae) on eggs of *Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae) released for inundative control of *Illinoia liriodendri* (Hom.: Aphididae) infesting *Liriodendron tulipifera*. *Entomophaga*. 31(4): 397-400.
- EL HAIDARI, H. S. 1981. The use of predator ants for the control of date palm insect pests in the Yemen Arab republic. *Date Palm J.* 1(1): 129-132.
- ELIAS, F., RUIZ, L. 1977. *Agroclimatología de España*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura.
- ESPADALER, X. 1986. Formícidos de los alrededores de la Laguna de Sariñena (Huesca). Descripción del macho de *Camponotus foreli* Emery (Hym. Formicidae). *Colección de Estudios Altoaragoneses* 6: 109-126.
- FERNANDEZ-ESCOBAR, R. 1997. Fertilización. :231-248. En: *El cultivo del olivo*. Eds. Barranco, D., Fernández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi-Prensa, Córdoba.

- FERNANDEZ-ESCUDERO., J., TINAUT, A.** 1993. Alimentación no granívora en *Messor bouvieri* Bondroit, 1918 y *Messor barbarus* (L. 1767) (Hymenoptera: Formicidae). *Boln. Asoc. esp. Ent.* 17(2): 247-254.
- FERNANDEZ, J. E., MORENO, F., CABRERA, F., ANUE, J. L., MARTIN-ARANDA, J.** 1991. Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of olive trees. *Plant and soil.* 133:239-251.
- FERNANDEZ, M. C., RODRIGUEZ GARCIA, M. I.** 1988. Pollen wall development in *Oleae europeae* L. *New Phytologist.* 108: 91-99.
- FERREIRA, J.** 1984. Resultados de los ensayos de fertilización en olivar. *Olea.* Junio: 11-28.
- FIALA, B., GRUNSKY, H., MASCHWITZ, U., LINSENMAIR, K. E.** 1994. Diversity of ant-plant interactions: protective efficacy in *Macaranga* species with different degrees of ant association. *Oecologia.* 97: 186-192.
- FONTANAZZA, G.** 1996. Aspectos genéticos y técnicos de propagación para una plantación intensa. : 112-144. En: *Enciclopedia mundial del olivo.* Eds. Plaza & Janés, C.O.I. Barcelona.
- GARCIA-ORTIZ, A.** 1996. Fertilización N. P. K. en olivar. : 129-134. En: *Olivicultura y Elaiotecnía.* Eds. Porras, A., Cabrera de la Colina, J., Soriano, M., L. CAOMPOBELL, S. L. Murcia.
- GARCIA-ORTIZ, A. FERNANDEZ, A., PASTOR, M., HUMANES, J.** 1997. Poda. : 301-334. En: *El cultivo del olivo.* Eds. Barranco, D., Fernández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi-Prensa, Córdoba.
- GERARDUZZI, J. B.** 1958. Determination de l'autocompatibilité et de l'auto-incompatibilité des variétés d'olives entre elles dans la République Argentine. *Premier Conference Internationale des techniques Oleicoles.* Tánger. :106-113.
- GOMEZ, C., ESPADALER, X.** 1996. Distancias de forrajeo, áreas de forrajeo y distribución espacial de nidos de *Aphaenogaster senilis* Mayr (Hym. Formicidae). *Miscelánea Zoológica.* 19, 2:19-25.
- GONZALEZ, R.** 1989. *Estudio bioecológico de Phloeotribus scarabaeoides (Bernard, 1788) (Coleoptera:Scolytidae) en la Provincia de Granada.* Tesis doctoral. Universidad de Granada. 289pp.
- GONZALEZ, R., CAMPOS, M.** 1990. Evaluation of natural enemies of the *Phloeotribus scarabaeoides* (Bern.) (Col: Scolytidae) in Granada olive groves. *Acta Horticultureae.* 286: 355-358.

- GOTWALD, W.H. 1986. The beneficial economic role of ants. : 290-313. En: *Economic Impact and Control of Social Insects*. Ed. Vinson, S. B. New York: Praeger.
- GRANDE, F. 1984. Las propiedades beneficiosas del aceite de oliva. *Olivae*. 1(2): 33-35.
- GRANDE, F. 1988. El aceite de oliva y la salud. *Olivae*. 5(2): 32-34.
- GUERRERO, A. 1991. *Nueva olivicultura*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 271pp.
- HO, C. T., KHOO, K. C. 1997. Partners in biological control of cocoa pests: Mutualism between *Dolichoderus thoracicus* (Hymenoptera: Formicidae) and *Cataenococcus hispidus* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Bull. Ent. Res.* 87: 461-470.
- HÖLLDOBLER, B. 1981. Foraging and Spatiotemporal territories in the Honey ant *Myrmecocistus mimicus* Wheeler (Hym. Formicidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 9:301-314.
- HÖLLDOBLER, B., LUMSDEN, C. J. 1980. Territorial strategies in ants. *Science*. 210:732-739.
- HÖLLDOBLER, B., WILSON, E. O. 1990. *The ants*. Belknap Press of Harvard Univ. Cambridge. Massachusetts. 732pp.
- KING, J. R. 1938. Morphological development of the fruit of the olive. *Hilgardia*. 11:437-458.
- LAGUNA, A. 1989. *Estudio cuantitativo de la erosión del suelo*. Tesis doctoral. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba.
- LAVEE, S. 1996. Biología y Fisiología del Olivo. :59-110. En: *Enciclopedia mundial del olivo*. Eds. Plaza & Janés, C.O.I., Barcelona.
- LAVEE, S., DATT, Z. 1978. The necessity of cross-pollination for fruit set of Manzanillo olivers. *J. Hort. Sci.* 53:261-266.
- LEVINGS, S. C., TRANIELLO, F. A. 1981. Territoriality, nest dispersion and community structure in ants. *Psyche*, 88:265-319.
- LIPHSCHITZ, N., GOPHNA, R., HARTMAN, M., BIGER, G. 1991. The beginning of olive (*Olea europaea*) cultivation in the world: A reassessment. *J. Archaeological Sci.* 18: 441-453.
- MAGURRAN, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. London. University Press, Cambridge. 179pp.
- MAJER, J. D. 1972. The ant mosaic in Ghana cocoa farms. *Bull. Ent. Res.* 62: 151-160.
- MAJER, J. D. 1983. Ants: Bio-Indicators of Minesite Rehabilitation, Land-Use, and Land Conservation. *Env. Manag.* 7(4): 375-383.

- MAJER, J. D. 1994. Introduction of ants as potential biological control agents, with particular reference to cocoa. *Harvest*. 16(1, 2): 1-4.
- MAJER, J. D., DELABIE, J. H. C. 1994. Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests a Trombetas in the Brazilian Amazon. *Ins. Soc.* 4: 343-359.
- MAJER, J. D., BEESTON, G. 1996. The Biodiversity Integrity Index: An Illustration Using ants in Western Australia. *Cons. Biol.* 10(1): 65-73.
- MALOZEMOVA, L. A., KORUMA, N. P. 1973. Ovliyanii murav'ev na pochvu. *Ekologiya* (4): 450-452.
- MAZOMENOS, B. E., PETRAKIS, P. V., ROUSSIS, V., LEUKIDOU, I., ORTIZ, A., STEFANO, D., PANTAZIS, A. 1994. Natural enemies of major olive pests: Community level mode of action. The development of environmentally safe pest control systems for the European olive. *AGRE 0013: Eclair 209 Final technical progress report* 1 April 1990. 30 September 1994.
- MAZZOLANI, G., ALTAMURA BETTI, M. M. 1977. Elementi per la revisione del genere *Olea* (Tourn). *Linn. Ann. Botanica*. 39:177-196.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. 1984. Problemática del aceite de oliva en España. *Olivae*. 1(2): 27-29.
- MORETTINI, A. 1972. *Olivicoltura*. Ramo Editoriale Degli Agricoltori. Roma.
- MORETTINI, A., BENETTI, A. 1942. Ricerche sull'autosterilità ed autofertilità delle varietà di olivo coltivate nelle provincie di Roma. *L'Olivicoltore*. 19 (10):3-9.
- MORETTINI, A., PULSELLI, A. 1953. L'Azione del vento nel trasporto del polline dell'olivo. *Annali della Speri. Agraria*, (N.W.), Rome.
- MORETTINI, A., VALLEGGI, M. 1940. Ricerche sull'autofertilità e sull'autosterilità delle varietà di olivo nel Pesciatino. *L'Olivicoltore*. 17(3):12-17.
- MORRIS, T. I. 1997. *Interrelaciones entre olivos, plagas y depredadores*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. España. 260 pp.
- MORRIS, T. I., CAMPOS, M. 1996. A hybrid beating tray. *The Entomologist*. 115(1): 20-22.
- MORRIS, T. I., CAMPOS, M., JERVIS, M. A., McEWEN, P. K., KIDD, N. A. C. 1998a. Potential effects of various ant species on green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuropt., Chrysopidae) egg numbers. *J. Appl. Ent.* 122: 401-403.
- MORRIS, T. I., SYMONDSON, W. O. C., KIDD, N. A. C., JERVIS, M. A., CAMPOS, M. 1998b. Are ants significant predator of the olive moth, *Prays oleae*?. *Crop Protection* (en prensa).

- NAVARRO, C., PARRA, M. A. 1997. La olivicultura en el mundo y en España. : 17-31. En: *El cultivo del olivo*. Eds. Barranco, D., Fernández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi-Prensa, Córdoba.
- NORTH, R. 1996. *Ants*. World Wildlife Series. London. 128pp.
- ORGAZ, F., FERERES, E. 1997. Riego. :253-271. En: *El cultivo del olivo*. Eds. Barranco, D., Fernández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi-Prensa, Córdoba.
- PASSERA, L. 1977. Production des soldats dans les sociétés sortant d'hibernation chez la fourmi *Pheidole pallidula* (Nyl.) (Formicidae, Myrmicinae). *Ins. Soc.* 24:131-146.
- PASTOR, M. 1989. Efectos del no-laboreo en olivar sobre la infiltración de agua en el suelo. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales.* 4(2): 225-247.
- PASTOR, M. 1990. El no-laboreo y otros sistemas de laboreo reducido en el cultivo del olivar. *Olivae.* 34: 18-30.
- PASTOR, M., CASTRO, J., VEGA, V., HUMANES, Ma. DOLORES. 1997. Sistemas de manejo del suelo. :191-227. En: *El cultivo del olivo*. Eds. Barranco, D., Fernández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi-Prensa, Córdoba.
- PAULSON, G. S., AKRE, R. D. 1992. Evaluating the effectiveness of ants as biological control agents of pear *Psylla* (Homoptera: Psyllidae). *J. Econ. Ent.* 81(1): 70-73.
- PENG, R. K., CHRISTIAN, K., GIBB, K. 1997. Distribution of the green ant, *Oecophylla smaragdina* (F.) (Hymenoptera: Formicidae), in relation to native vegetation and the insect pests in cashew plantations in Australia. *International Journal of Pest Management.* 43(3): 203-211.
- PERFECTO, I., SNELLING, R. 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. *Ecol. Appl.* 5(4): 1084-1097.
- PERFECTO, I., VANDERMEER, J. 1994. Understanding biodiversity loss in agroecosystems: Reduction of ant diversity resulting from transformation of the coffee ecosystem in Costa Rica. *Entomol.* 2: 7-13.
- PETACHI, R., MINNOCCI, A. 1994. Impact of different *Bactrocera oleae* (Gmel.) control strategies on olive grove entomofauna. *Acta Horticultureae.* 356: 399-402.
- PETAL, J. 1978. The role of the ants in ecosystems. : 245-292. En: *Production ecology of ants and termites*. Brian, M. V. International Biological Programme, N° 13. Cambridge University Press. Cambridge.

- PHILLIPS, S., YOUNG, H. 1979. *Agricultura sin laboreo. Labranza cero*. Editorial Hemisferio Sur, S.R.L., Montevideo. : 52-53.
- PIELOU, E. C. 1960. A single mechanism to account for regular, random and aggregated populations. *J. Ecol.* 48: 575-584.
- PISARSKI, B. 1978. Comparison of various biomes. :326-331. En: BRIAN, M. V. *Production ecology of ants and termite*. Cambridge University Press. Cambridge.
- PONTIN, A. J. 1978. The numbers and distribution of subterranean aphids and their exploitation by the ant *Lasius flavus* Fabr. *Ecol. Entomol*, 3: 203-207.
- PORRAS, A. 1997. Recolección. : 339-362. En: *El cultivo del olivo*. Eds. Barranco, D., Fernández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi-Prensa, Córdoba.
- PORTER, S. D., JORGENSEN, C. D. 1981. Foragers of the Harvester ant *Pogonomyrmex owyheeii*: A disposable Caste?. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 9: 247-256.
- RABITSCH, W.B. 1997. Tissue-specific accumulation patterns of Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, and Mn in workers of three ant species (Formicidae, Hymenoptera) from a metal-polluted site. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32: 172-177.
- RALLO, L. 1995. Selección y mejora genética del olivo en España. *Olivae.* 59: 46-53.
- RAPOPORT, H. F. 1997. Botánica y Morfología. : 35-57. En: *El cultivo del olivo*. Eds. Barranco, D., Fernández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi-Prensa, Córdoba.
- RASPI, A., MALFATTI, P. 1985. The use of yellow chromotropic traps for monitoring *Dacus oleae* (Gmel.) adults. En: *Integrated pest control in olive groves*. Eds. R. Cavalloro and A. Croveti. Proc. CEC. FAO. IOBC. Internat Joint Meeting. Pisa, 3-6 April 1984: 428-44.
- RETANA, J., BOSCH, A., ALSINA, A., CERDA, X. 1987. Foraging ecology of the nectarivorous ant *Camponotus foreli* (Hymenoptera, Formicidae) in a savanna-like grassland. *Misc. Zool.* 11: 187-193.
- RETANA, J., CERDA, X., ALSINA, A., BOSCH, J. 1988. Field observations of the ant *Camponotus sylvaticus* (Hym: Formicidae) diet and activity patterns. *Acta Oecologica.* 9(1): 101-109.
- RETANA, J., CERDA, X., CAVIA, V., ARNAL, J., COMPANY, D. 1989. La comunidad de hormigas (Hym. Formicidae) del Boalar de Jaca (Jaca, Huesca). *Lucas Mallada.* 1: 133-150.

- RIVAS-MARTINEZ, S. 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Ed. ICONA, Madrid. 268pp.
- ROOM, P. M. 1971. The relative distribution of ant species on Ghana's cocoa farms. *Journal of Animal Ecology*. 40: 735-751.
- ROOM, P. M.. 1975. Relative distributions of ant species in cocoa plantations in Papua New Guinea. *Jour. Appl. Ecol.* 12: 47-61.
- ROSENGREN, R. 1977. Foraging strategy of wood ants (*Formica rufa* group). I Age polyethism and topographic traditions. *Act. Zool. Fenn.* 149: 1-30.
- ROTH, D. S., PERFECTO, I., RATHCKE, B. 1994. The effects of management systems on ground-foraging ant diversity in Costa Rica. *Ecological Applications*. 4(3):423-436.
- RUANO, F., TINAUT, A. 1993. Estructura del nido de *Cataglyphis floricola* Tinaut, 1993. Estudio comparado con los hormigueros de *C. iberica* (Emery, 1906) y *C. rosenhaueri* (Emery, 1906) (Hymenoptera: Formicidae). *Boln. Asoc. esp. Ent.* 17 (2): 179-189.
- RUBBY, M. J. 1917. Recherches morphologiques et biologiques sur l'olivier et sur les varietes cultivars en France. *Ann. des Sci. Nat.* 9 Serie, T.XX.
- RYTI, R. T., CASE, T. J. 1992. The role of neighborhood competition in the spacing and diversity of ant communities. *Am. Nat.* 139: 55-74.
- SAKATA, H. 1994. How an ant decides to prey on or to attend aphid. *Res. Popul. Ecol.* 36: 45-51.
- SAKATA, H. 1995. Density-dependent predation of the ant *Lasius niger* (Hymenoptera:Formicidae) on two attend aphids *Lachnus tropicalis* and *Myzocallis kuricola* (Homoptera: Aphididae). *Res. Popul. Ecol.* 37 (2): 159-164.
- SAMWAYS, M. J. 1981. Comparison of ant community structure (Hymenoptera:Formicidae) in citrus orchards under chemical and biological control of red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae). *Bull. ent. Res.* 71: 663-670.
- SAMWAYS, M. J., NEL, M., PRINS, A. J. 1982. Ants foraging in citrus trees and attending honeydew producing Homoptera. *Phytophylactica*. 14: 155-157.
- SAMWAYS, M.J. 1984. A practical comparison of diversity indices based on a series of small agricultural ant communities. *Phytophylactica*. 16: 275-278.
- SEPULVEDA, J. M. 1986. Botánica Apícola. En: *Apicultura*. Edit. Aedos. Barcelona. : 185-216.

- SIBBETT, G.S., OSGOOD, J. 1994. Site selection and preparation, tree spacing and design, planting, and initial training. En: *Olive production Manual*. University of California. Publication 3353.
- SINTES, J. 1987. *Las plantas melíferas y la alimentación de las abejas*. Edit. Sintés S. A. Barcelona. 393 pp.
- SKINNER, G. J., WHITTAKER, J. B. 1981. An experimental investigation of inter-relationships between the wood-ant and some tree-canopy herbivores. *J. Anim. Ecol.* 50: 313-326.
- SOULIE, J. 1956. La nidificación chez les espèces françaises du genre *Crematogaster* Lund (Hym. Formicoidea). *Ins. Soc.* III (1): 93-105.
- SOULIE, J. 1961. Les nids et le comportement nidificateur des fourmis du genre *Crematogaster* d'Europe, d'Afrique du nord et d'Asie du sud-est. *Ins. Soc.* 8(3): 213-297.
- TINAUT, A. 1981. *Estudio de los Formicidos de Sierra Nevada*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- TINAUT, A., MARTINEZ-IBÁÑEZ, Ma. D. 1998. Nuevos datos para la fauna Ibérica de hormigas II. Myrmicinae (Hym. Formicidae). *Boln. Asoc. esp. Ent.* 22 (3-4): 237-240.
- TRONCOSO, A., CANTOS, M., LIÑAN, J., FERNANDEZ, J. E. 1997. Fertirrigación. :275-298. En: *El cultivo del olivo*. Eds. Barranco, D., Fernández-Escobar, D., Rallo, L. Coedición: Junta de Andalucía, Ed. Mundi-Prensa, Córdoba.
- TRUJILLO, I., RALLO, L., ARUS, P. 1995. Identifying olive cultivars by isoxyme analysis. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120 (2):318-324.
- TURRIL, W.B. 1951. *Wild and cultivated olives*. Brit. Ass. Adv. Sci., Kew Bull. 3, 437 pp.
- VIDAL, J. S. 1969. La fructificación de l'olivier. *Inform. Olivi. Intern.* 46:43-50.
- WAGNER, D. 1997. The influence of ants nests on *Acacia* seed production, herbivory and soil nutrients. *J. Ecol.* 85: 83-93.
- WAY, M. J. 1963. Mutualism between ants and honeydew producing Homoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 8: 307-344.
- WAY, M. J., CAMMELL, M. E. 1992. Studies on egg predation by ants (Hymenoptera: Formicidae) specially on the eucalyptus borer *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera: Cerambycidae) in Portugal. *Bol. Ent. Res.* 82:425-432.
- WAY, M. J., KHOO, K. C. 1992. Role of ant in pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 37: 479-503.

- WEIR, J. S.** 1978. The ant, *Iridomyrmex*, as a biological indicator of pesticide contamination. Report to N. S. W. State Pollution Control Commission (unpublished). 32 pp.
- WESELOH, R. M.** 1993. Manipulation of Forest Ant (Hymenoptera: Formicidae) abundance and resulting impact on Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) populations. *Env. Ent.* 22(3): 587-594.
- WESELOH, R. M.** 1996. Effect of supplemental foods on foraging behavior of forest ants in Connecticut. *Env. Ent.* 25(4): 848-853.
- WOODELL, S. R. J., KING, T. J.** 1991. The influence of mound-building ants on British lowland vegetation. En: Huxley, C. R., Cutler, D. F. eds. *Ant-plant interactions*. Oxford University Press, Oxford.: 521-535.
- ZOHARI, D.** 1973. *Geobotanical foundations of the middle east*. Fisher, Swets and Zeitinger, Stuttgart/Amsterdam. 739 pp.

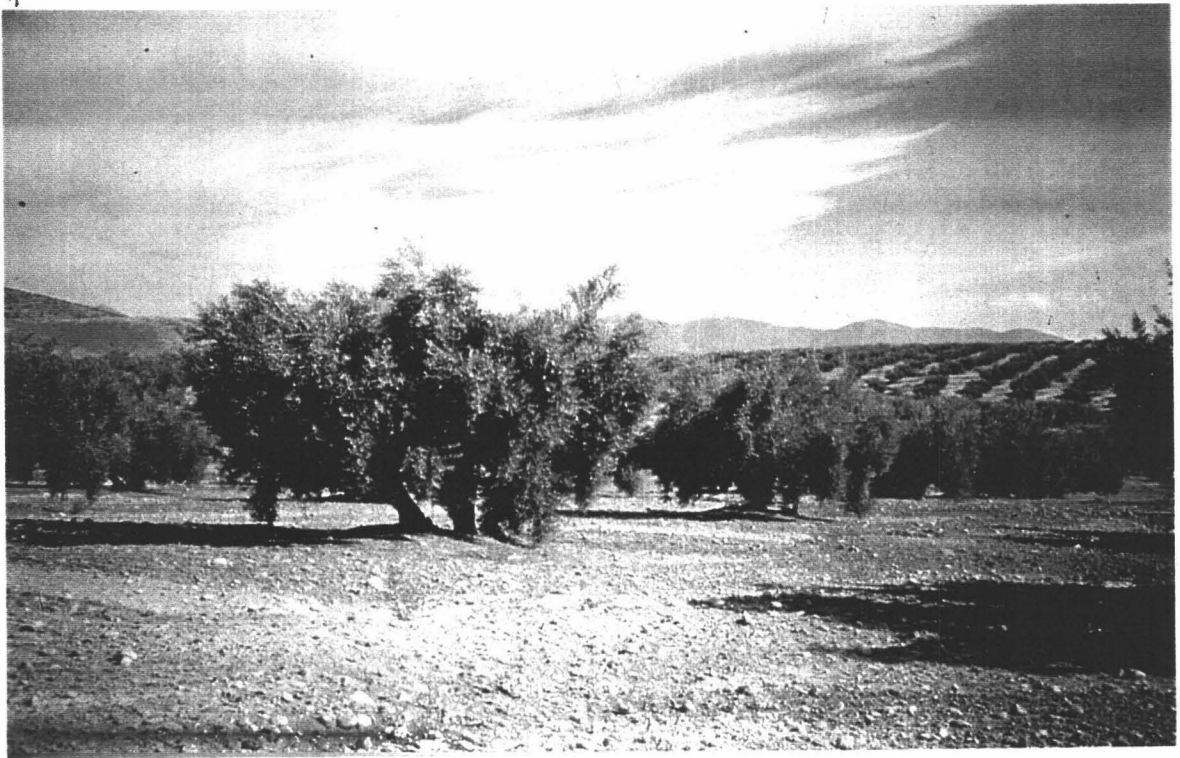


APENDICES

Foto 1: Olivar de Arenales.

Foto 2: Bancales en el olivar de Arenales.

1



2

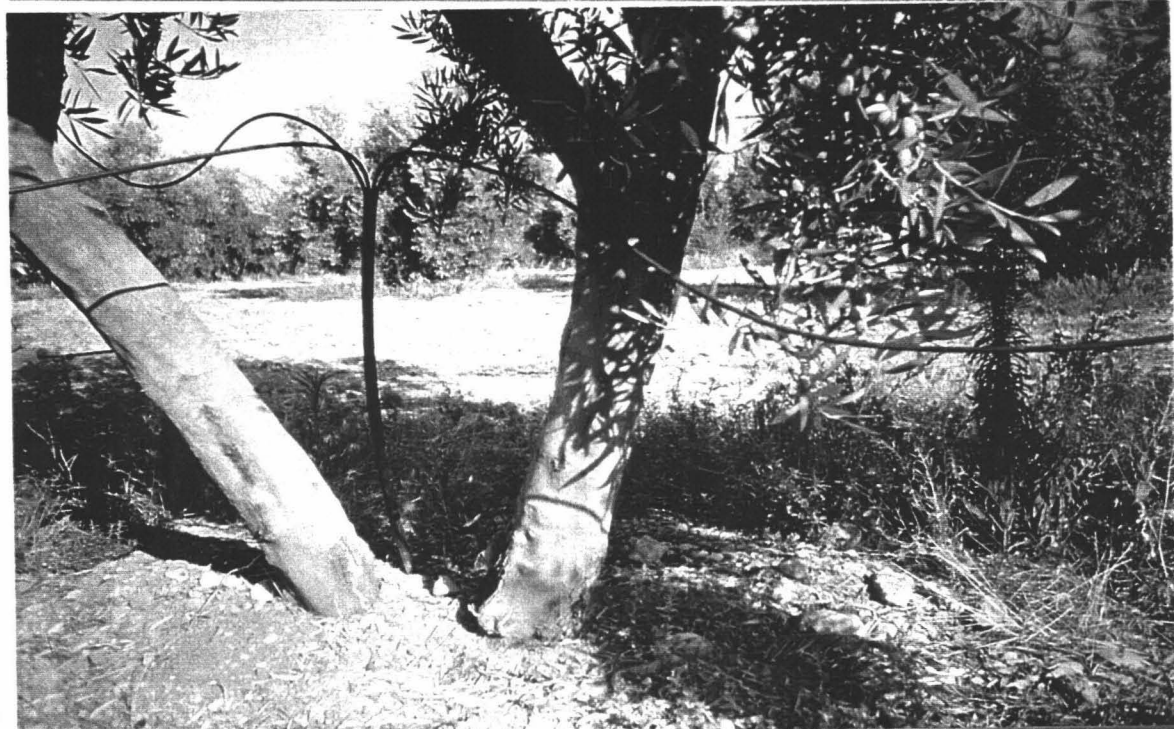
Foto 3: Olivar de Colomera 1. Septiembre, 1997

**Foto 4: Detalle de las mangueras del riego por goteo
en Colomera 1.**

Foto 5: Olivar de Colomera 2. Septiembre, 1997.



3



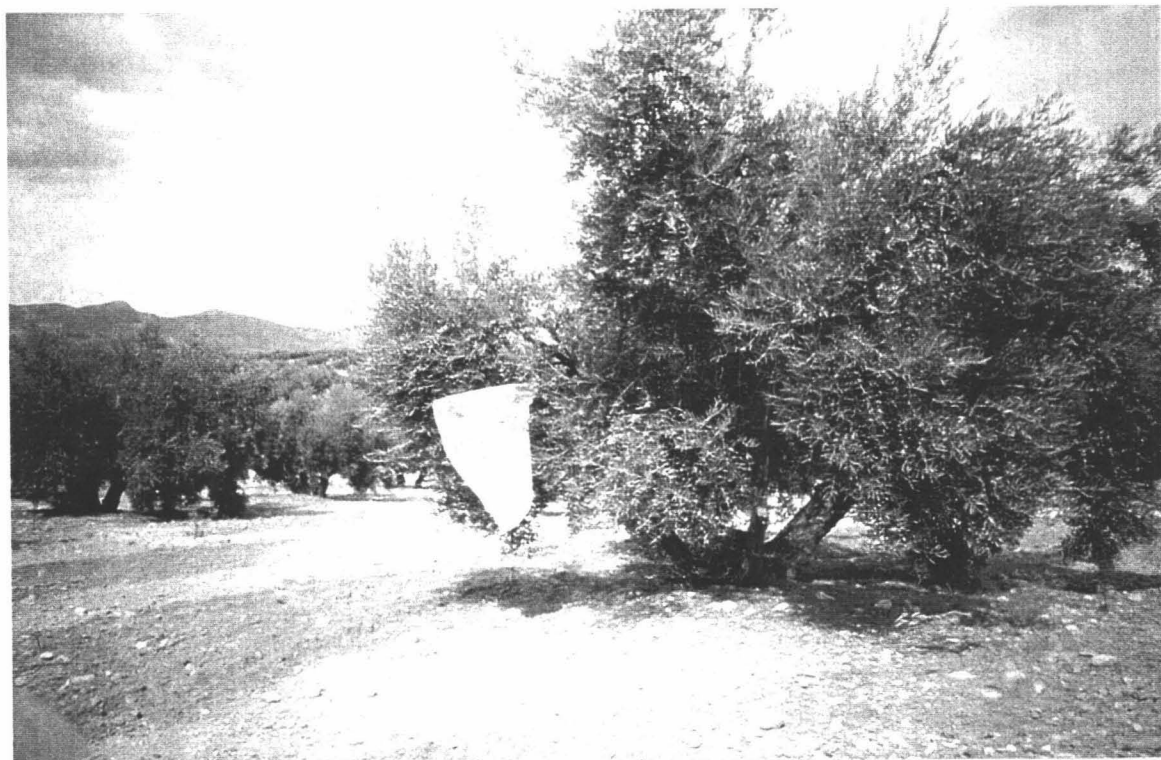
4



5

**Foto 6: Macro-red entomológica para muestrear la
artropodofauna de la copa del árbol**

**Foto 7: Trampa Pit-fall en el suelo bajo la copa del
árbol.**



6

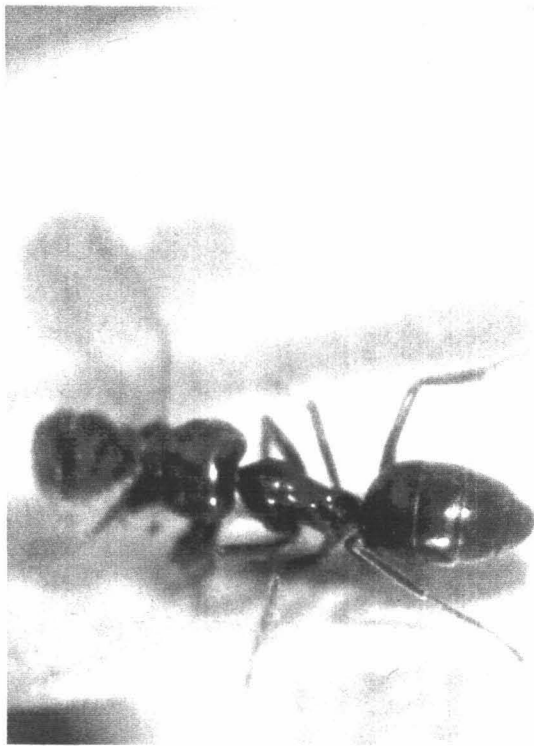


7

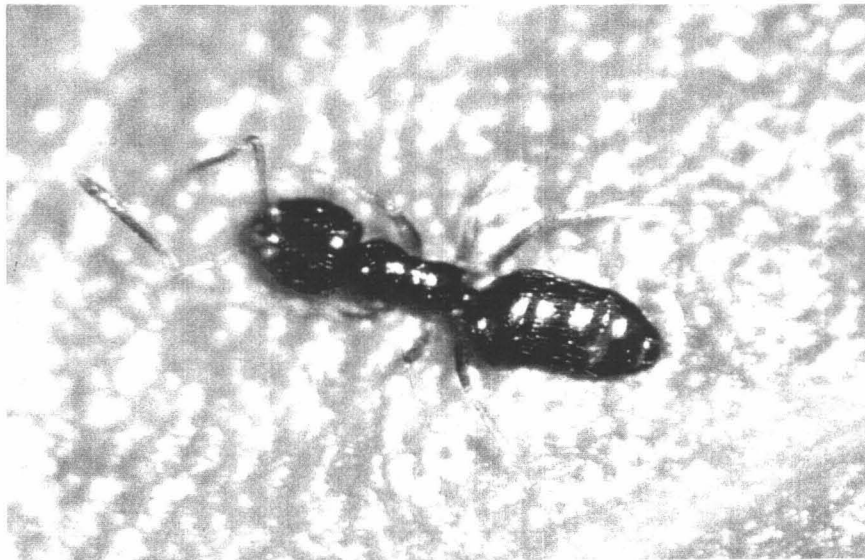
Foto 8: Obrera de *Tapinoma nigerrimum*.

Foto 9 : Obrera de *Plagiolepis pygmaea*

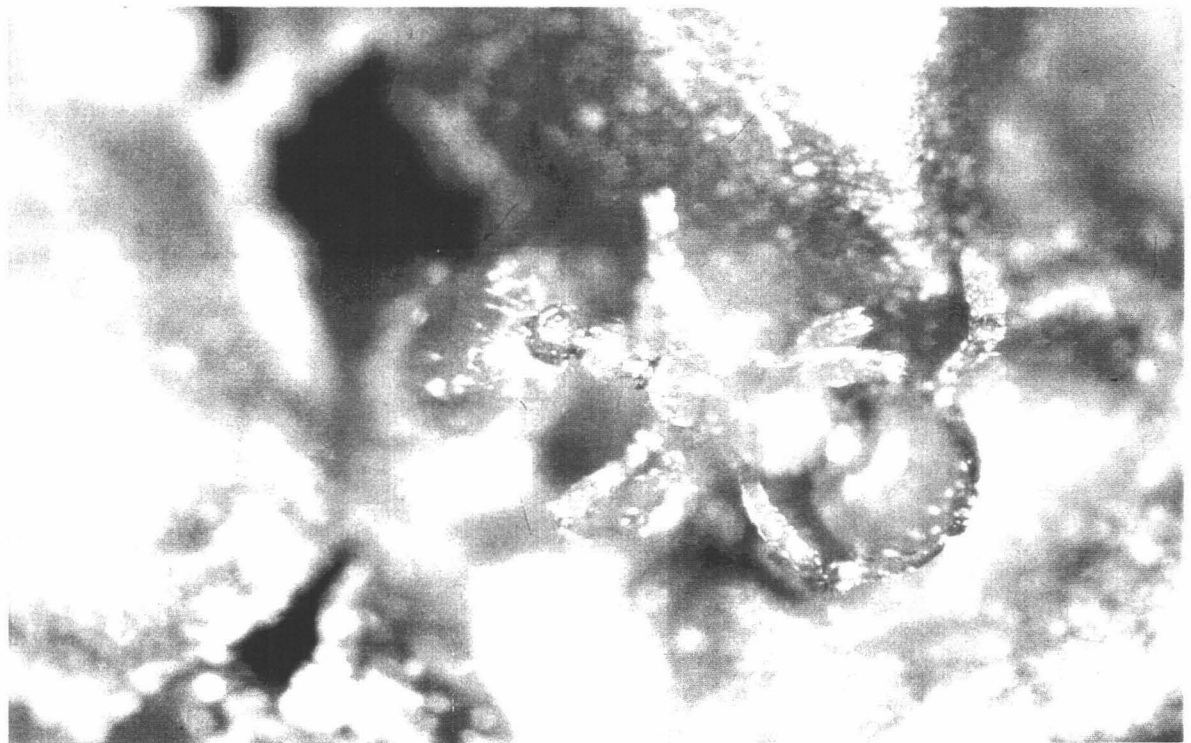
Foto 10: Obrera de *Solenopsis latro* sobre el fruto del
olivo.



8



9



10

140

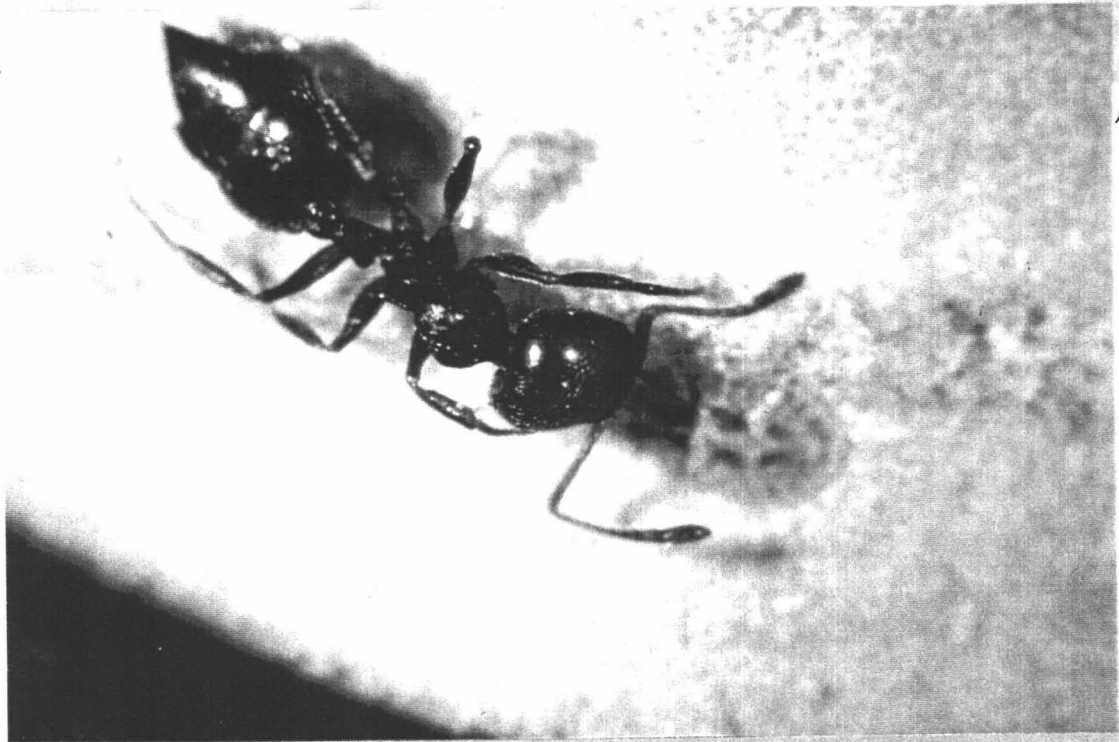
Foto 11: Obrera de *C. auberti*.

Foto 12: Obrera de *Crematogaster scutellaris*
alimentándose de la melaza de
Saissetia oleae.

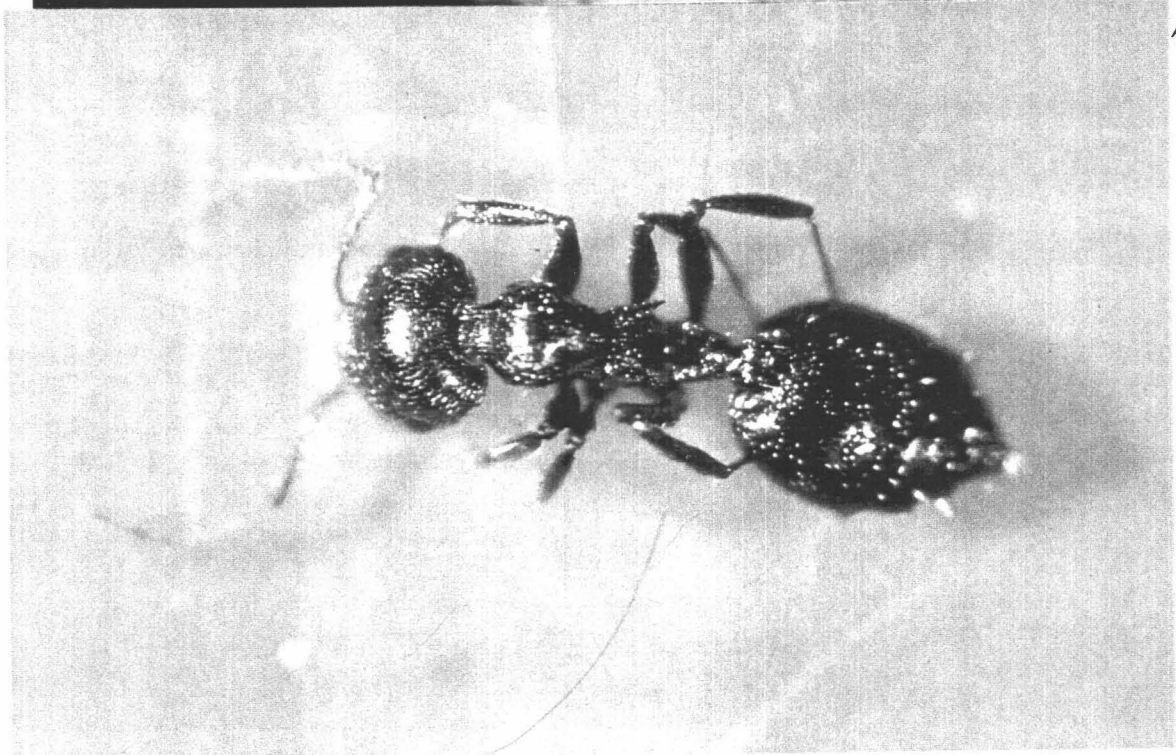
Foto 13 : Obrera de *C. scutellaris* con un
pulgón entre sus mandíbulas.



13



12



11