

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**  
**Y MONTES**

**TESIS DOCTORAL**

**CONTROL INTEGRADO DEL TALADRO**  
**AMARILLO (*Zeuzera pyrina* L.) EN NOGALES**  
**DE ALENTEJO (PORTUGAL)**

**DIRECTOR: PROF. ENRIQUE VARGAS OSUNA**

**DOCTORANDO: MARIA ISABEL FERNANDES CARDOSO PATANITA**

**JUNIO**  
**2006**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS**  
**AGRÓNOMOS Y MONTES**

**TESIS DOCTORAL**

**CONTROL INTEGRADO DEL TALADRO**  
**AMARILLO (*Zeuzera pyrina* L.) EN NOGALES**  
**DE ALENTEJO (PORTUGAL)**

Tesis presentada por Maria Isabel Fernandes Cardoso Patanita en satisfacción de los requisitos necesarios para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba. Dirigida por D. Enrique Vargas Osuna, Profesor titular de Entomología Agrícola y Forestal del Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes de la Universidad de Córdoba.

El Director de la tesis

El Doctorando

Prof. D. Enrique Vargas Osuna

Maria Isabel Fernandes Cardoso Patanita

Córdoba, Junio de 2006

Este trabajo lo dedico especialmente

A Manuel, mi esposo, por su extraordinaria capacidad para hacerme fácil lo difícil, su enorme generosidad y su apoyo incondicional.

A mis hijos, Mariana, Francisco y Margarida que con su presencia inundan mi vida de alegría.

## AGRADECIMENTOS

---

Me gustaría aprovechar esta oportunidad para agradecer a todas las personas que de una manera u otra han contribuido a la realización de este trabajo.

En primer lugar a mi director D. Enrique Vargas Osuna. Gracias por todo lo que me ha enseñado, por su generosidad en transmitirme muchos de sus conocimientos sobre Entomología, y sobre todo por la confianza que durante estos años ha depositado en mí.

A D. Hani Aldebis, D. Rafael Ortiz, Adel y Sergio con los que he compartido muy buenos momentos y porque han sabido crear un excelente ambiente de trabajo.

A todos los compañeros del curso de doctorado, por prestarme siempre vuestra ayuda, y de manera especial a Hugo Cruz, por sus correcciones en el castellano.

A D. Juan Domínguez que siempre estuvo dispuesto a aclararme mis dudas en la estadística.

A Dña Pilar Porcel, secretaria del Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales de la Universidad de Córdoba, gracias por su cariño y por facilitarme siempre las cosas.

Ao Coronel João Tété y Eng. António Santos Nunes que amablemente nos cedieron sus fincas para la realización de los experimentos.

A mis compañeras Margarida Pereira y Inês Lourenço con las que he compartido muy buenos momentos y a veces no tan buenos, viajes, congresos, cursos, etc., y porque han sabido crear un agradable ambiente de trabajo.

A mis amigos Otilia Carvalho y José Alberto. Desde el principio han suportado como unos campeones mis continuas preguntas, gracias por vuestra ayuda.

A mis alumnos, Sónia, Osvaldo, Maria José, Raquel, Rui, Patrício, Nuno, Sandra, Isabel y Luisa muchas gracias por vuestra inmensa ayuda en el seguimiento y toma de datos en los ensayos, por el cariño y la dedicación con los que lo habéis hecho.

A Paula Nozes por ayudarme en todo cuanto necesité en el laboratorio, pero también en la recorrida de los insectos de las trampas durante mis vacaciones, pero mi mayor agradecimiento es por su amistad.

No podría olvidar a mi marido, mis hijos, los abuelos Josefa, Joaquim, Rosa y Antonio y los tíos Paula, Zé, Olga y Pedro, todos ellos han dado y han sacrificado muchas cosas en estos años. Muchas gracias por vuestra generosidad.

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE ANEJOS	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XV
RESUMO	XVII
<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA GENERAL</b>	<b>3</b>
2.1. – EL NOGAL	3
2.1.1 - Origen y difusión	3
2.1.2– Importancia económica	4
2.1.3- Caracterización botánica	10
2.1.4 - Aprovechamiento	11
2.1.5 – Enfermedades y plagas	15
2.1.6 - Fauna auxiliar	27
2.1.6.1 –Insectos parasitoides	27
2.1.6.2 – Insectos depredadores	32
2 .2 – EL TALADRO AMARILLO – <i>Zeuzera pyrina</i> L.	41
2.2.1 - Caracterización taxonómica y distribución geográfica	41
2.2.2 - Caracterización morfológica	42
2.2.3 - Ciclo de vida	44
2.2.4 – Daños	46
2.2.5 – Especies hospedantes	47
2.2.6 - Factores condicionantes de la dinámica poblacional	47
2.3 – EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (IPM)	49

2.3.1- Técnicas de estimación del riesgo y niveles económicos de daño (NED)	50
2.3.2–Métodos de lucha contra <i>Z. pyrina</i>	54
2.3.2.1 - Métodos culturales	54
2.3.2.2 - Métodos biológicos	54
2.3.2.3 - Métodos biotécnicos	55
2.3.2.4 - Métodos químicos	58

### **3. EVOLUCIÓN DE LAS POBLACIONES DE ADULTOS DE**

#### ***Z. pyrina* L.**

3.1 – INTRODUCCIÓN	61
3.2– MATERIAL Y MÉTODOS	62
3.2.1 – Localización de los experimentos	62
3.2.2 – Características climáticas de la zona de estudio	62
3.2.2.1 – Temperatura	63
3.2.2.2 - Precipitación	67
3.2.3 – Características del suelo	69
3.2.3.1 – Quinta do Pereiro	69
3.2.3.2 – Monte da Raposinha	71
3.2.4 – Prácticas culturales	71
3.2.5– Monitoreo de adultos de <i>Z. pyrina</i>	72
3.3– RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73

### **4. DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE MUESTREO PARA EL TALADRO AMARILLO**

4.1- ANÁLISIS DE LA PAUTA DE DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN	80
4.1.1- MATERIAL Y MÉTODOS	82
4.1.2 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN	87
4.2 – DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	99
4.2.1 - MATERIAL Y MÉTODOS	99
4.2.2 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN	100
4.3 – PROTOCOLOS DE MUESTREO PARA ESTIMACIÓN DE LOS RIESGOS RESULTANTES DE LA PLAGA	102
4.3.1 - MATERIAL Y MÉTODOS	103
4.3.2 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN	104

<b>5. LIMITACIÓN NATURAL DE LAS POBLACIONES FITÓFAGAS EN EL NOGAL</b>	107
5.1- INTRODUCCIÓN	107
5.2- MATERIAL Y MÉTODOS	109
5.3-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	112
<b>6. EFICÁCIA DEL MÉTODO DE CONFUSIÓN SEXUAL PARA EL CONTROL DE <i>Zeuzera pyrina</i></b>	129
6.1 – INTRODUCCIÓN	129
6.2– MATERIAL Y MÉTODOS	131
6.3-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	134
<b>7. EFICACIA DEL MÉTODO DE TRAMPEO MASIVO PARA EL CONTROL DEL TALADRO AMARILLO</b>	141
7.1 – INTRODUCCIÓN	141
7.2– MATERIAL Y MÉTODOS	143
7.3-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	145
<b>8. CONCLUSIONES</b>	155
<b>9. BIBLIOGRAFIA</b>	157
<b>ANEJOS</b>	177

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Hembra de <i>Zeuzera pyrina</i> L.	43
Figura 2.2 – Macho de <i>Zeuzera pyrina</i> L.	43
Figura 2.3 – Exuvio de <i>Zeuzera pyrina</i> .	45
Figura 2.4 – Orificio de la entrada de la oruga, en los brotes terminales.	46
Figura 2.5 – Seca de brotes del año, debido a la actividad de la oruga.	46
Figura 2.6 – Ramo partido con galería hecha por la larva.	46
Figura 3.1 – Temperatura media mensual del aire en Beja durante el periodo 1950-1985	64
Figura. 3.2 – Temperatura y precipitación media mensual en Beja durante el periodo 1950-1985	64
Figura 3.3 – Evolución de la temperatura y precipitación en los años del experimentos – Estação Meteorológica de Beja	65
Figura 3.4– Evolución de la temperatura y precipitación en los años del experimentos – Estação Meteorológica do Outeiro	66
Figura 3.5 - Precipitación mensual (mm) en Beja, durante el periodo 1950-1985	68
Figura 3.6 – Número total de adultos de <i>Zeuzera pyrina</i> por trampa entre 2002 y 2005 en las dos zonas de estudio	73
Figura. 3.7 – Curva de vuelo de machos del <i>Zeuzera pyrina</i> en trampa sexual en Monte da Raposinha	75
Figura. 3.8 – Curva de vuelo de machos del <i>Zeuzera pyrina</i> en trampa sexual en Quinta do Pereiro	76
Figura 4.1– Frecuencias observadas e esperadas de larvas por árbol a través de la distribución binomial negativa y de Poisson, en parcela de Monte da Raposinha (Beja)	88
Figura 4.2– Frecuencias observadas e esperadas de larvas por árbol a través de la distribución binomial negativa y de Poisson, en parcela P1 de Quinta do Pereiro (Ferreira do Alentejo)	89
Figura 4.3– Frecuencias observadas e esperadas de larvas por árbol a través de la distribución binomial negativa y de Poisson, en parcela P2 de Quinta do Pereiro (Ferreira do Alentejo)	90

Figura 4.4– Frecuencias observadas e esperadas de larvas por árbol a través de la distribución binomial negativa y de Poisson, en parcela P3 de Quinta do Pereiro (Ferreira do Alentejo)	91
Figura 4.5– Regresión para la estimativa del k común	95
Figura 4.6 - Relación entre k y el logaritmo de la media	96
Figura 4.7 – Relación de dependencia entre el log de la varianza y el log de la media para larvas de <i>Zeuzera pyrina</i> (L.) en nogal	97
Figura 4.8 – Tamaño del muestreo necesario para estimar densidades poblacionales larvales de <i>Z. pyrina</i> L	100
Figura 4.9 – Relación entre el número de larvas por árbol y el porcentaje de árboles con larvas de <i>Z. pyrina</i> L. Valores observados y esperados de acuerdo con la distribución binomial negativa	104
Figura 4.10– Relación entre la proporción de árboles con larvas y el número medio de larvas de <i>Zeuzera pyrina</i> L. por árbol. Valores observados y esperados de acuerdo con la ecuación de Wilson y Room	105
Figura 5.1 – Insectos depredadores capturados con la técnica del golpeo: (A) <i>Stethorus punctillum</i> (adulto y larva), (B) <i>Coccinella septempunctata</i> (adulto y larva) y <i>Chrysoperla carnea</i> (adulto y larva).	114
Figura 5.2.- Evolución de las capturas de <i>Stethorus punctillum</i> en nogal de Ferreira do Alentejo	116
Figura 5.3.– Evolución de las capturas de crisópidos en nogal de Ferreira do Alentejo	117
Figura 5.4.- Evolución de las capturas de míridos en nogal de Ferreira do Alentejo	118
Figura 5.5.- Evolución de las capturas de himenópteros Proctotrupoidea en nogal de Ferreira do Alentejo	119
Figura 5.6 – Insectos parasitoides capturados en las trampas amarillas: (A) <i>Trioxus</i> sp., (B) <i>Apanteles</i> sp., (C) Ceraphronidae y (D) Scelionidae	120
Figura. 5.7. – Distribución de los espécimen de Hymenoptera en nogal de Ferreira do Alentejo, durante los años 2004-05	121
Figura 5.8 - Valores de dominancia (%) de las familias de himenópteros, capturados por la técnica de los platos amarillos, en nogal de Ferreira do Alentejo	122

Figura 5.9.- Evolución de las capturas de Diapriidae en nogal de Ferreira do Alentejo durante 2004 y 2005	123
Figura 5.10.- Evolución de las capturas de Ceraphronidae en nogal de Ferreira do Alentejo	123
Figura 5.11.- Evolución de las capturas de Mymaridae en nogal de Ferreira do Alentejo durante 2004 y 2005	124
Figura 5.12.- Evolución de las capturas de Scelionidae en nogal de Ferreira do Alentejo durante 2004 y 2005	124
Figura 5.13.- Frecuencia (%) de las familias de himenópteros, capturados por la técnica de los platos amarillos, en nogal de Ferreira do Alentejo en 2004 (n=16) y 2005 (n= 17)	125
Figura 5.14 – Índices de diversidad de Simpson-Yule y de Shannon e índice de equitabilidade relativamente a las familias de Hymenoptera en los muestreos de 2004 e 2005	127
Figura 6.1– Colocación del dispensador de feromona con tractor y con aplicador	133
Figura 6.2 – Densidad larval de <i>Z. pyrina</i> en ramas (A) y brotes (B) de nogal en el ensayo de confusión sexual realizado en Beja de 2002 a 2004	136
Figura 6.3 – Porcentaje de daño de <i>Z. pyrina</i> en las ramas (A) y en los brotes (B) en las parcelas en confusión sexual y en testigo	138
Figura 7.1.– Número total de machos de <i>Zeuzera pyrina</i> capturados por trampa en las parcelas con captura masiva y testigo, de 2003 hasta 2005 (Ferreira do Alentejo)	146
Figura 7.2– Evolución temporal de la densidad larval en las ramas gruesas (A) y en los brotes jóvenes (B), en las diferentes parcelas	148
Figura 7.3 – Evolución de la infestación en las ramas (A) y brotes (B) en las distintas parcelas, según el método	151

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 – Producción mundial de nuez	4
Tabla 2.2 - Principales países exportadores de nuez (toneladas/cáscara)	5
Tabla 2.3 – Producción europea de nuez	5
Tabla 2.4 - Producción española de nuez (toneladas)	8
Tabla 2.5 - Comunidades españolas con mayor cultivo regular de nogal (1995)	9
Tabla 2.6. – Uso doméstico de la nuez	13
Tabla 2.7 – Enfermedades y plagas principales del nogal	16
Tabla 3.1 - Precipitación mensual - R (mm) en Beja, durante el periodo 1950-1985	68
Tabla 4.1 - Número medio de larvas por árbol (m), varianza ( $s^2$ ), relación varianza/ media ( $s^2/m$ ), Índice de Dispersión (ID), Índice de Lloyd ( $X^*/m$ ) y Índice de Green (IG)	92
Tabla 4.2 - Ajustes de los datos observados a la distribución teórica Binomial negativa y de Poisson	94
Tabla 4.3 - Cálculo de un valor común para el parámetro k	95
Tabla 4.4 - Estimativas y ecuación de la ley potencial de Taylor para las larvas de <i>Zeuzera pyrina</i> , en el muestreo hecho en 2003, 2004, 2005 y en los tres años conjuntamente	96
Tabla 4.5 - Valores observados y esperados del número medio de larvas de <i>Zeuzera pyrina</i> L. por árbol, para diferentes porcentajes de árboles dañadas	105
Tabla 4.6 – Valores observados y esperados de la proporción de árboles con larvas de <i>Zeuzera pyrina</i> L., para diferente número de larvas por árbol	106
Tabla 5.1.- Fauna beneficiosa del nogal en Ferreira do Alentejo	113
Tabla 5.2.- Valores de dominancia (%) de las especies de coccinélidos, capturados por la técnica del golpeo, en nogal de Ferreira do Alentejo	115
Tabla 5.3.- Valores de frecuencia (%) de las especies de coccinélidos, capturados por la técnica del golpeo, en nogal de Ferreira do Alentejo	116
Tabla 5.4 – Clasificación general de las familias, según los índices de frecuencia y dominancia de Palma (1975)	126
Tabla 6.1 – Características de las parcelas del experimento	132
Tabla 6.2 –Evaluación de la densidad larval de <i>Zeuzera pyrina</i> , en Monte da Raposinha, entre 2002-04	134
Tabla 6.3–Árboles dañados por <i>Z. pyrina</i> en Monte da Raposinha	137

Tabla 7.1 – Total de machos adultos de <i>Zeuzera pyrina</i> capturados por año	145
Tabla 7.2 – Capturas medias de <i>Z. pyrina</i> obtenidas por diferente numero de trampas por hectárea	146
Tabla 7.3– Evaluación de la densidad larval de <i>Zeuzera pyrina</i> , en Ferreira do Alentejo, entre loa años de 2003-05	147
Tabla 7.4– Teste de Wilcoxon para densidad larval de 2003-04 y 2004-05, en las parcelas con 5, 8 trampas y el testigo	149
Tabla 7.5– Evaluación del porcentaje de árboles ocupadas de <i>Z. pyrina</i> , en las parcelas con captura masiva y testigo, en Ferreira do Alentejo, de 2003-05	150

## ÍNDICE DE ANEJOS

Anejo 1 – Estados fenológicos del nogal ( <i>Juglans regia</i> L.)	177
Anejo 2 - Fauna beneficiosa (Clase Insecta y Acarina) referenciada como depredadores en nogal	179
Anejo 3 – Fauna beneficiosa (Orden Hymenoptera) referenciada como parasitoides de <i>Z. pyrina</i>	180
Anejo 4 – Fauna beneficiosa (Orden Diptera) referenciada como parasitoides de <i>Z. pyrina</i>	181
Anejo 5 – Insecticidas homologados para <i>Zeuzera pyrina</i> L. en España	182
Anejo 6 – Toxicidad de los insecticidas homologados para <i>Zeuzera pyrina</i> L. con relación a la fauna beneficiosa	183

## RESUMEN

Este trabajo constituye una contribución al desarrollo de un programa de protección integrada en el nogal en Baixo Alentejo, en lo que respecta al control del taladro amarillo, *Zeuzera pyrina* Linnaeus. Los experimentos se llevaron a cabo durante los años 2002 - 2005 en nogales con predominio de las variedades Serr y Hartley, localizados en la región de Baixo Alentejo (Portugal). Los objetivos principales han sido profundizar en el conocimiento del ciclo biológico de la plaga en la zona, de la pauta de distribución larval y la utilización de métodos de lucha alternativos a la lucha química (confusión sexual y trampeo masivo), bien como incrementar el conocimiento de la fauna beneficiosa del nogal en Portugal.

Los resultados obtenidos sugieren la existencia de una generación de *Z. pyrina* al año. Los adultos empiezan su vuelo en mediados de Mayo y lo terminan en Agosto, con un pico de vuelo situado a mediados de Junio.

La elección de un método de muestreo requiere definir el universo muestral, la unidad de muestreo, la agregación de la población y la precisión deseada. En el caso de las poblaciones larvales del taladro amarillo se puede concluir que se trata de una población agregada y que el número de unidades de muestreo debe estar entre 63 y 99 plantas, para niveles de infestación de un ramo por árbol.

El inventario de la fauna beneficiosa permitió identificar como los más importantes los coccinélidos, particularmente la especie *Stethorus punctillum*, seguidos de los neurópteros crisópidos, los coleópteros carábidos y los himenópteros. Fueran identificadas 29 familias de Hymenoptera, entre estas las que por su abundancia y frecuencia se pueden considerar de Común son Ceraphronidae y Scelionidae.

El método de la confusión sexual mediante dispensadores Izonet Z que contienen 70 mg de (E,Z)-2,13-octodecadienil acetato y (E, Z)-3, 13-octodecadienil acetato, a las densidades de 300 dispensadores resultó eficaz, reduciendo el daño en los árboles.

También el método del trapeo masivo, con el uso de dispensadores de feromona en trampas Mastrap L<sup>®</sup> (Isagro), resultó efectivo a densidades de 8 y 5 trampas/ha

Palabras-clave: *Zeuzera pyrina*, nogal, pauta de distribución, tamaño de la muestra, fauna beneficiosa, confusión sexual, trapeo masivo.

## ABSTRACT

This work constitutes a contribution to the development of an integrated pest management program in the walnut orchards in Baixo Alentejo, in what concerns the control of the leopard moth, *Zeuzera pyrina* Linnaeus. The experiments were carried out during the years 2002 - 2005 in walnuts with the prevalence of the varieties Serr and Hartley, located in the region of Baixo Alentejo (Portugal). The main objectives have been to increase the knowledge of the biological cycle of the pest in the region, of larval spatial pattern and the use of alternative control methods to the chemical control (mass disruption and mass trap), as well as increasing the knowledge of the beneficial fauna of the walnut in Portugal.

The obtained results suggest the existence of one *Z. pyrina* generation per year. The adults begin their flight in half-filled of May and they finish it in August, with a flight pick located by the middle of June.

The selection of a sampling method requires the definition of the sampling universe, the sampling unit, the population's aggregation and the wanted precision. In the case of the larval populations of the leopard moth you can conclude that it is an aggregated population and that the number of sampling units should be between 63 and 99 plants, for levels of infestation of one infested branch per tree.

The inventory of the beneficial fauna allowed to identify as the most important, the Coccinelidae, particularly the species *Stethorus punctillum*, followed by the Chrysopidae, of the Carabidae and of the Hymenoptera. Twenty nine families of Hymenoptera were identified, among these those that can be considered of Common by their abundance and frequency are Ceraphronidae and Scelionidae.

The method of the sexual confusion by means of dispensers Izonet Z that contain 70 mg of (E,Z)-2,13-octodecadienil acetate and (E, Z)-3, 13-

octodecadienil acetate, to the densities of 300 dispensers was effective, reducing the damage in the trees.

The mass trap method, with the use of pheromone dispensers in Mastrap L<sup>®</sup> (Isagro), was also effective to densities of 8 and 5 traps/ha.

Key-words: *Zeuzera pyrina*, walnut, spatial pattern, sampling dimension, beneficial fauna, mating disruption, mass trapping.

## RESUMO

Este estudo constitui uma contribuição para o desenvolvimento de um programa de protecção integrada em pomares de nogueiras no Baixo Alentejo, no que diz respeito ao controlo da broca dos ramos, *Zeuzera pyrina* Linnaeus. Os ensaios levaram-se a cabo durante os anos de 2002 - 2005 em pomares de nogueiras em que predominam as variedades Serr e Hartley, localizados na região do Baixo Alentejo (Portugal). Os objectivos principais são aprofundar o conhecimento do ciclo biológico da praga na zona, do padrão de distribuição da população larvar e a utilização de métodos de luta alternativos à luta química (confusão sexual e captura em massa), bem como incrementar o conhecimento sobre a fauna auxiliar dos pomares de nogueiras, em Portugal.

Os resultados obtidos sugerem a existência de uma geração anual de *Z. pyrina*. Os adultos iniciam o seu voo em meados de Maio e terminam-no em Agosto, com um pico de voo situado em meados de Junho.

A selecção de um método de amostragem requer que se defina o universo de amostragem, a unidade de amostragem, a agregação da população e a precisão desejada. No caso das populações larvares da broca dos ramos pode-se concluir que se trata de uma população agregada e que o número de unidades de amostragem deve estar entre 63 e 99 plantas, para níveis de infestação de um ramo atacado por árvore.

O inventário da fauna auxiliar permitiu identificar como mais importantes os coccinelídeos, particularmente a espécie *Stethorus punctillum*, seguidos dos neurópteros crisóptidos, dos coleópteros carabídeos e dos himenópteros. Foram identificadas 29 famílias de Hymenoptera, entre elas, aquelas que pela sua abundância e frequência se podem considerar de Comum são Ceraphronidae e Scelionidae.

O método da confusão sexual, mediante o uso de difusores Izonet Z que contém 70 mg de (E,Z)-2,13-octodecadienil acetato e (E, Z)-3, 13-octodecadienil acetato,

à densidade de 300 difusores por hectare resultou eficaz, reduzindo o estrago nas árvores.

Também o método da captura em massa, com o uso de cápsulas de feromona em armadilhas Mastrap L<sup>®</sup> (Isagro), resultou eficaz com densidades de 8 e 5 armadilhas por hectare.

Palavras-chave: *Zeuzera pyrina*, nogueira, padrão de distribuição, tamanho da amostra, fauna auxiliar, confusão sexual, captura em massa.

## 1 – INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

---

La producción de frutos secos, y en particular de la nuez, se encuentra en expansión en la región del Baixo Alentejo (Portugal). Cuando se utilizan prácticas culturales adecuadas y se hace la selección de las cultivares, es un cultivo bastante rentable y alternativo en las áreas de regadío. Entre los factores favorables al cultivo del nogal en la región, destacan: la existencia de grandes áreas fácilmente mecanizables y con disponibilidad de agua de riego, precocidad de la cosecha y por tanto anticipación de su entrada en el mercado nacional (45 días con relación a Francia y 60 días al EUA); existencia de mercado potencial, ya que Portugal y la Unión Europea son a la vez importantes consumidores e importadores de nueces (la cuota de producción nacional ronda el 4% de las necesidades nacionales); existencia de red comercial e industrial en Portugal y en la vecina España (Teté, 2001).

El objetivo de la producción de nuez es obtener los máximos rendimientos, en base a elevadas producciones de frutos de color luminoso y grano ancho. Producciones óptimas sólo pueden ser obtenidas con árboles sanos, para lo cual se requiere un conocimiento básico sobre el ciclo del cultivo en la zona, sus necesidades específicas y el impacto que las plagas, las enfermedades y los factores culturales y ambientales tienen en el árbol (Flint, 1993).

Uno de los factores limitantes de la producción del nogal es, sin duda, el taladro amarillo (*Zeuzera pyrina* L.). Esta especie, que se considera una plaga importante en frutales y olivar, es el objeto de nuestro estudio en su aspecto biológico, para poder definir una estrategia de lucha integrada contra esta plaga.

La pauta de distribución de los organismos es una característica propia y constante de cada especie. Su conocimiento tiene considerable significado ecológico, pues ofrece información sobre el comportamiento de la especie y sobre el efecto de los factores ambientales en sus poblaciones (Nestel *et al.*, 1995; Tsai *et al.*, 2000, Pereira,

2004), aportando parámetros esenciales para la cuantificación precisa de la influencia de los factores ambientales en la dinámica poblacional.

Además, conocer la pauta de distribución de las poblaciones de fitófagos dentro de un cultivo es un aspecto fundamental para el desarrollo de métodos de muestreo, principalmente para la determinación del tamaño de la muestra y para el desarrollo de programas de muestreo secuencial (Moreno, 1977; Torres, 1991; Binns *et al.*, 2000; Ndemah *et al.*, 2001; Sánchez *et al.*, 2002; Arnaldo, 2003; Silva *et al.*, 2003; Carvalho *et al.*, 2004, Garcí Marí, 2004), que permiten fundamentar la decisión de aplicar los métodos de protección contra las plagas (Hsu *et al.*, 2001).

En el caso del taladro amarillo, *Z. pyrina*, se conoce solamente un trabajo de Pasqualini *et al.* (1994) que describe la pauta de distribución espacial del insecto, en el manzano. Sin embargo, en lo que se refiere a las condiciones ecológicas del Alentejo, región que tiene enormes potencialidades para el cultivo del nogal y donde existen actualmente los mayores y más cuidados nogales en regadío de Portugal, el conocimiento acerca de este enemigo del cultivo es muy escaso.

En este trabajo se estudia el ciclo biológico de *Z. pyrina* en nogal en Baixo Alentejo, en lo relativo a:

1. - Curvas de vuelo durante los años 2002 hasta 2005 en dos zonas del Baixo Alentejo.
2. - Distribución de las poblaciones larvarias de *Z. pyrina*, a través del cálculo de diferentes índices de dispersión, del ajuste de los datos observados al modelo de una binomial negativa y de Poisson y de la relación de Taylor.
3. - Estimación de la dimensión de la muestra para diferentes niveles de precisión fijados.
4. - Limitación natural de las poblaciones fitófagas en nogal.
5. - Lucha biotécnica a través del método de confusión sexual y captura masiva.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA GENERAL**

---

### 2.1 – EL NOGAL

#### 2.1.1– Origen y difusión

Según Ryugo (1988) existen numerosas especies de nogal, que se encuentran principalmente en Asia Meridional, desde China hasta Irán, y también en América del Norte y del Sur. La especie más cultivada es el nogal común o de Persia.

El origen del nogal común (*Juglans regia* L.) es incierto, y se barajan diferentes hipótesis. La más probable apunta a que su origen está en Asia Central, en las circunscripciones próximas del actual Irán. A partir de ahí se difunde hacia Europa. En esta dispersión desempeñó un papel importante la civilización griega, pudiendo llegar a Grecia de la mano de Alejandro el Grande, 300 años a. C. (AEDE, 1998). Posteriormente pasaría al resto de Europa y finalmente a América (Feio, 1991).

Otra hipótesis apunta a la presencia del nogal común en Europa antes de estas civilizaciones, como lo demuestra la presencia de polen con una antigüedad de 5.000 años, pertenecientes a árboles que sobrevivieron a la última glaciación (Leslie y McGranahan, 1998).

En Europa se realizaba la multiplicación por semilla, lo que evidentemente proporcionaba poblaciones muy heterogéneas. Por ello el verdadero desarrollo del cultivo se logró en el momento que se consiguió propagar la especie vegetativamente por medio del injerto (Ducros, 1996).

### 2.1.2 – Importancia económica

El nogal es un árbol de gran importancia económica, tanto debido a su producción de frutos como a la de madera, siendo uno de los frutales más rentables actualmente.

La nuez es producida en todos los continentes, pero su cultivo se centra principalmente en el hemisferio Norte, evocando de esta forma su origen (Pou, 2001).

Según Lorente (1990), es difícil estimar la producción mundial de nuez, ya que las estadísticas de algunos países no son muy precisas. Sin embargo, Pou (2001) señala que la producción mundial en la actualidad puede llegar a 1 200 000 toneladas, de las cuales casi la mitad proceden de los Estados Unidos y de China. En la tabla 2.1 podemos observar la evolución de la producción de los principales países productores de nuez en el período de 1992 hasta el 2005. Se observa cierta estabilización de la producción, a excepción del caso de China, donde ha habido un crecimiento espectacular. En lo que respecta a Italia, en fechas recientes ha habido una cierta disminución en el cultivo que parece haberse recuperado.

Tabla 2.1 – Producción mundial de nuez

País	Producción (toneladas - cáscara)						
	Período						
	92/93	94/95	97/98	98/99	00/01	02/03	04/05
China	163 862	209997	249 000	274 246	252 347	393 529	420 000
Estados Unidos	187912	210 470	244 030	256 730	276 690	295 740	308 440
Turquía	66 000	66 000	66 000	120 000	116 000	130 000	133 000
India	23 500	28 000	24 000	28 000	29 000	31 000	31 500
Francia	24 000	29000	23 500	29 045	27 815	23 352	30 000
Italia	22 000	9000	21 000	18 000	8 000	15 000	16 000
Chile	9500	10500	9955	10 800	12 500	13 500	15 000

Fuente: The Craker, 1996, 1999 e 2000 *cit.in* Pou (2001) y FAOSTAT (2006)

A pesar de haber sido superado por China, el mercado internacional sigue estando dominado por los Estados Unidos. Los principales productores mundiales son también los exportadores más importantes, aunque no ocupan el mismo lugar, bien sea por su agresividad y competitividad comercial, bien por la alta demanda interna que el producto tiene en cada zona. En la tabla 2.2 se refleja la posición de los principales exportadores mundiales.

Tabla 2.2 - Principales países exportadores de nuez (toneladas/cáscara)

País	1996/97	1997/98	1998/99	Media
EE.UU.	113.683	103.827	105.000	107.503
China	50.000	45.663	35.000	43.554
Francia	14.200	15.500	16.000	15.233
India	13.780	15.000	16.000	14.927
Chile	10.867	11.150	11.150	11.056
Italia	1.000	1.200	1.000	1.067
Turquía	952	700	500	724

Fuente: The Cracker, 1999.

De acuerdo con Pou (2001), en la Unión Europea de los quince, se producen unos 100.000 t/ año. Las producciones medias de la Unión, tomando referencias de 10 años (1985 - 1994) o (1995 - 2005), quedan reflejadas en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 – Producción europea de nuez

País	Producción estimada (t)	
Francia	24000	28333
Grecia	20000	21706
Alemania	15000	16728
Italia	14000	14714
Austria	13000	16764
España	9000	14865
Portugal	5000	4468
Resto	6000	6000
Total	106000	123578

Fuente: EUROSTAT cit. in Pou (2001) y FAOSTAT (2006)

#### Francia

Francia está a la cabeza de la nucicultura europea por distintos motivos, principalmente por su mayor producción y participación en los mercados

internacionales, pero también por su calidad y su empeño y afán investigador, lo que hacen de Francia un obligado referente (Pou, 2001).

La producción media de Francia es de 24.000 toneladas, si bien algún año pueden alcanzarse las 30.000 toneladas. El rendimiento medio de las explotaciones de Francia se estima que es de unos 1.700 kg/ha, ya que hay unas 14.000 hectáreas en cultivo.

Aunque la utilización del nogal en Francia es antigua, se puede decir que el cultivo intensivo aparece hace unos 150 años, debido a la generalización de la práctica del injerto a partir del primer cuarto del siglo XIX. Otros hechos que favorecieron el desarrollo del nogal fueron la enfermedad del gusano de seda (1808-1880) y la invasión de la filoxera en los viñedos (1870-1885), que obligaron a muchos agricultores a reconvertir sus producciones (Charlot *et al.*, 1996).

### Italia

La producción italiana se ha reducido progresivamente en los últimos años, llegando en la actualidad como máximo a 14.000 toneladas, cuando no hace más de 15 años duplicaba este registro (Pou, 2001).

Aunque hay presencia de nogal en casi todas las regiones, el 78% de la producción nacional procede de la región de Campania, seguida de las de Lazio, Sicilia, Marche y Abruzzi (Grassi, 1996).

Una de las causas del descenso de la productividad italiana hay que buscarla en que su nucicultura está poco especializada. La producción es muy heterogénea, debido a que gran parte de ella proviene de árboles no injertados, cultivados de forma aislada o asociada con otras especies. La conservación del fruto es completamente natural sin que intervengan forzados especiales de secado (Pou, 2001).

### Alemania

La mayoría de la producción alemana se obtiene de explotaciones familiares no especializadas a las que se dedica escasa atención y cuidado. Las fluctuaciones en la

producción pueden ser muy grandes en función de las condiciones climáticas de cada año. No obstante se producen unas 15.000 toneladas anuales. Una importante zona de producción proviene de la antigua República Democrática Alemana en la región de los Lander (Pou, 2001).

#### Austria

De la nucicultura austríaca puede decirse prácticamente lo mismo que de la alemana. Está basada en explotaciones familiares muy diseminadas y muy poco especializadas. Su producción de 13.000 toneladas es absorbida por un mercado interior con la tasa de consumo más alta de Europa (Pou, 2001).

#### Grecia

La producción griega, de unas 18.000 a 20.000 toneladas, proviene fundamentalmente de árboles aislados o de huertos asociados o mal estructurados, con especies procedentes de semilla. Solamente la sexta parte de la producción se procede de plantaciones regulares bien estructuradas, con variedades tipificadas como Franquette o las del grupo de California. En cualquier caso, las operaciones de recolección, selección y secado no están en absoluto mecanizadas (Pou, 2001).

La mayor parte de la producción proviene del Peloponeso (33%), seguido de Macedonia (19%), Grecia Central (17%), Epire (11%), Creta (10%) y Tesalia (10%) (Rouskas, 1996).

#### Portugal

En Portugal apenas se producen 5.000 toneladas / año. Aproximadamente la mitad de su producción proviene de plantaciones tradicionales de semilla, que no se podan ni se tratan fitosanitariamente. La recolección es manual y el secado del fruto al sol (Pou, 2001).

Sin embargo, hay un buen número de explotaciones modernas en el Norte (con Franquette y Lara) y en el Centro (con Hartley y Rego, variedad autóctona) de unas dimensiones entre 2 y 5 hectáreas, en las que se aplican la mayoría de las labores de cultivo. La recolección sigue siendo manual, aunque en cierta medida se realiza el

secado artificial. Por último, en la región del Alentejo hay actualmente explotaciones importantes (20-40 hectáreas) que utilizan modernas técnicas de cultivo, tal como la recolección mecanizada e instalaciones de secado. En estos casos las variedades principales son Serr y Hartley.

#### España

La producción española, de unas 8.500 toneladas, se reparte entre las distintas comunidades autónomas en la forma indicada en la tabla 2.4. Estas producciones están estabilizadas en los últimos 25 años. Anteriormente la cosecha nacional era muy superior y obtenida de árboles aislados. El arranque masivo de nogales en aras del aprovechamiento de su madera, dio al traste con la producción de antaño (Pou, 2001, Aletà y Ninot, 2001).

Tabla 2.4 - Producción española de nuez (toneladas)

Comunidad autónoma	1992	1995	Media
Galicia	2.766	3.213	2.990
Extremadura	1.142	1.076	1.109
País Vasco	669	803	736
Comunidad Valenciana	711	635	673
Castilla y León	904	325	615
Castilla la Mancha	647	440	544
Andalucía	623	360	492
Cataluña	448	532	490
Resto	1.136	726	929
<b>Total</b>	<b>9.046</b>	<b>8.110</b>	<b>8.578</b>

Fuente: MAPA (1997).

La producción anual española difícilmente sobrepasa las 9.000 toneladas. La región que hace una mayor aportación es Galicia (Tabla 2.4), donde se sigue una explotación muy primitiva, pues se trata más de una especie silvestre que de un árbol cultivado. La mayoría de lo recolectado proviene de cerca de 160.000 árboles diseminados, pues en la región apenas se sobrepasan las 40 hectáreas productivas de cultivo regular. Algo parecido cabe decir de otras comunidades, pues se estima que en España hay medio millón de nogales diseminados que proporcionan unas cosechas muy irregulares, destinadas generalmente a autoconsumo.

Las comunidades con mayor número de explotaciones en cultivo regular son Andalucía, Comunidad Valenciana y Extremadura (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 - Comunidades españolas con mayor cultivo regular de nogal

Comunidad	Superficie en cultivo regular (ha)			Árboles diseminados
	Secano	Regadío	Total	
Andalucía	355	225	580	27.561
Com. Valenciana	429	131	560	17.680
Extremadura	0	465	465	2.017
Cataluña	87	181	268	10.458
Aragón	258	8	266	9.926
Castilla la Mancha	141	106	247	36.281

Fuente: MAPA (1997)

Aunque las estadísticas oficiales dan cifras mayores (2.874 hectáreas), en España no debe haber más de 1.800 hectáreas de cultivo regular de las cuales unas 1.000 están acogidas a Planes de Mejora (Pou, 2001).

La región con las explotaciones más modernas es Extremadura donde se practica un cultivo muy tecnificado y desarrollado al estilo de California. Tienen unas dimensiones adecuadas para una explotación rentable y moderna.

Salvo estas excepciones, la mayoría de las explotaciones en cultivo regular tienen un tamaño medio inferior a 5 hectáreas, ya que el 36% de ellas está entre 1 y 5 hectáreas y el 43% tiene menos de 1 hectárea (Aletá y Ninot 1992).

El cultivo intensivo del nogal es prácticamente nuevo en España. Las primeras plantaciones de estas características se realizaron en 1975 con árboles de variedades francesas que, por cierto, no se plantaron con los polinizadores adecuados. Tres años más tarde, se realizaron las primeras plantaciones con variedades de California tal como Serr y Hartley. Las variedades Vina y Chandler se introducen entre 1985 y 1992 (Ninot y Aletá, 1996). En la actualidad la variedad Serr se está dejando de plantar y además de las variedades Chandler y Vina, de gran aceptación, también se planta Chico.

### 2.1.3 - Caracterización botánica

Los nogales están englobados dentro del Orden Juglandales, en la familia Juglandaceae, donde se encuentran los siguientes géneros afines: *Juglans* (Nogales), *Carya* (Pecaneros) y *Pterocarya* (Terocarias).

*Carya* y *Pterocarya* son dos géneros muy cercanos a *Juglans* con los que se atribuye cierto grado de compatibilidad. Ambos tienen utilidades forestales, pero además *Carya* se cultiva ampliamente en América del Norte y otros países para el aprovechamiento de sus frutos. En Estados Unidos compiten por el consumo, de forma ventajosa, con las nueces. Entre todas las especies destaca *C. olivaeformis* o pecanero, llamado así al ser "pécan" la designación de la nuez por los indios americanos (Ducros, 1996). El género *Pterocarya* presenta portes majestuosos, lo que favorece su principal uso como planta ornamental (Pou, 2001).

Dentro del género *Juglans*, existen al menos 21 especies procedentes de América, Asia y Europa, las cuales se pueden englobar en tres grupos con cuatro secciones, y tienen los siguientes orígenes (Manning, 1978):

- Nogales comunes o blancos (sección Dioscaryon): representado por *Juglans regia* L., que incluye los nogales del sudeste de Europa y los denominados nogales persas (Entre Irán e Himalaya y China). Son los nogales normalmente cultivados.

- Nogales negros (sección Rhyzocaryon): incluye *Juglans rupestris* E. (Norte de México), *J. californica* W. (S. de California), *J. major* H. (Arizona y NO de México), *J. hindsii* (N. de California), *J. nigra* (Este de los Estados Unidos), etc.

- Nogales grises: debemos distinguir la sección Trachycaryon que está representada por una única especie, *Juglans cinerea* L. (Este de Norte América). El resto de los nogales grises constituyen la sección Cardyocaryon, formada por los nogales grises asiáticos, *J. cathayensis* D. (China), *J. mandshurica* M. (Manchuria y N. de China), *J. sieboldiana* M. = *J. ailantifolia* C. (Japón), *J. sieboldiana* var *cordiformis* M. (Japón), etc.

Todos los nogales tienen 32 cromosomas diploides y la mayoría son capaces de hibridarse entre sí (Leslie y McGranahan, 1998).

Todas las especies del genero *Juglans* tienen frutos comestibles. Sin embargo *J. regia* es la especie más difundida y conocida por sus frutos, y la que tiene mayor extensión de cultivo, pues también están sometidas a él, *J. cinerea* y *J. sieboldiana* (Pou, 2001).

*J. regia* tiene hojas generalmente constituidas por 7-9 foliolos, no dentados o poco dentados, y glabras. Nuez con cáscara, tabique primario y tabiques secundarios delgados, no lacunosos. Ruezno que se abre en la madurez (Manning, 1978).

El nogal negro (*J. nigra*) tiene en la madera su valor principal. Aunque produce nueces de muy buen sabor, presenta el problema de tener un rendimiento al descascarado muy bajo (20%), ya que la cáscara es muy gruesa. En general todos los nogales son muy apreciados por su madera (Pou, 2001).

Las mayores áreas de producción de nogal se encuentran entre los paralelos 35 y 45 Norte, aunque también se pueden encontrar entre 10 y 60 Norte e incluso en el hemisferio Sur, entre el 40 y el 20.

#### 2.1.4 – Aprovechamiento

El consumo actual de nuez en la Unión Europea es de unas 180.000 toneladas en cáscara, de las cuales 130.000 son de consumo directo y 50.000 toneladas se consumen después de quitar la cáscara, es decir, en grano (Hutin 1996). En Europa, generalmente se consume la nuez entera, en sus dos variantes seca y fresca.

La nuez seca es aquella que ha sido sometida a un proceso de secado, de forma natural o artificial. Para ello, las nueces deben perder, como mínimo, el 5% de su peso inicial (generalmente las pérdidas son muy superiores) por exposición mínima de 15 días al aire, para rebajar su humedad al menos a un 12%. Para su comercialización debe estar completamente desprovista de su pericarpio y mantener la cáscara intacta. Comienzan a comercializarse a mediados de Octubre y, en condiciones normales, mantienen sus características sin pérdidas sensibles de sabor durante un año. No

obstante, este tipo de nuez se consume de forma ocasional, preferentemente en fiestas de fin de año.

Las nueces frescas son frutos maduros que no han sido sometidos a procesos de deshidratación, es decir, recién recolectados. La recolección tiene lugar justo en el momento que la nuez ha adquirido la madurez, lo que se puede distinguir por el cambio de color blanco a marrón del tabique interno. Por su alto contenido en humedad es un producto perecedero y su consumo debe ser inmediato, no pudiendo prolongarse más de 2-3 semanas desde su recolección. Aunque el pericarpio se habrá separado naturalmente del fruto, a veces se recolectan las nueces sin que se haya producido la apertura de su capa exterior. En ese caso se debe proceder a su extracción mediante despellejado (Pou, 2001).

El producto se comercializa en cáscara y el productor debe proceder al pelado para su consumo. La piel se debe extraer con facilidad en el momento de la recolección. Este tipo de consumo genuinamente europeo está especialmente desarrollado en Francia, aunque también hay un mercado incipiente en Bélgica, Alemania e Italia. Los consumidores de este tipo de producto destacan su frescor, blancura y su sabor inigualable (Charlot *et al*, 1996). Esta forma de consumo tiene una localización temporal marcada, durando escasamente un mes, en el periodo comprendido entre mitad de Septiembre y mediados de Octubre.

La nuez en grano o sin cáscara se utiliza preferentemente en pastelería y elaboración de helados, chocolates y ensaladas. La categoría se establece según su tamaño o grado de división. Este consumo es menos importante que el de nuez seca, aunque tiene cierta importancia en Francia, Austria y Alemania, siendo casi exclusivo en Gran Bretaña. El consumo en grano se efectúa durante todo el año.

En California, se recomienda el siguiente uso doméstico, según el tamaño de las piezas (Tabla 2.6):

Tabla.2.6. – Uso doméstico de la nuez

Tamaño de los trozos	Uso
> 0,95 cm (nuggets)	Pastelería y panadería (Enteros o troceados)
0,3 - 0,95 cm	Mezcla en salsas, masas y rebozados
< 0,3 cm (harina o polvo)	Espolvoreo pasteles, mezcla en masas y agente espesante

Fuente: Walnut Marketing Board (1999)

### Otras formas de consumo

La nuez o alguna parte del nogal pueden ser consumidas de forma indirecta en productos manufacturados, destacando entre ellos el aceite de nuez, de notables características dietéticas debido a la calidad de sus ácidos grasos, bebidas como el "nocino" italiano y las numerosas especialidades francesas, harinas, etc. Igualmente forma parte de numerosas recetas de pastelería y puede ser un componente distintivo en algunos alimentos o condimentos, como vinagres, mostazas, cremas, quesos, chocolates, confituras y otros manufacturados (Giandeija aux noix, Trufette aux noix, etc.) (Pou, 2001).

Las bebidas manufacturadas a base de nuez tienen distintas acepciones según su procedencia (hojas, flores, nueces verdes, cortezas, etc.) o forma de elaboración. Podemos distinguir las siguientes especialidades en Francia (Ducros, 1996):

- . Vinos: se pueden elaborar con nueces o con amentos. Son tradicionales en el Dauphiné, como los de Cahors.

- . Aguardientes: elaborados con nueces verdes maceradas en una base alcohólica de alta graduación que generalmente es el orujo de vino. El "*Suprême Denoix*" se macera en Armagnac.

- . Cremas: de un sabor más intenso a nuez tal como "*La vieux noix*".

- . Aperitivos: la base son las hojas de nogal recolectadas en el mes de Junio, maceradas con orujo y mezcladas con vino tinto azucarado. Son famosos y típicos en el Périgord y departamentos limítrofes el "Quercynois, Quinquinois, Sarlanoix...".

. Licores: muy extendidos en toda Francia. Se elaboran dejando remojar las nueces en té, para añadir seguidamente diferentes frutas como higos, ciruelas, albaricoques y dátiles que se dejan macerar durante largo tiempo.

Especial interés tiene el aceite de nuez, de tal forma que hay quien distingue tres estilos de vida en Francia según su consumo de grasas: el de la mantequilla, el del aceite de nuez y el del aceite de oliva, consumidos respectivamente en el Norte, Centro y Sur de Francia (Pou, 2001).

### **Utilidades no alimenticias**

Pero no sólo podemos utilizar el nogal con fines alimenticios; su aprovechamiento es completo y variado, ya que cada una de las partes de la planta tiene su uso (Pou, 2001):

- El pericarpio o ruezno tiene propiedades medicinales y cosméticas, debido a su contenido en taninos, juglansina y ácidos cítrico y málico. Además se utiliza en la elaboración de algunas bebidas como el "*Brou de Noix*", elaborado en Francia y la "*Ratafia*" elaborada en la comarca pirenaica de la Noguera - Pallaresa (Lérida).

- El endocarpio o cáscara se puede utilizar como combustible y también como material abrasivo. Se cuenta la anécdota de que la NASA utilizó en sus cohetes cáscaras de nuez como escudo térmico para proteger las partes más expuestas a las altas temperaturas. Muchos miniaturistas utilizan también la cáscara para protección de sus obras.

- Las hojas tienen propiedades medicinales. Así, por ejemplo, en infusión hacen disminuir los niveles de azúcar en sangre y orina a quienes lo toman (Font Quer, 1982), por lo que es muy apropiado para los diabéticos.

- La raíz proporciona una materia prima excelente en ebanistería por sus bellos colores. Los nudos endurecidos están muy cotizados si tienen la calidad suficiente, lo que cada vez es más difícil de conseguir. Los franceses, en atención al valor de la raíz, mantienen que el nogal no se corta, se arranca.

- El tronco también se utiliza por su madera noble para la fabricación de muebles. La cotización de esta madera es mucho más alta si tiene los tonos oscuros que proporciona la edad, y que sólo se ganan después de pasados 70-80 años (Lorente, 1990). Para conseguir fustes recios y altos, tal como demanda el mercado,

se precisa una formación especial del árbol, con altura de la cruz superior a la requerida para el cultivo frutal. Con los nuevos híbridos interespecíficos y unas técnicas de cultivo más intensivas, se puede obtener madera a los 25-30 años, aunque no tan vetuada como la anterior.

Los ebanistas aprecian en su madera la finura del grano y la riqueza de colores para realizar muebles suntuosos. Ya que los nogales sobresalientes son escasos, actualmente se busca el color rubio con venas rectas y fibras onduladas (Ducros, 1996). Muebles de nogal con gran prestigio son los de la dinastía Hache.

Por su porte majestuoso, especialmente por su copa, el nogal también se utiliza en jardinería, particularmente las variedades ornamentales, *J. regia monophylla*, *J. regia laciniata*, *J. regia heterophylla* y *J. regia pendula* (García, 1989). Hay nogales sobresalientes en los jardines de Trocadero, frente a la Torre Eiffel (*J. regia*) y en el parque de la Mairie, en Grenoble (*J. nigra*).

El aceite de nuez también tiene usos no alimenticios como secante, utilizado en la fabricación de pinturas, jabones y barnices (Pou, 2001).

#### 2.1.5- Enfermedades y plagas

Las principales enfermedades del nogal son: la bacteriosis (*Xanthomonas campestris* p.v. *juglandis*) y antracnosis (*Gnomonia leptostyla*). Otras enfermedades pueden ocasionar daños puntuales graves, como por ejemplo *Phytophthora cinnamomi* y *Armillaria mellea* (Germain *et al.*, 1999, Flint, 1993).

En lo que respecta a plagas, la carpocapsa o gusano de la nuez (*Cydia pomonella*) es el más dañino, si bien otras especies pueden ocasionar daños graves, como por ejemplo: el taladro amarillo (*Zeuzera pyrina*), pulgones (*Callaphis juglandis* y *Chromaphis juglandicola*), ácaros (*Eriophyes erineus*, *E. tristatus*, *Tetranychus cinnabarius* y *T. ludeni*) y la cochinilla (*Eulecanium corni*) (Germain *et al.*, 1999, Lorente, 1990, Carmona y Dias, 1996).

Las principales enfermedades y plagas del nogal se reflejan en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 – Enfermedades y plagas principales del nogal

ENFERMEDADES Y PLAGAS	Nombre científico
Enfermedades	
Bacterias	<i>Xanthomonas campestris</i> pv <i>juglandis</i> <i>Erwinia rubrifaciens</i> <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Hongos	<i>Marssoniella juglandis</i> <i>Phytophthora</i> spp <i>Armillaria mellea</i>
Virus	<i>Cherry Leaf Roll Virus</i> o CLRV
Plagas	
Lepidoptera	<i>Cydia pomonella</i> <i>Zeuzera pyrina</i>
Homoptera	<i>Callaphis juglandis</i> <i>Chromaphis juglandicola</i> <i>Eulecanium corni</i>
Acari	<i>Eriophyes erineus</i> <i>E. tristatus</i> <i>Tetranychus cinnabarius</i> <i>T. ludeni</i>

A continuación se describen algunas de ellas y en el capítulo 2.2 se hace una revisión específica de *Z. pyrina*, objeto de nuestro estudio.

### **Necrosis bacteriana o mal seco - *Xanthomonas campestris* pv *juglandis***

Es la enfermedad más importante del nogal en hojas y frutos. Está presente en todas las zonas de cultivo del nogal y si se desarrolla intensamente puede provocar pérdidas considerables en la cosecha. Debido al ciclo de desarrollo de la enfermedad, presentan una mayor sensibilidad las variedades de floración temprana (Flint, 1993, Pou, 2001).

La bacteria inverna en las partes infectadas: chancros de los ramos, yemas y amentos. En primavera se activa, penetrando en las partes en crecimiento por donde se va extendiendo. Se puede difundir tanto por el polen, como directamente por el viento. Las temperaturas para su desarrollo son variables, entre 16 y 29 °C (Ninot, 1999). Sin embargo, es preciso que haya altos grados de humedad, pues en ambientes secos no

se desarrolla. Estas condiciones se pueden producir en primaveras lluviosas, y las variedades más tempranas son más sensibles, al estar más desarrolladas en esta época.

Los daños se pueden extender a todos los órganos aéreos del árbol en crecimiento. Así, los amentos atacados van ennegreciendo y pueden quedar destruidos totalmente. Las flores femeninas se arrugan, se ennegrece el estigma y finalmente caen (Mircetich, 1993).

En las hojas infectadas, los primeros síntomas son pequeñas manchas translúcidas que luego se vuelven oscuras, síntoma de la muerte de los tejidos atacados.

A principios de primavera, los pequeños frutos en crecimiento pueden quedar infectados. En este caso desarrollan manchas que se van ennegreciendo y formando una depresión en el centro de la misma. Estos frutos infectados, generalmente caen.

Si la infección es más tardía, se producen igualmente manchas oscuras en el pericarpio que luego se ennegrecen y se hunden, pero sin provocar la caída del fruto. Si la lesión es temprana puede alcanzar el grano, lo que impide su comercialización. Si es más tardía, después del endurecimiento de la cáscara, la lesión puede afectar sólo al pericarpio y será difícil separarlo de la cáscara. Esta lesión se puede confundir con el estrés hídrico (el pericarpio pasa de amarillo a negro) y con las quemaduras provocadas por el sol (pericarpio marrón sólo en la zona expuesta al sol).

Los brotes pueden quedar infectados superficialmente o de forma más profunda, disminuyendo así la circulación de la savia y provocando la muerte del brote.

La lucha contra la bacteriosis es exclusivamente preventiva, ya que una vez infectada la planta no se puede hacer nada para controlar la bacteria. Los productos que se muestran más eficaces para proteger la planta son los cúpricos, especialmente el caldo bordelés y el hidróxido de cobre. Sin embargo, la repetición de tratamientos cúpricos está provocando la aparición de cepas bacterianas resistentes (Ninot, 1999).

Es muy importante la época de realización de tratamientos. El primero se hará entre los estados fenológicos Bf y Cf (desborre), repitiéndose en los estados Df<sub>2</sub> (primeras hojas) y Ff<sub>1</sub> (comienzo de la floración femenina) (Anejo 1). Los tratamientos se pueden repetir cada 15 días hasta que desaparezcan las condiciones de alta humedad ambiental (Charlot y Germain, 1988). Otros investigadores recomiendan realizar tres tratamientos en los estados Cf (desborre) Ff<sub>1</sub> (floración femenina) y Gf (cuajado), siendo tan eficaz como un tratamiento más prolongado de 7 aplicaciones (Ninot, 1999).

Junto con los tratamientos químicos se deben seguir escrupulosamente determinadas prácticas culturales: selección de plantas; en regadío se evitarán los sistemas de riego que mojen las hojas; es muy importante realizar una poda adecuada que favorezca el movimiento del aire, tanto en la copa como en las partes bajas de la misma; las plantaciones muy densas dificultan la aireación y pueden favorecer un ambiente húmedo y poco soleado; en la fertilización, se evitarán los excesos de nitrógeno que puede vigorizar la planta, facilitando así el ataque bacteriano.

#### **Chancro profundo de la corteza - *Erwinia rubrifaciens***

Es una enfermedad prácticamente desconocida y en todo caso secundaria, que sólo aparece cuando otras causas primarias debilitan el árbol: suelos asfixiantes, excesos o defectos de riego, otras enfermedades, etc. (Pou, 2001). La variedad que se puede ver más afectada es la Hartley (Charlot y Germain, 1988; Flint, 1993).

#### **Agallas del cuello - *Agrobacterium tumefaciens***

Es una enfermedad que suele tener más incidencia en las plantaciones jóvenes que en las adultas. Las agallas se producen generalmente en heridas realizadas en el cuello de la raíz, bien sea por aperos de labranza, bien por el arranque de chupones. Las agallas se desarrollan por la infección bacteriana, primero como pequeñas protuberancias y más tarde se extienden alrededor del cuello de la raíz, debilitando de esta forma al árbol (Moller, 1993, Pou, 2001).

Las medidas para controlar la enfermedad pasan por llevar una adecuada sanidad del arbolado, evitando toda práctica que cause heridas en la parte basal del tronco.

**Antracnosis** - *Gnomonia leptostyla* (Fr.) Ces. and de N. (*forma perfecta*) - Anamorfo: *Marssoniella juglandis*. Sinónimo: *Marssonina juglandis* - (*forma imperfecta*)

Es una enfermedad que se desarrolla en ambientes frescos y húmedos y que puede atacar a todas las partes verdes del nogal. El hongo inverna en las hojas muertas, en las que forma peritecas. Las ascosporas, liberadas en primavera, causan la infección primaria y las conidias (*forma imperfecta*) formadas sobre las lesiones extienden la enfermedad durante el verano, provocando la infección secundaria. Favorecen la infección temperaturas en torno a los 21 °C y una humedad relativa elevada, del 96 al 100% (Smith *et al.*, 1992, Germain *et al.*, 1999).

Las hojas son los órganos más frecuentemente atacados, lo cual disminuye la capacidad fotosintética de la planta. En las hojas infectadas se producen manchas, entre redondas y poligonales, de color pardo oscuro. Si los ataques son más fuertes se produce un amarilleamiento total de la hoja y su caída prematura en verano.

Los frutos también son atacados en caso de infección fuerte. Aparecen manchas redondas de color marrón oscuro, secas, que afectan al pericarpio y pueden secar el fruto, que en todo caso no madura en su totalidad (Pou, 2001).

Los tratamientos contra esta bacteriosis no son muy eficaces, ya que el cobre no controla esta enfermedad totalmente. Por ello, si las condiciones son muy favorables al desarrollo del hongo y hay fuertes ataques, se puede realizar el tratamiento con otros productos: los fungicidas sistémicos miclobutanil, triforina (Ninot, 1999) y benomilo. También tienen acción sobre el hongo el maneb, mancoceb, clortalonil, etc.

**Tinta o Podredumbre del cuello y raíz** - *Phytophthora* spp.

Son varias las especies de *Phytophthora* que pueden atacar al nogal. Unas afectan a las raíces, otras al cuello y otras a ambas partes (Flint, 1993).

El hongo puede sobrevivir en el suelo durante muchos años, pero sólo se difunde e infecta al arbolado cuando el ambiente es húmedo y cálido. Las condiciones asfixiantes que pueden provocar los sistemas de riego por inundación favorecen el desarrollo de la enfermedad (Mircetich *et al.*, 1998 a).

La infección generalmente produce un chancro en la zona atacada y un debilitamiento general del árbol que se manifiesta en la parte aérea por un escaso sistema foliar, amarilleamiento y caída de hojas. En el cuello se produce una exudación de savia oxidada, de color negro verdoso y olor característico, que da origen al nombre de la enfermedad (Pou, 2001).

Para prevenir su aparición se deben evitar suelos muy pesados, mal drenados y sistemas de riego basados en un encharcamiento parcial del suelo.

#### **Armillaria** - *Armillaria mellea* (Vahl: Fr) Kumer

La armillaria es un hongo polífago que se desarrolla en el suelo y es capaz de establecerse sobre multitud de huéspedes, entre ellos el nogal.

El hongo permanece en el suelo como masa miceliar en la madera muerta enterrada, procedente de restos de poda y raíces muertas. El hongo puede sobrevivir durante muchos años y aunque se puede encontrar en cualquier tipo de suelo, parecen más favorables los de pH alcalino. Para entrar en contacto con raíces vivas, emite rizomorfos. Otras veces el contacto entre madera muerta y activa es directo. Una vez que el hongo alcanza la raíz, se extiende primero superficialmente y luego penetrando en el tejido vivo (Mircetich *et al.*, 1998 a, Pou, 2001).

La invasión del hongo se puede manifestar en la parte aérea del árbol con un crecimiento débil, hojas pequeñas, amarilleamiento y posterior caída de las mismas.

Si el hongo invade las raíces de una plantación, poco se puede hacer por erradicar la enfermedad. Se debe actuar de forma preventiva, evitando plantar en zonas infectadas en las que se hayan arrancado árboles recientemente y queden restos en el suelo (Flint, 1993, Pou, 2001).

### **Línea negra del nogal - *Cherry Leaf Roll Virus* o *CLRV***

La línea negra es una enfermedad causada por el virus CLRV (Cherry leaf roll virus o virus del enrollado de las hojas del cerezo) que sólo se manifiesta en nogal común injertado sobre otra especie de *Juglans* que no sea *J. regia*. En principio se pensaba que era un problema de incompatibilidad entre patrón e injerto; actualmente está claro que la enfermedad está provocada por un virus (Mircetich *et al.*, 1998 b).

La enfermedad es una limitación importante al uso de otros patrones distintos a *J. regia* y un serio problema en las áreas de cultivo donde esto ocurre como pueden ser California y Francia (Pou, 2001).

### **Nematodos**

Los nematodos pueden causar lesiones en las raíces del nogal y si la población es muy alta, incluso la muerte del árbol, particularmente en nuevas plantaciones. Si la población es abundante pueden causar serias lesiones a las raíces, e incluso afectar a las raíces alimenticias, lo que en consecuencia limitará la capacidad de absorción de nutrientes y de agua. Son varias las especies de nematodos que pueden atacar al nogal. Las más comunes son el *Pratylenchus vulnus*, *Macroposthonia xenoplax* y *Meloidogyne* sp (Westerdahl y Mckenry, 1998).

### **Carpocapsa o agusanado - *Laspeyresia pomonella* L.**

La carpocapsa es la plaga más importante en todas las áreas de cultivo del nogal (con excepción de la República Popular China), donde puede causar grandes estragos si no se establece un control adecuado de la misma (Pou, 2001).

La sensibilidad a la plaga es mayor en las variedades más tempranas, que permiten el desarrollo de los primeros estados larvarios en los frutos en formación (Flint, 1993).

La carpocapsa inverna en estado de larva madura dentro de un fino capullo sedoso, en las rugosidades del árbol o en los restos de poda y hojarasca que quedan en la base del tronco. Las mariposas aparecen en la primavera coincidiendo con la brotación de las variedades más tempranas (Marzo, Abril), e incluso más tarde.

La actividad de las hembras es crepuscular. Por el día descansan en la madera del árbol, siendo muy difíciles de detectar, pues su color gris jaspeado se confunde con el color de tronco y ramas. Tienen actividad por encima de los 13 °C (Charlot y Germain, 1988). Después del acoplamiento, las hembras realizan la puesta de unos 60 huevos (Flint, 1993) en los frutos o en las hojas cercanas a ellos.

La eclosión de los huevos se produce en 18 días a 15 °C y en 6 días a 25 °C (Ninot, 1999). Las pequeñas larvas se desplazan durante 3 a 4 días en estado errante (Charlot y Germain, 1988) hasta llegar a los frutos, donde penetran, generalmente por el punto de unión de dos nueces, que todavía se encuentran en fase de crecimiento. La larva completa su desarrollo durante unas 4 semanas en el interior de la nuez. El fruto en estas condiciones, generalmente caerá del árbol.

Las larvas salen del fruto para formar un capullo donde detendrán su actividad hasta la primavera siguiente o bien se transformarán en crisálida para dar lugar a una segunda generación de adultos. Si las temperaturas son muy favorables, incluso se puede desarrollar una tercera generación (Flint, 1993). La segunda generación tiene un desarrollo más rápido que la invernante debido a las mejores condiciones ambientales. Esta generación se desarrolla con el fruto formado.

Los daños producidos son diferentes según la generación. La primera provoca la caída de los frutos que son atacados durante su desarrollo, mientras que la segunda ataca a frutos formados, que se mantienen en el árbol. Los frutos dañados se distinguen por la presencia de excrementos en el punto de entrada. El interior del fruto queda destruido y por tanto pierde su valor comercial (Pou, 2001).

Para que el tratamiento sea efectivo se deben destruir las larvas en sus primeras fases, antes de que comiencen a ser evidentes los daños. Para conocer el momento óptimo de tratamiento se puede recurrir a trampas con feromona sexual. De otra forma tendríamos que hacer una serie de tratamientos repetitivos, lo que acarrearía problemas como el incremento de los costes de esta operación, repercusiones

ambientales y proliferación de otras plagas por alterar el equilibrio natural con sus enemigos naturales (Van Steenwyk y Barnett, 1998, Pou, 2001).

Una vez alcanzado el umbral de tolerancia se deben iniciar los tratamientos. Podemos hacerlos con dos tipos de productos: ovicidas, como por ejemplo, diflubenzuron, metil azinfos, metil paratión, fenoxycarb y teflubenzuron, o larvicidas, como fluvalerato y fosalone (Pou, 2001).

El tratamiento de la carpocapsa puede influir en el desarrollo de otras plagas, ya que los insecticidas tradicionalmente utilizados para combatirla pueden destruir los enemigos naturales de áfidos, arañas y cochinillas (Van Steenwyk y Barnett, 1998).

Desde 1987 se viene ensayando en Francia el virus de la granulosis (Granulovirus) que provoca la muerte de las larvas de carpocapsa, sin actuación tóxica sobre la fauna útil y sin incidencia sobre vertebrados. Para mayor eficacia en su acción es preciso aplicarlo justo en el momento de la eclosión de los primeros huevos, cuando comienza la aparición de las pequeñas larvas. Por ello se debe combinar con el seguimiento de la población mediante trampas de feromona.

El producto se puede mezclar con sustancias que no alteren el pH (por ejemplo azufres) ya que se puede modificar su actividad y su eficacia. Puesto que el virus es sensible a la radiación ultravioleta, es preciso protegerlo del sol adecuadamente, con productos como el pinolene (coadyuvante). Además se aplica con azúcar, que actúa como estimulante alimenticio, incrementando el efecto de la preparación.

La duración máxima del virus una vez aplicado es de unas dos semanas, pero si hay una gran insolación puede reducirse a unos 10 días. Para mejorar la eficacia se puede repetir cada 10 o 12 días (Pou, 2001).

### **Otras plagas**

El nogal intensivo es un cultivo poco desarrollado en España, por lo que hasta la fecha no se conocen otras plagas de relevancia económica. En países con más

tradición, la plaga más importante es la carpocapsa (excepto en la República Popular China) pero también se han citado otros fitófagos como los que se enumeran a continuación (Pou, 2001, Flint, 1993):

- En Francia:

- Araña roja (*Panonychus ulmi*).
- Fitopta amarilla (*Vasates unguiculatus*).
- Erinosis (*Eriophies tristriata* y *E. tristriatus erineae*).
- Cochinilla del moral (*Pseudaulacapsis pentagona*).
- Cochinilla roja del peral (*Epidiaspis leperii*).
- Pulgón de los nervios (*Callaphis juglandis*).
- Pulgón amarillo (*Chromaphis juglandicola*).
- Polilla enrolladora (*Gracillaria roscipinella*).

- En California:

- Gusano de la naranja Navel (*Amyelois transitella*).
- Mosca del pericarpio (*Rhagoletis completa*).
- Pulgón de los nervios (*Callaphis juglandis*).
- Pulgón del nogal (*Quadraspidotus juglansregiae*).
- Piojo de San José (*Quadraspidotus perniciosus*).
- Piojo de la pera italiana (*Epidiaspis leperii*).
- Piojo frosted (Congelado) (*Lecanium pruinosum*).
- Araña del Pacífico (*Tetranychus pacificus*).
- Araña roja (*Panonychus ulmi*).
- Oruga de la joroba roja (*Shizura connicina*).
- Falsa chinche (*Nysius raphanus*).

### **Alteraciones no infecciosas**

En ocasiones el nogal puede presentar una sintomatología que denota problemas, sin que haya que buscar su origen en parásitos o patógenos. Estas alteraciones estarán causadas por desórdenes nutricionales, por problemas de suelo y por agentes climáticos.

Tanto las deficiencias como los excesos de minerales en el suelo pueden provocar alteraciones en la nutrición o en determinados procesos fisiológicos.

El nogal es muy poco tolerante a los excesos de cloro y boro (Flint., 1993). Se deben vigilar los valores críticos que pueden causar toxicidad en la planta.

Las deficiencias que pueden originar sintomatología en nogal son las de zinc, potasio, hierro y nitrógeno. Otros elementos como el magnesio y el cobre, raramente originarán deficiencias (Flint, 1993).

Muchos problemas del suelo pueden provocar desórdenes nutricionales. Factores como la caliza activa, textura, materia orgánica y pH, influyen de manera notoria en los procesos de absorción y nutrición.

La textura demasiado arcillosa o la presencia de capas duras en el perfil del suelo pueden provocar problemas de encharcamiento, que se traducirán en una falta de oxígeno que a su vez dará lugar al marchitamiento de las raíces absorbentes. La manifestación exterior del exceso de agua es similar a la que provoca una sequía prolongada.

Ya se conocen los problemas que puede provocar la falta de agua en el fruto, particularmente si se produce en los periodos críticos: reducción del tamaño; grano arrugado y oscuro; además, un déficit hídrico prolongado puede producir el amarillamiento del pericarpio, e incluso su ennegrecimiento y adherencia permanente a la cáscara (Pou, 2001).

Cuando los vientos son persistentes, secos y de gran intensidad, producidos en el periodo de crecimiento, pueden originar hojas pequeñas, con manchas oscuras entre las venas, pudiendo caer finalmente. En general, estos daños no afectan a la cosecha. La variedad más sensible es la Hartley (Flint., 1993).

La continua exposición de los frutos al sol estival puede provocar el amarillamiento del pericarpio, llegándose incluso a la formación de manchas de color marrón oscuro en la parte expuesta. La melaza segregada por los áfidos acelera este proceso, ya que destruye las células epidérmicas del ruzno, provocando su ennegrecimiento, lo que facilitará la absorción de calor y su transmisión al interior del fruto. Este hecho es particularmente importante en variedades tempranas como la Payne. Junto con el oscurecimiento exterior del fruto, generalmente se producen frutos arrugados y oscuros, lo que disminuye enormemente la calidad del producto. Estos daños se pueden evitar con un follaje abundante y sano que proteja los frutos de los rayos solares.

El P.F.A. (Pistillate Flower Abortion) o aborto de las flores pistiladas, es una alteración que se caracteriza por la caída de las flores femeninas en los primeros estadios de desarrollo, generalmente a las dos o tres semanas del comienzo de la floración. La alteración comienza a manifestarse cuando el pistilo tiene un diámetro aproximado de medio centímetro (Polito, 1998). En ese momento la flor deja de crecer para caer posteriormente. Esta alteración se detectó a mediados de la década de los años 70 en plantaciones con la variedad Serr, en las que caía un número excesivo de flores, alcanzando algún año hasta un 90% de pérdidas. Las últimas investigaciones, aún no concluidas, apuntan a que el exceso de polen en la planta origina la caída de las flores pistiladas. En consecuencia, se debe ajustar el número de polinizantes en la plantación. El exceso de polen provoca en algunas flores la existencia de numerosos tubos polínicos en competencia, de forma que ninguno de ellos alcanza el óvulo, provocando finalmente la caída de la flor. La variedad más afectada por esta alteración es la Serr, aunque no se descarta que la mayoría de las variedades puedan estar afectadas en mayor o menor medida. Las variedades Vina, Chino y Chandler también sufren los efectos del PFA.

### 2.1.6 - Fauna auxiliar

Para este apartado se ha utilizado básicamente las revisiones de Nicholls *et al.*, (1999), Richards y Davies (1984) y De Liñan (1998).

#### 2.1.6.1.- Insectos parasitoides

La mayoría de los parasitoides pertenecen al orden Hymenoptera y a unas pocas familias del orden Diptera, y se caracterizan por atacar principalmente a insectos de los órdenes Lepidoptera , Homoptera y Diptera. Los parasitoides son insectos muy numerosos y diversos, que presentan una metamorfosis completa, es decir, pasan por estados larvales y un estado pupal, y sus alas se desarrollan internamente. Los estados inmaduros son muy diferentes a los adultos en estructura, necesidades alimenticias y hábitat.

Los parasitoides pueden clasificarse basándose en su modo de ataque y tipo de hospedante. Muchas hembras “pican” y paralizan a sus hospedantes antes de depositar su huevecillo en el cuerpo del huésped. Los endoparasitoides depositan sus huevecillos dentro del cuerpo de su huésped, en el interior del cual completa su ciclo de desarrollo hasta el estado pupal; sin embargo, en algunos casos emergen de él, en estado de larva madura, para pupar en capullos de seda. Los ectoparasitoides depositan sus huevecillos sobre la superficie de los hospedantes, en donde se desarrollan sus estados inmaduros; estos insectos, antes de ovipositar y para impedir que el hospedante quite sus huevecillos, generalmente “paralizan” con veneno a sus hospedantes.

Tanto ectoparásitos como endoparásitos son llamados de hábitos “solitarios” si sólo un individuo se desarrolla por hospedante. Cuando hay varios individuos en un sólo hospedante son llamados “gregarios”. A veces ocurre lo que se denomina “parasitismo múltiple”, cuando más de una especie de parasitoide ataca al mismo hospedante.

Los parasitoides varían en el grado de especificidad de hospedante. Algunos atacan sólo a unas pocas especies relacionadas y son considerados como monófagos. Otros son capaces de desarrollarse en un amplio rango de hospedantes y son llamados polífagos; mientras que otros se especializan en atacar a otros parasitoides, lo cual se conoce como hiperparasitismo.

Todos los estados de desarrollo de los insectos plagas están sujetos al ataque por parasitoides. Algunos parasitoides atacan a los huevecillos, otros a las larvas, algunos a las pupas y solamente unos pocos parasitan adultos. Los individuos de una especie de insecto en particular, pueden ser atacados en diferentes estados de su desarrollo por diferentes especies de parasitoides. Algunas hembras de parasitoides adultos se alimentan de sus hospedantes sin matarlos, para obtener suficiente proteína para depositar sus huevecillos, mientras que otros parásitos adultos se alimentan de néctar y polen.

A continuación se presenta una descripción de órdenes y familias que incluyen especies importantes de parasitoides.

#### ORDEN HYMENOPTERA

Estos insectos varían de tamaño desde diminuto (menos de 1 mm) hasta muy grandes (entre 15 y 25 mm). Su aparato bucal es mandibulado, aunque en algunas especies como las abejas, tienen una estructura en forma de “lengua” que les sirve para tomar líquido.

El ovipositor de la hembra esta bien desarrollado y en ocasiones es más largo que el cuerpo. En algunas especies toma la forma de un “aguijón”, que sirve de defensa. La mayoría de las larvas de los himenópteros no tiene patas y se asemejan a la forma de un “gorgojo” o de larva de mosca, aunque otras son parecidas a las orugas de los lepidópteros. Las larvas pueden formarse dentro de un capullo, en el hospedante, fuera de él o en celdas especiales.

La clasificación de los himenópteros se basa en la forma del cuerpo y en la venación de las alas, lo que da origen a dos subórdenes, de los cuales el suborden Apocrita es el que agrupa a los parasitoides.

### Familia **Aphidiidae**

Son pequeñas avispijas de coloración generalmente negra: pardo oscuro más o menos manchados de amarillo, naranja, etc.

Son endoparásitos, fundamentalmente de formas ápteras de pulgones, y atacan a las colonias conforme éstas ya están establecidas. La larva pupa dentro del exoesqueleto del pulgón, el cual adquiere un aspecto “momificado”, casi esférico. El parásito adulto sale por la parte posterior del abdomen, en general dorsalmente, efectuando un orificio circular bien visible. Las momias son de color claro a negro según las distintas especies. Los géneros más comunes son: *Adialytus*, *Aphidius*, *Diaeretiella*, *Ephedrus*, *Lipolexis*, *Lysiphelebus*, *Monoctonus*, *Pavesia* y *Praon*.

### Familia **Braconidae**

Los braconidos son himenópteros de tamaño muy pequeño a mediano (2 a 15 mm). Generalmente son de colores opacos, marrón oscuro o negro, y tienen la apariencia de unas pequeñas avispijas, pero no “pican”. El abdomen de los braconidos es casi tan largo como la cabeza y el torác combinados.

Los braconidos constituyen uno de los más importantes grupos de insectos parasitoides y han sido usados con éxito en programas de control biológico. Los adultos normalmente se alimentan de néctar de flores y polen. Los huevos son colocados para su desarrollo larval tanto fuera como dentro del hospedante, lo cual depende del hábitat del hospedante y especie de braconido. Asimismo, una o más larvas pueden alimentarse sobre el hospedante. En ocasiones, la larva pupa en el interior del hospedante y es característico entonces que la cubierta de éste se

endurezca y adquiera una apariencia apergaminada. En otros casos la larva sale a pupar, tanto sobre el cuerpo del hospedante como fuera de él.

Los braconidos parasitan los estados inmaduros de mariposas, polillas, escarabajos, moscas y otros insectos. Cada especie de braconido parasita solamente una o dos especies de insectos. Van Achterberg (1976) hizo un resumen de la taxonomía de la familia; Shaw y Huddleston (1991) discutieron la clasificación y biología de la familia. El género *Microgaster* sp. es referido como parásito del taladro amarillo (Balachowsky, 1966). También los generos *Apanteles* sp. (Liotta y Giuffrida, 1965), *Helcon* sp., *Dolichogenidae* sp. (Avidov y Harpaz, 1969) y *Trioxus* sp. (Cecilio y Ilharco, 1997) son parasitoides que existen en nogal.

#### Familia **Ceraphronidae**

Los cerafrónidos son pequeños insectos que atacan a huéspedes de varias órdenes, pero son probablemente de modo más general parásitos secundarios de áfidos o cóccidos a través de diversos braconidos y calcídidos primarios. Poco se sabe sobre huéspedes y hábitats, pero algunas especies se desarrollan como endoparasitoides de cecidómidos (Diptera), Thysanoptera, Lepidoptera o como hiperparasitoides de pupas de braconidos.

#### Familia **Diapriidae**

Insectos de tamaño moderado, primariamente endoparásitos de varios dípteros, pero que también parasitan otras órdenes. Se conocen 4 subfamilias: Belytinae, Ismarinae, Ambositrinae y Diapriinae.

#### Familia **Ichneumonidae**

El tamaño de los icneumónidos varía de 3 a 40 mm. En general tienen la apariencia de unas avispas diminutas. En forma y hábitos son similares a los braconidos, pero más largos que ellos, incluso también difieren de ellos en que tienen el abdomen más largo que la cabeza y el tórax juntos. Son de colores variables, generalmente amarillo

y negro, aunque existen especies de coloraciones brillantes. Las antenas usualmente llegan a la mitad de la longitud del cuerpo. Asimismo, el ovipositor de la hembra es más largo que el cuerpo. En muchas especies hay una marcada diferencia entre la apariencia del macho y de la hembra, pudiendo ser diferente en color, tamaño y forma del cuerpo. *Erioborus terebrans* Grav. está citada como parásito del taladro amarillo (Pasqualini *et al.*, 1996), también *Ichneumon abeillei* Berl. y *Herogenes (=Diotes) gigantea* Sep. son referidos como parásitos del taladro amarillo (Balachowsky, 1966).

Los principales hospedantes de estos insectos son larvas de polillas, mariposas y escarabajos. Frecuentemente parasitan sólo una o dos especies de insectos. Los huevecillos son puestos dentro, sobre o cerca de su hospedante. En la mayoría de las especies, los estados inmaduros se desarrollan en el interior de sus hospedantes, aunque en algunas especies son ectoparásitos.

El hospedante frecuentemente muere cuando el estado inmaduro está listo para convertirse en adulto, entonces el insecto sale a pupar en un capullo sobre el follaje o en el suelo. Los icneumonidos han sido usados para el control biológico de varias plagas, incluyendo diversas especies de polillas.

### Familia **Mymaridae**

Las especies de esta familia son todas ellas excepcionalmente diminutas y exclusivamente parásitas de huevos. Son predominantemente negros o amarillentos, y sin colores metálicos. Los géneros han sido revisados por Annecke y Doutt (1961) y las especies europeas por Debauche (1948).

### Familia **Scelionidae**

Las especies son numerosas y ampliamente distribuidas, siendo todas parásitas de huevos, casi siempre de lepidópteros, hemípteros u ortópteros, ocasionalmente de arañas.

### 2.1.7.2.- Insectos depredadores

Un artrópodo (insecto, araña o ácaro) depredador es generalmente una larva o adulto de vida libre que mata a su presa inmediatamente, por un ataque directo, y requiere de un número de “presas” suficientes que le provean del alimento necesario.

Además de presas vivas, algunos depredadores pueden necesitar para desarrollarse y reproducirse de polen y néctar u otros alimentos alternativos. Para muchos adultos depredadores de los órdenes Neuroptera y Diptera, el néctar de las flores es una importante fuente de proteína e influye en su fecundidad y longevidad. Algunos insectos son depredadores sólo en el estado larval, mientras que el adulto utiliza otros alimentos. Otros son depredadores “obligados” tanto en estado adulto como larval. Comúnmente, los huevecillos de los depredadores son depositados por las hembras muy cerca de donde se localizan las plantas donde se encuentran los fitófagos.

Las principales especies de insectos depredadores se agrupan en los órdenes Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera y Neuroptera. Más de la mitad de todos los insectos depredadores son coleópteros y de éstos los Coccinellidae han sido los más estudiados para su uso en el control biológico de plagas. Las especies de esta Familia se alimentan de cochinillas, áfidos y “mosca blanca”. Algunas especies de estafilínidos depredan sobre hormigas y termitas. Algunos carábidos se alimentan sobre larvas de lepidópteros e insectos que pupan en el suelo y son usualmente nocturnos y muy abundantes en sitios húmedos, por lo que los ambientes con cubierta vegetal pueden ser muy efectivos para mantener la presencia de estos insectos.

Los dípteros depredadores incluyen los Asilidae, Syrphidae y Chamaemyiidae. Los dos primeros, son efectivos depredadores de áfidos. Entre los Hemiptera, algunas especies están en la familia Lygaeidae (de la subfamilia Geocorinae), con el género *Geocoris* entre los más conocidos. La familia Anthocoridae incluye las especies de *Orius*, las cuales son depredadoras de muchas especies de artrópodos. De los Hymenoptera, destacan las hormigas (Formicidae), ya que son efectivas

depredadoras de larvas, pupas y adultos de varias especies de insectos. Otros se incluyen en Vespoidea y Sphecoidea, los cuales se aprovisionan con una serie de insectos para su progenie. Los Neuroptera depredadores pertenecen a las familias Chrysopidae y Hemerobiidae, las cuales se alimentan de cochinillas, áfidos, ácaros y otros pequeños artrópodos.

Los ácaros depredadores que se incluyen en la familia Phytoseidae son muy efectivos como agentes de control biológico de ácaros fitófagos y trips. Por otro lado, también existen cerca de 30.000 especies de arañas muchas de las cuales son depredadoras de una gran variedad de insectos.

A continuación se describen órdenes y familias en donde se encuentran los principales depredadores de insectos fitófagos.

#### ORDEN COLEOPTERA

Los coleópteros varían en longitud desde menos de un milímetro hasta casi 75 mm. El aparato bucal es masticador, y sus antenas son variables en formas y con flagelos muy largos, cada uno de los cuales tienen de 8 a 11 artejos.

Estos insectos viven en una gran cantidad de hábitats y presentan tanto hábitos diurnos como nocturnos. La importancia de estos insectos radica en el hecho de que actúan como enemigos naturales depredadores, alimentándose de los insectos plaga que están dañando a las plantas, y contribuyen al mantenimiento del balance ecológico de los sistemas agrícolas y forestales. Entre las principales familias de coleópteros de hábitos depredadores se incluyen: los Coccinellidae, Carabidae, Mordellidae, Malachiidae y Staphylinidae, entre otros.

### Familia **Coccinellidae**

Los adultos miden de 8 a 10 mm, su cuerpo es ancho, oval, y en ocasiones casi hemiesférico. Generalmente son de colores claros, amarillo, rojo o naranja, con marcas negras, o combinadas con amarillo, naranja o rojo.

Las larvas se asemejan a un pequeño “cocodrilo” y para pupar se fijan a una rama u hoja. En general sus estados larvales son muy móviles, pequeños, gruesos, negros y con numerosas espinas. En ocasiones presentan manchas o bandas rojas o amarillas. Es el grupo de insectos depredadores más ampliamente conocido. Los adultos y larvas de cada una de las especies tienen hábitos similares y se encuentran sobre las plantas donde su alimento esté en abundancia. Excepto 6 especies, la mayoría de los coccinélidos se alimentan del cuerpo de otros insectos, típicamente áfidos y cochinillas, aunque en ocasiones comen larvas pequeñas, huevos de insectos y ácaros.

### Familia **Carabidae**

Las larvas y los adultos son feroces depredadores presentes en los ambientes agrícolas, depredando un amplio espectro de especies. Son especialmente importantes como depredadores de larvas, pupas y adultos de lepidópteros que pupan en el suelo, aunque otros como *Lebia* spp. y *Calosoma* spp., son especies arbóreas que atacan insectos sobre los cultivos. Los carábidos se esconden durante el día y se alimentan durante las noches, aunque algunos son atraídos por la luz. Se establecen en lugares protegidos, bajo las piedras, entre la hojarasca, troncos caídos o en agujeros en el suelo.

### Familia **Staphylinidae**

Su forma es muy característica, ya que su cuerpo es alargado, sus élitros son muy cortos y dejan al descubierto entre 3 y 6 segmentos abdominales.

Se les considera entre los más rápidos de los coleópteros y se los encuentra en gran variedad de hábitats, en bordes de ríos y lagos, escondidos bajo las piedras, cortezas o

bajo cualquier otro objeto del suelo. En Portugal, hay citas de *Oligota pusillima* Grav. y *Xantholinus linearis* Olivier para el nogal (Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997).

## ORDEN HEMIPTERA

Su tamaño varía desde 1 mm hasta 100 mm. El aparato bucal es del tipo “chupador” y consta de un “pico” que se localiza en la parte ventral del cuerpo y se origina en la parte frontal o anterior de la cabeza. Las antenas son visibles y tienen de 4 a 5 segmentos.

Diversas familias de este orden son de gran valor en el control biológico natural, ya que incluyen depredadores de muchos insectos, entre los cuales se encuentran áfidos, huevecillos, larvas y muchos otros insectos de cuerpo blando.

### Familia **Lygaeidae**

Son de tamaño diminuto a mediano (desde 1 mm hasta menos de 18 mm). La mayoría es de forma oval alargada y el cuerpo es relativamente duro, con colores oscuros, en ocasiones en combinación con bandas o manchas rojas o blancas.

Las chinches de esta familia son comunes en la vegetación y existen especies depredadoras importantes de ácaros en el algodón, como *Geocoris punctipes* y *G. Uliginosus*; en el nogal, *Piezoscelis staphylinus* Rambur está citado como depredador de áfidos (Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997).

### Familia **Nabidae**

Son de tamaño pequeño, usualmente menores de 8 mm. La forma del cuerpo oval alargada, más angosta en el extremo anterior. La mayoría de las especies son de color amarillo o pajizo, aunque en ocasiones son oscuras o negras. La cabeza es alargada y las alas delanteras están bien desarrolladas y tienen varias venas transversales en la parte membranosa. Los segmentos medios de las patas delanteras están ligeramente engrosados.

Los nábidos son hemípteros depredadores comunes que usualmente se encuentran en áreas de vegetación baja. En Europa las especies más comunes son *Nabis* spp., *Aptus mirmicoides* y *Prostemma guttula*. En nogal de Portugal está citada la especie *Alloeorhynchus putoni* Kirkaldy (Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997).

#### Familia **Anthocoridae**

Son de tamaño diminuto a pequeño, de 3 a 5 mm, de forma oval aplanada y de color negro con manchas blancas. La parte membranosa de las alas con pocas venas o sin ellas. Poseen en el metatórax glándulas repugnatorias.

Estos son insectos muy comunes y con frecuencia se les localiza en las flores, pero algunas especies viven bajo cortezas de árboles o en mantillo de hojas. Son depredadores de áfidos y huevecillos de lepidópteros, pero principalmente de “araña roja” y “trips”. Pueden consumir de 30 a 40 ácaros por día. Algunas especies importantes son *Orius insidiosus*, *O. thyestes*, *O. tristicolor*, *Anthocoris nemoralis*, *Orius laevigatus* y *Orius albidepennis*.

#### Familia **Miridae**

En esta familia también existen especies afidófagas como el género *Pilophorus* sp., depredador de *Cinara* sp. y o *Campylomma* sp., importante depredador de *Aphis pomi*.

### ORDEN NEUROPTERA

Los adultos tienen el cuerpo blando y tamaño diminuto a grande (desde alrededor de 3 mm hasta 120 mm). Su aparato bucal es masticador, las antenas son alargadas y con muchos segmentos. Tienen 4 alas membranosas, las cuales son más o menos iguales y con muchas venas longitudinales y transversales. Cuando los insectos están en reposo, las alas están dispuestas en forma de tejado sobre el cuerpo.

Tienen metamorfosis completa y sus larvas son muy características, ya que poseen un aparato bucal masticador con mandíbulas bien desarrolladas y curvadas, por medio de las cuales pican y sujetan a su presa, a la vez que succionan los líquidos a través de un canal interno que tienen en sus mandíbulas.

La mayoría de las especies son terrestres y algunas acuáticas. En diversas familias tanto los adultos como las larvas tienen hábitos alimenticios depredadores. La pupación la realizan en celdas en el suelo o bajo la hojarasca, o bien en capullos elaborados con seda. Su importancia radica en el hecho de que algunas especies son agentes de control natural de diversas plagas, especialmente de insectos de cuerpo blando, destacando por orden de importancia las familias: Chrysopidae y Hemerobiidae.

#### Familia **Chrysopidae**

Son insectos de tamaño medio (más o menos 12 mm) con cuerpo blando y de color verdoso. Las antenas son largas y filiformes, usualmente con los ojos de color dorado o cobrizo. Las alas suelen ser de color verdoso, con muchas venas que les dan apariencia de “encaje”. Los huevos son puestos en el extremo de pequeños pedicelos. Sus larvas se asemejan a un “pequeño dragón”, con dos grandes mandíbulas curvadas a manera de formar una pinza, y presentan el cuerpo provisto de sedas que surgen de tubérculos dorsolaterales.

Sus larvas son depredadoras principalmente de áfidos. Sin embargo, también depredan a muchas otras plagas agrícolas que incluyen: cochinillas, psílidos, ácaros y huevos de polillas. Los adultos de algunas especies comunes no son depredadoras sino que se alimentan de polen y néctar; se los localiza en hábitats muy diversos que incluyen: gramíneas, hierbas, arbustos y árboles. Dentro de las especies más importantes, destaca *Chrysoperla carnea* y *C. rufilabris*. En Europa es común *Chrysoperla carnea*.

#### Familia **Hemerobiidae**

Son insectos parecidos a los crisopidos pero sus larvas tienen las mandíbulas más cortas y rectas, igualmente adaptadas a la depredación. Los huevos no presentan pedicelo.

Todas las especies son depredadoras y tanto adultos como larvas atacan principalmente: áfidos, psílidos, trips, cochinillas y mosca blanca. La mayoría de las especies pasan el invierno dentro de capullos de forma elíptica, de donde emergen en primavera. Los hemeróbidos pueden desarrollarse a temperaturas cercanas a la congelación, por lo que pueden establecerse con éxito al principio de la estación, para controlar áfidos cuando los otros enemigos naturales no están presentes. El género *Hemerobius*, ha sido el más empleado en programas de control biológico contra áfidos, cochinillas y polillas. Las más importantes en Europa son *Hemerobius lutescens* y *H. humulimus*.

## ORDEN DIPTERA

### Familia **Syrphidae**

Son moscas de tamaño pequeño a mediano, algunas son de color uniformemente negro o pardo, aunque otras tienen coloraciones de brillo metálico en combinación con negro, con bandas o manchas amarillas, naranja, marrón oscuro o claro. Sus larvas son muy características: alargadas, sin patas, en forma de pequeña “babosa” y de color marrón oscuro o verdoso. Asimismo, los huevos de estos insectos son blancos, alargados y brillantes. En ocasiones a estos insectos se les confunde con avispa y abejas. Los adultos ponen los huevecillos entre una colonia de áfidos, de manera que al emerger sus larvas, tengan de qué alimentarse. Las larvas son muy voraces, llegando a consumir un áfido por minuto. Los adultos se alimentan de néctar y polen, por lo que tienen considerable valor como polinizadoras.

Los géneros con especies depredadoras son: *Didea*, *Syrphus*, *Sphaerophoria* y *Allograpta*, los cuales se alimentan especialmente de áfidos, pero también de ninfas de mosca blanca y otros pequeños insectos de cuerpo blando. En Europa los géneros más comunes son *Metasyphus*, *Epistrphus*, *Scaeva* y *Meliscaeva*, entre otros.

## ORDEN HYMENOPTERA

### Familia **Formicidae**

Las hormigas son un grupo muy común y ampliamente distribuido, están presentes en cualquier hábitat terrestre. Las colonias varían en tamaño y forma de los nidos, los cuales pueden ser excavaciones en árboles, madera o en el suelo. Los hábitos alimenticios de las hormigas son variados: algunos animales vivos o muertos, plantas, hongos, néctar y sustancias similares, que llevan a sus nidos para alimentar a las crías.

Las hormigas tienen un alto valor por su capacidad depredadora, de hecho fue el primer grupo (hormigas del género *Oecophylla*) que se utilizó hace más de un milenio en China para controlar plagas en cítricos. Uno de los más eficientes grupos de hormigas depredadoras es el género *Solenopsis*. En los bosques europeos es común *Formica rufa*.

### Familia **Sphecidae**

Los miembros de esta familia son avispas de hábitos solitarios. Sus nidos los construyen en varias localizaciones, la mayoría en grietas en el suelo, aunque algunos anidan en cavidades de los troncos de los árboles. Sus víctimas son completamente paralizadas y arrastradas al nido para servir de alimento a las larvas que están en desarrollo. Los esfécidos depredan sobre una variedad de estados de desarrollo de presas que incluyen langostas, saltamontes, grillos, cucarachas y larvas de polillas y mariposas.

### Familia **Vespidae**

La mayoría son de coloración negra y amarilla, con manchas blanquecinas o marrones en los márgenes. Son insectos sociales que tienen tres castas en sus colonias. Se alimentan de larvas de polillas o mariposas, muchas de las cuales son plagas importantes de varios cultivos. Diversas especies del género *Polistes* se

mencionan como efectivas depredadoras que han llegado a reducir significativamente las poblaciones de diversas plagas en algodón, tabaco y otros cultivos.

### CLASE ARACNIDA: ORDEN ARANEAE

La clase arácnida incluye las arañas y los ácaros, entre otros. Las arañas se diferencian de los ácaros en que la cabeza y el tórax están fusionados y unidos al abdomen por medio de un pedicelo y no tienen segmentación. También los arácnidos carecen de antenas, tienen cuatro pares de patas y la mayoría son terrestres, aunque algunas especies son acuáticas.

Estos artrópodos son depredadores generalistas que se pueden adaptar a cualquier hábitat y sobrevivir en condiciones adversas. Se alimentan de un amplio espectro de presas. Su papel principal en los agroecosistemas es actuar sobre las poblaciones iniciales de insectos y matar más presas de las que consumen.

### SUBORDEN ACARI

El cuerpo de los ácaros es usualmente oval y se diferencian de las arañas en que la cabeza, el tórax y el abdomen están fusionados formando una sola unidad. El estado inmaduro recién emergido, tiene sólo tres pares de patas, pero adquiere el otro par conforme avanza su desarrollo.

Este grupo tiene gran importancia económica y biológica, ya que muchos son depredadores de artrópodos que causan daño a los cultivos. La familia Phytoseiidae son depredadores de ácaros fitófagos, especialmente de las “arañas rojas” o Tetranychidae, aunque también se alimentan de otros ácaros de las familias Tarsonemidae y Eriophyidae, trips, huevos de lepidópteros y otras presas diminutas. Los géneros más importantes son: *Phytoseilus*, *Typhlodromus*, *Alblyseius*, *Typhlodromalus*, *Typhlodromips*. Para algunas especies de estos artrópodos, el polen y néctar son fuentes de alimento alternativo cuando las poblaciones de ácaros presa son escasas.

## 2.2. – EL TALADRO AMARILLO – *Zeuzera pyrina* Linnaeus

*Z. pyrina* ha sido siempre considerada una plaga muy importante en frutales. La atención sobre esta especie fue mayor cuando en 1955- 1960 los daños constatados fueron enormes en Francia. La aparición de este ataque estuvo relacionado con el aumento del número de plantaciones de Prunoideas y después de Pomoideas.

Los árboles jóvenes están rápidamente condenados aunque solamente se instale una oruga en su tronco. Los árboles de tres y más años pueden ver desaparecer parte de su copa, lo que obliga a su recuperación y retraso de la producción. Los árboles de mediana edad (4, 8, 10 años) son normalmente menos atacadas, pero los de 8-10 años y más viejos sufren graves daños; las ramas enteras se desecan y se parten con el viento (Balachowsky, 1966).

El taladro amarillo es considerado como una de las principales plagas del nogal en el Sur de Portugal (Patanita *et al.*, 2003). Un árbol muy atacado puede llegar a morir y, con frecuencia, la plaga ocasiona la rotura de las ramas afectadas (Lorente, 1990, Mexía *et al.*, 2000).

### 2.2.1 – Situación taxonómica y distribución geográfica

Es un lepidóptero de la familia Cossidae. La sinonimia es *Zeuzera aesculi* L. y los nombres comunes son: broca, zeuzera (Portugal), zeuzère (France), rodilegno giallo (Italia), taladro amarillo, taladro de la madera (España), leopard moth (U.K.).

Se encuentra en toda la región Paleártica Occidental, distribuido en Europa meridional y mediterránea, Norte de África y en los países del Oriente Medio (Balachowsky, 1966; Pasqualini *et al.*, 1997).

### 2.2.2 - Caracterización morfológica

Adulto.– Son mariposas vistosas y grandes (Figura 2.1 y 2.2), las hembras con 5 a 6 cm de envergadura y bastante menos los machos. Presentan algunas características muy primitivas, en particular la extensión de la venación alar (Daly *et al.*, 1998), ambos pares de alas presentan la segunda cubital (Cu<sub>2</sub>), mientras que la Mediana (M) está bifurcada dentro de la celda. El ala anterior tiene una areola. Según Richards y Davies (1984) , esta especie conserva la forma más antigua de venación entre los *Ditrysia*. No tienen espiritrompa. Las antenas de los machos son bipectinadas en la mitad inferior y las de las hembras filiformes (García Tejero, 1989; Planes y Carrero, 1989). Sin embargo, a pesar de los caracteres diferenciadores, ambos sexos se caracterizan por poseer tórax relativamente grueso, alas estrechas, más alargadas las del primer par, abdomen alargado, y color de fondo blanco con manchas gris oscuro, casi negro, muy netas en el primer par de alas y menos conspicuas en el par posterior (Borrer *et al.*, 1981). Sobre el abdomen seis manchas también negruzcas y unas listas del mismo color que matizan los segmentos abdominales, sobre un tono oscuro que se vuelve casi negro en ejemplares muy volados (De Liñan, 1998, García Tejero, 1989). El freno a veces es corto y carente de función en apariencia, pero lo más corriente es que esté bien desarrollado: en la hembra puede llegar a estar formado por hasta nueve sedas (Richards y Davies, 1984).

Estas polillas tienen una vida corta, pero producen un gran número de huevos; vuelan de noche y depositan sus huevos en la corteza de los árboles o en las galerías de donde han emergido.

Huevo. – De color amarillo, ovoide, tiene cerca de 1 mm. El período de incubación es variable según la temperatura, suele durar 7 días con temperatura constante de 30° C, 14-15 días con temperatura de 23° C, 19-20 días a 20° C y 27 días con 17-18° C, aunque no hay eclosión por debajo de 16° C (Balachowsky, 1966).

En la naturaleza, la mayoría de los huevos encontrados sobre los árboles están localizados en las viejas galerías hechas por las orugas y en fisuras de la madera.

Oruga. – Al alcanzar su mayor desarrollo tiene una longitud de 5-6 cm, es de color amarillo, con muchos puntos negros en todos los segmentos del tórax y del abdomen, una placa torácica negra brillante, al igual que la placa anal y las patas (Balachowsky, 1966, García-Tejero, 1989, Planes y Carrero, 1989); la oruga del primer estadio es más rosada y no tiene puntos negros en la cutícula. La cabeza está estrechamente unida al dilatado protórax y las mandíbulas son muy grandes. Sólo tienen sedas primarias y conservan el número total de patas abdominales, mientras que los ganchos de estas falsas patas son usualmente bi o tridimensionales, estando distribuidos según un círculo completo (Richards y Davies, 1984). Presentan simplificación del aparato bucal y carecen de ocelos (Daly *et al.*, 1998). El tipo de alimentación de las larvas es interno, excavando grandes galerías en los troncos de árboles umbrosos y frutales, en la médula de las cañas, etc, ocasionando a menudo perjuicios serios (Richards y Davies, 1984).

Pupa.– Los segmentos abdominales que van del 3<sup>o</sup> al 6<sup>o</sup> son móviles en la hembra y también lo es el 7<sup>o</sup> en el macho. El dorso de los segmentos se encuentra armado con una hilera denticulada a lo largo de cada margen. Normalmente construyen un capullo de seda y leño desmenuzado (Richards y Davies, 1984).



Figura 2.1–Hembra de *Z. pyrina* L.



Figura 2.2–Macho de *Z. pyrina* L.

### 2.2.3 – Ciclo de vida

El ciclo biológico es, en general, de dos años; sin embargo, *Z. pyrina* puede evolucionar en un solo año en regiones cálidas, como en el Norte de África (García Tejero, 1989). Las mariposas, de actividad nocturna, aparecen en el verano realizando la puesta bajo la corteza de ramas o tronco, por medio de su oviscapto retráctil (Planes y Carrero, 1989). La incubación dura una semana y las oruguitas, al nacer, suelen tejer una cubierta de seda en la que permanecen entre dos y tres días para abandonarla y dirigirse a los brotes y partes más tiernas de las brindillas, aunque posteriormente la oruga se desplace hacia las ramillas más bajas y, penetrando en su interior, devore prácticamente todo menos la corteza (De Liñan, 1998; García Tejero, 1989).

Conforme avanza su desarrollo, las orugas realizan nuevas galerías en ramas más gruesas o tronco. Al llegar el invierno paralizan su acción y entran en una diapausa facultativa (De Liñan, 1998) en estado de larva de 2 a 3 cm (Balachowsky, 1966); sin embargo, en países cálidos, puede continuar su actividad durante el invierno. En primavera reanudan su alimentación; las orugas reblandecen la madera mediante una saliva corrosiva que les permite perforar largas galerías, las cuales pueden tener hasta el medio metro de longitud, casi siempre rectilíneas y ascendentes o algo inclinadas, y alcanzar el corazón de la madera (García Tejero, 1989).

La sección de la galería es grande y circular; la oruga en su interior se mueve libremente subiendo o bajando. La parte inferior de la galería comunica con el exterior mediante un orificio, por el que sale el serrín y los excrementos que llegan a formar un montoncito al pie del árbol, por lo que se las descubre fácilmente (García Tejero, 1989). Al comenzar el segundo invierno entran las orugas en diapausa por segunda vez, salvo en los casos de evolución precoz, y después de reanudar su actividad en la primavera siguiente, perfora un orificio de salida que tapona con serrín y se transforma en crisálida en el interior de la galería. Al cabo de un mes emerge la mariposa coincidiendo con el inicio del verano (Figura 2.3 ).



Figura 2.3 – Exuvio de *Zeuzera pyrina* L..

Cuando la oruga alcanza su completo desarrollo, practica un agujero de salida que tapona con serrín, transformándose en crisálida en el interior de la galería; en algunos casos se ve desde el exterior por tener parte de cuerpo fuera del orificio. A finales de primavera emergen los adultos y comienza de nuevo el ciclo, que sólo tiene una generación cada dos años (Planes y Carrero, 1989).

En la mayoría de las regiones de España, los adultos emergen durante los meses de Julio y Agosto, pues normalmente en ellas la duración del ciclo completo es de un año. No obstante, en las áreas septentrionales de Huesca y Lérida pueden volar adultos durante el mes de Junio procedentes de insectos que han tardado dos años en completar su evolución (López *et al.*, 2003). En Portugal la gran mayoría de los individuos completan su desarrollo en un año (Ferreira, 1998). Como en muchas otras especies, se ha citado una acusada proterandria, de forma que los machos emergen unos días antes que las hembras. Tras desplegar y secar las alas, las hembras emiten la feromona sexual de llamada para consumar el acoplamiento y realizado éste, inician los vuelos de prospección para elegir los lugares de puesta; el número de huevos puede superar el millar y son depositados en masas de hasta más de doscientos. Los lugares comúnmente escogidos se encuentran en las grietas, fisuras de la madera y orificios de las galerías excavadas por las orugas (López *et al.*, 2003; De Liñan, 1998).

#### 2.2.4 – Daños

Los daños provocados por *Z. pyrina* se observan inicialmente en la parte terminal de los brotes, que se desecan a partir del punto de penetración de la oruga (Figura 2.4). Por el orificio de entrada expulsan detritus y excrementos de un característico color anaranjado, delatando la existencia de la oruga (De Andrés, 1991; Neto y Clemente, 1998; López *et al.*, 2003).

Debido a la paralización o dificultad de circulación de la savia, los brotes (generalmente de 1-3 cm de diámetro) se empiezan a debilitar y secar (Figura 2.5).

En plantaciones jóvenes los perjuicios pueden ser muy importantes, bien por la muerte del árbol o por la seca de las ramas (Liota y Giuffrida, 1965; Arias y Calderón, 1973; Chepurnaya, 1984; El-Hakim y El Sayed, 1985; Tremblay, 1986; Rapetti, 1987; Audemard y Laspinesse, 1987; Viggiani, 1989; Halperin, 1990). En árboles ya desarrollados, los perjuicios pueden llevar a una debilidad general del árbol y pérdida de ramas (Figura 2.6).



Figura 2.4–Orificio de la entrada de la oruga, en los brotes terminales.



Figura 2.5–Seca de brotes del año, debido a la actividad de la oruga.



Figura 2.6–Rama partida con galería hecha por la larva.

### 2.2.5 – Especies hospedantes

*Z. pyrina* es muy polífaga, se han señalado alrededor de 74 especies botánicas susceptibles de albergar la larva. Entre los árboles frutales se pueden indicar manzano, peral, nogal, avellano, cerezo y olivo. Entre las demás especies se puede citar los géneros *Quercus*, *Hacer*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Tilia*, *Corylus*, *Aesculus*, *Platanus*, *Salix*, *Carpinus*, *Castanea*, *Betuna*, *Populus*, *Ligustrum*, *Viburnum*, *Lonicera*, *Tamarix*, *Mahonia*, *Spiraea*, *Ulmus*, *Syringa*, *Sambucus*, etc (Balachowsky, 1966). La larva no vive en Coníferas.

Esta polifagia tiene su importancia en el establecimiento de los métodos de lucha en las regiones frutales situadas en la proximidad de ecosistemas forestales. Puede constituir fenómeno de “plaga primaria” e incluso “plaga principal” en algunas plantaciones manejadas mediante sistemas integrados y métodos biotécnicos y biológicos (De Liñan, 1998).

### 2.2.6 - Factores condicionantes de la dinámica poblacional

Los huevos y las larvas de *Z. pyrina* son presas de depredadores, principalmente hormigas, que tienen un papel fundamental en la limitación natural de las poblaciones del fitófago (Anejo 2). Las migraciones de las larvas las exponen a la depredación y las poblaciones iniciales son fuertemente reducidas. Con infestaciones controladas se ha constado que solamente 1-2% de las larvas provenientes de una puesta llegan a completar su desarrollo (Balachowsky, 1966). *Megascolia (Regiscolia) maculata flavrifrons* (Fabricius) (Hymenoptera, Scoliidae) es, también, un depredador común del taladro amarillo (Hamon *et al.*, 1995). Los pájaros tienen también un papel esencial en la depredación, probablemente útil en ecosistemas forestales.

El nivel de parasitismo es bajo (Anejo 3 e y Anejo 4). Balachowsky, (1966) señala los siguientes parasitoides: *Ichneumon abeillei* Berl. (Hym. Ichneumonidae), *Microgaster* sp. (Hym. Braconidae), *Elasmus* sp., *Enderus* sp., *Lithomastix truncatella* Dalm., *Shreineria zeuzerae* Ashm. (Hym. Chalcididae). Es conveniente

añadir *Horogenes* (= *Diotes*) *gigantea* Sep. (Hym. Ichneumonidae), que parasita en Francia de 2-16 % de las larvas invernantes, otro ichneumónido de la Subfamilia Pimplinae y un bracónido de la subfamilia Alysiinae (Balachowsky, 1966). Howard y Chittenden (1916) citaron en Europa a *Schreineria zeuzerae* Ash. (Hym. Ichneumonidae) y *Copidosoma truncatellum* Dalm. (Hym. Chalcididae); y Leonardi (1922) a *Litomastix (Copidosoma) truncatella* (Dalm.) Thoms. (Hym. Encyrtidae).

Feron y Audemard (1962) citaron, como parasitoide de larvas al icneumonideo *Horogenes punctoria* Roman y Liotta y Giuffrida (1965) en Sicilia, obtuvieron, a partir de larvas de 15-20 días, los siguientes parasitoides: *Apanteles laevigatus* Ratz. (Hym. Braconidae), *Pristomerus vulnerator* Panz. (Hym. Ichneumonidae), y *Perilampus tristis* (Hym. Perilampidae). Avidov y Harpaz (1969) en Israel citan a *Elachertus nigrifulus* Zett. (Chalcidoidea, Eulophinae) y *Apanteles laevigatus* Ratz. (Braconidae, Microgasterinae).

Así mismo en Italia, Pasqualini *et al.* (1996) mencionan *Eriborus terebrans* Grav. (Hym. Ichneumonidae) como parasitoide del taladro amarillo, presentando tasas de parasitismo de cerca del 40%. Campadelli (1995) cita ocho especies de parasitoides del taladro amarillo, de las que seis nunca habían sido señaladas en Europa: *Neoxorides nitens* (Grav.), *Dolicomitus messor* (Grav.) (Hym. Ichneumonidae, Pimplinae), *Diadegma terebrans* (Grav.) (Hym. Ichneumonidae, Campopleginae), *Pristomerus vulnerator* (Panz.) (Hym. Ichneumonidae, Cremastinae), *Helcon* sp. (Hym. Braconidae, Helconinae), *Dolichogenidae laevigata* (Ratz.) (Hym. Braconidae, Microgasterinae), *Perilampus tristis* Mayr. (Hym. Chalcidoidea, Perilampidae), *Megaselia praecusta* (Schmitz) (Dipt. Phoridae, Metopininae) y *Odinia mejerei* Collin (Dipt. Odiniidae).

Tz' Opkalo (1928), en Ucrania, obtuvo de larvas del taladro amarillo dos parasitoides: un eulófido del género *Euderus* sp. Haliday y un elásmido del género *Elasmus* sp. Westwood; este mismo autor cita a *Ichneumon abeillei* Bert. como parásito de pupas. También en Ucrania, Novicky (1929) cita a *Elasmus albipennis* Thoms. y *E. schmidti* Ruschka (Hym. Elasmidae). En el catálogo de Thompson (1947), otros parasitoides vienen mencionados, como *Apanteles albipennis* Nees. en Rusia.

Collinge (1915) señala que en Inglaterra hay tres especies depredadoras del taladro amarillo: *Dendrocapus major*, *D. minor* y *Gecinus viridis*. Tz'Opkalo (1928) en Ucrania, encontró como depredador de *Z. pyrina* un ácaro, *Pediculoides ventricosus* Berl. Por último, Lisser (1967) notó que los huevos del taladro amarillo eran depredados por hormigas.

De entre los patógenos, Saleh y Abbas (1998) citan algunos nematodos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis*. Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* Vuillemin y *Hirsutella thompsonii* Fisher son señalados por Neto y Clemente (1998) y Campadelli (1996) como agentes de control natural. Además, *Bacillus thuringiensis* Berl. es considerada una bacteria eficaz contra el taladro amarillo (Simon *et al.*, 1999).

### 2.3 - EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (IPM)

La designación inicial de *Integrated Control* propuesta por Stern *et al.* (1959) ha sufrido una rápida evolución hasta la adopción, en 1972, del término *Integrated Pest Management* (el IPM), que aún hoy se mantiene (Amaro, 2002 a).

El concepto inicial de Stern *et al.*(1959) considera la lucha integrada como “la protección contra plagas que combina y integra la lucha biológica y la lucha química” (Amaro, 2002a).

Este sistema de lucha ha sido definido por la Organización Internacional de Lucha Biológica (O.I.L.B), como “la lucha contra los organismos perjudiciales, mediante el uso de un conjunto de métodos que satisfagan simultáneamente las exigencias económicas, ecológicas y toxicológicas, reservando la prioridad de actuación a los elementos naturales de control y respetando los límites de tolerancia”. Por su parte, Smith y Van der Bosch la definen como “la combinación armónica de todas las técnicas para minimizar económicamente los daños causados por las plagas, con la mínima perturbación del medio ambiente” (Primo y Carrasco, 1979, Amaro, 2003).

Es decir, la lucha integrada no excluye la utilización de productos químicos, pero se tienen en cuenta todos los posibles sistemas de lucha, en especial la acción de los insectos útiles. La adopción de este método no es fácil, requiere un profundo conocimiento del ecosistema agrícola de cada zona, de los efectos secundarios de los tratamientos, así como efectuar seguimientos muy precisos y conocer los umbrales a partir de los que conviene intervenir. Evidentemente, este es el sistema de lucha del presente y del futuro, pero requiere una mayor asistencia técnica a los agricultores y una creciente utilización de insecticidas biorracionales y otros métodos alternativos de control que eviten los efectos secundarios de los insecticidas convencionales. La forma en que la lucha integrada se va difundiendo en estos momentos, es mediante agrupaciones de agricultores, cuya finalidad es promover de forma comunitaria la adopción de este sistema de control de plagas. La ayuda que les facilita la Administración consiste básicamente en asistencia técnica, así como subvenciones para la contratación de técnicos. Dadas las ventajas que aportan estos métodos de lucha contra insectos, en especial por evitar contaminaciones del medio ambiente y la presencia de residuos tóxicos en los vegetales tratados, es muy conveniente que sean potenciados al máximo por parte de la Administración Pública (Primo y Carrasco, 1979).

### 2.3.1 - Técnicas de estimación del riesgo y niveles económicos de daño (NED)

Como refiere Amaro (2002 a), los conceptos asociados a la lucha integrada fueron establecidos en el transcurso de la década de 80 y son los siguientes:

- la estimación del riesgo,
- el nivel económico de daño (NED) que corresponde al nivel de población a partir de la cual pueden ocurrir perjuicios,
- las exigencias de naturaleza económica, toxicológica y ambiental que deben ser satisfechas.
- el recurso e integración de todos los métodos de lucha disponibles.

### **Estimación de niveles de población y daños**

Para estudiar la dinámica de poblaciones de artrópodos presentes en un determinado ecosistema agrario, se recurre a métodos de muestreo (Amaro y Baggiolini, 1982; Sabelis 1985; Binns y Nyrop, 1992; Buntin, 1994; Pedigo, 1994).

La mayor parte de los procedimientos de muestreo asumen dos presupuestos: aleatoriedad de la muestra y selección correcta de la unidad de muestreo (Binns y Nyrop, 1992). Para la definición de un modelo de muestreo adecuado y fiable es necesario que se disponga de suficientes conocimientos sobre (Gray *et al.*, 1989; Wilson *et al.*, 1984): la planta huésped y si ella puede o no compensar los daños; la posición general de equilibrio de la plaga o la evolución de la población en el transcurso de un período de tiempo considerable y su abundancia estacional; la distribución de la plaga en la planta; la naturaleza e intensidad de los daños causados por la plaga; el coste del muestreo del cultivo.

Estos conocimientos deben permitir definir claramente (Briolini, 1984; Sabelis, 1985; Buntin, 1994): los objetivos del muestreo o elementos de la población a muestrear; la técnica de muestreo más apropiada; el universo del muestreo; la localización espacial y temporal del muestreo; la unidad de muestreo; la dimensión adecuada de la muestra; el método de definición del nivel de precisión; el riesgo aceptable. El muestreo resultante de la aplicación de estos principios debe permitir la estimación de las densidades relativas de las poblaciones presentes y de los daños causados en el cultivo.

Green (1979) desarrolló el primer método estadístico para muestreo genérico y concluyó que el elevado coste de los planes de muestreo significaba que los técnicos raramente usaban los métodos que aportaron suficiente confianza en la estimación de la densidad poblacional media (Jones, 1990). Green seleccionó la Ley de Taylor (que es la regresión de la varianza en la media  $s^2 = a \cdot m^b$ , siendo  $s^2$  la varianza de la muestra,  $m$  la media de la muestra y  $a$  y  $b$  los denominados coeficientes de Taylor, los cuales definen la pauta de distribución espacial de la especie) como base de su plan de muestreo genérico, debido a su extensa aplicabilidad a diversos organismos, incluyendo plantas, protozoarios e insectos (Taylor *et al.*, 1978).

El muestreo a lo largo del tiempo, con la obtención de muestras secuenciales, puede ser usado (puesto que las poblaciones de las plagas no son estáticas) para estimación del riesgo independiente en diferentes momentos o para, en el conjunto de las muestras, caracterizar el proceso dinámico de la evolución de la población (Binns y Nyrop, 1992). Un modelo de muestreo puede ser delineado para un grupo de especies, obteniéndose, entonces, estimaciones del riesgo representado por el grupo.

La gran mayoría de los artrópodos tiene una distribución poblacional agregativa: no se distribuyen de forma homogénea en el hábitat que ocupan; por este motivo, es de gran interés conocer la parte o las partes de la planta donde la distribución de la población es más homogénea, así como si existen estados fenológicos más propicios para la realización de los muestreos, que sean representativos de su distribución espacial y temporal (García-Mari *et al.*, 1990). El conocimiento del patrón de distribución vertical del enemigo en el cultivo se torna fundamental para la definición de un método de muestreo eficaz (Van de Vrie, 1966; Krainacker y Carey, 1990 b; Davis, 1994), así como de la frecuencia de la infestación para cada órgano (Gilstrap *et al.*, 1980), constituyendo información básica en la elaboración de modelos de dinámica poblacional de estas especies (Toole *et al.*, 1984).

La estimación de la densidad de la plaga requiere, normalmente, alguna forma de recuento y, por tanto, una técnica de muestreo adecuada a la situación. Como cualquier muestreo, representa un consumo de tiempo y de dinero para el agricultor, y el objetivo de éste será obtener una estimativa fiable de la densidad poblacional de la plaga, manteniendo una elevada eficiencia del tiempo consumido en el monitoreo (Zalom *et al.*, 1984) y minimizando los costes (Briolini, 1984).

Una de las formas de minimizar ese esfuerzo consiste en la selección de los elementos de la población (Sabelis, 1985); en algunos estudios son contados sólo los estados móviles, mientras que en otros sólo un determinado estado (por ejemplo, las hembras adultas o algún estadio larval).

Desde los trabajos de Pielou (1960) muchos autores han defendido el muestreo binomial presencia /ausencia (Wilson y Room, 1983; Davis, 1994) o secuencial

(Jones, 1990), como una forma de resolver los problemas en la monitorización de artrópodos hecha con base en el recuento de individuos.

La mayor parte de estos métodos, o no es utilizable en estudios poblacionales cuantitativos realizados en campo, o requiere una gran cantidad de tiempo para su realización (Trumble, 1994). No obstante, si se conociera el patrón de distribución de la plaga en la planta, el muestreo podría limitarse a una porción de la planta, aceptable como unidad de muestra.

Otro componente importante en un programa de monitorización es la frecuencia del muestreo durante los periodos más críticos de desarrollo del cultivo (Zalom *et al.*, 1984); una de las formas para hacerlo es monitorizar el desarrollo de las plagas o del cultivo utilizando una unidad de tiempo fisiológica. En lo que respecta a *Z. pyrina*, la época más indicada para hacer el muestreo de los árboles es finales de Julio o principios de Agosto (Pasqualini *et al.*, 1994).

### **El Nivel Económico de Daños**

Con respecto a los niveles de daños, dos conceptos deben ser utilizados (Stern, 1973):

- “economic injury level” (umbral de daños), correspondiente a la más baja densidad de ataque de la población del enemigo del cultivo que causará daños de importancia económica (Amaro y Baggiolini, 1982); este concepto fue desarrollado para una utilización más racional de los métodos de lucha curativos (esencialmente insecticidas), lo que limita su aplicación a situaciones donde estas medidas son también aplicables (Pedigo *et al.*, 1986);

-- “economic threshold” (el nivel económico de daño), correspondiente a la “intensidad de ataque de un enemigo del cultivo a que se deben aplicar medidas limitativas o de lucha para impedir que el cultivo corra el riesgo de pérdidas superiores al coste de las medidas de lucha a adoptar, al que se suman los efectos indeseables que estas últimas pueden provocar” (Amaro y Baggiolini, 1982).

Puesto que ambos conceptos dependen del valor de mercado del cultivo y /o del coste de la aplicación de determinada(s) práctica(s) cultural(es), también varían de región a región y de año en año. Su cálculo y consecuente aplicación deberán siempre

llevarse a cabo en un contexto regional, a partir de funciones determinadas para las condiciones climáticas y culturales.

Con respecto a *Z. pyrina*, en Italia se cita un nivel económico de daños de 10% de plantas infestadas (Canestrone *et al.*, 1991).

### 2.3.2–Métodos de lucha contra *Z. pyrina*

En este capítulo se han seguido los criterios presentados por Amaro (2002 a, b), que considera dos grupos de orientaciones en lucha integrada:

1) las medidas indirectas de lucha, cuyos objetivos pueden ser el uso óptimo de los recursos naturales, las prácticas culturales sin impacto negativo y la protección y incremento de la fauna auxiliar.

2) los métodos directos de lucha, cuya utilización debe estar condicionada por la adecuada estimativa del riesgo y por NED, con preferencia por la lucha biológica y la lucha biotécnica, siendo la lucha química considerada, no como una alternativa, sino como el último recurso, utilizando productos agro- químicos selectivos.

#### 2.3.2.1 – Métodos culturales

Tradicionalmente se ha combatido esta plaga mediante un método mecánico consistente en la introducción de alambres en la galería para extraer o destruir directamente la larva. En la actualidad este método no es viable desde el punto de vista económico y además porque el control se hace cuando el daño ya se ha producido. Siempre que sea posible se debe dar prioridad a los métodos culturales a través de la poda de los ramos dañados.

#### 2.3.2.2 – Métodos biológicos

El control de unas especies de insectos por otras se produce de forma espontánea en la naturaleza y contribuye decisivamente a que muchos insectos fitófagos no constituyan plaga. El éxito de la lucha integrada está precisamente en respetar al máximo esta fauna útil de parásitos, depredadores y patógenos, así como en la posibilidad de introducir o incrementar las poblaciones mediante crías masivas.

En relación al taladro amarillo se ha intentado la utilización de nematodos entomopatógenos (*Steinernema riobravae*, *S. abbasi*, *S. carpocapsae* S2, *Heterorhabditis* sp. SAA1 y *S. feltiae*). Aunque las altas temperaturas y el viento son factores limitantes de la actividad de estos nematodos, se espera que las especies de las regiones tropicales o semitropicales sean resistentes a estos factores climáticos limitantes (Saleh y Abbas, 1998). Otros experimentos con éxito se han realizado en China (Li *et al.*, 1987, Qin *et al.*, 1988, Yang *et al.*, 1989). En Egipto, se han probado varias especies de *Steinernema* y *Heterorhabditis* para controlar *Z. pyrina* y *Synanthedon myopaeformis* (Saleh *et al.*, 1994, Abdel-Kawy *et al.*, 1996). También en Italia se ha intentado la utilización de nematodos para el control del taladro amarillo (Deseo y Kovacs, 1982; Deseo y Miller, 1985).

Otra posibilidad de lucha biológica es la utilización de *Bacillus thuringiensis* subsp *kurstaki*, (Audemard, 1984, Chepurnaya, 1984, Viggiani, 1989, Pasqualini *et al.*, 1996) que se usa como un insecticida biológico aplicado con la misma metodología que un producto químico convencional.

### 2.3.2.3 – Métodos biotécnicos

#### **Trampeo masivo**

El trampeo masivo consiste en la colocación de trampas con un atrayente sexual altamente específico para asegurar la captura de un gran número de machos de la plaga a combatir, con objeto de reducir el incremento de población a niveles económicamente aceptables. Se calcula que la consecución de este objetivo se logra cuando la eficiencia de capturas alcanza el 80-85 %. Para este fin se han desarrollado diseños de trampas y dispensadores de feromona que permiten una evaporación óptima de la misma. Otro problema importante que se debe tener en cuenta es la cuantificación del número de trampas por hectárea para conseguir el control de la plaga (Guerrero, 1988, Yufera, 1991). Las áreas consideradas deben ser aisladas o, en su defecto, suficientemente grandes para reducir la posibilidad de inmigración de hembras fértiles (Guerrero, 1988).

La captura masiva mediante la utilización de feromonas funciona bastante bien para el control del taladro amarillo. En España se ha estudiado el uso del trampeo masivo para el control de esta especie en avellano (Isart *et al.*, 1996). Se considera que, en general, colocando unas 10 trampas /ha y debido a la marcada proterandria se capturan gran cantidad de machos antes de que lleguen a fecundar a las hembras (García Marí y Ferragut Pérez, 2002).

Experimentos desarrollados en Italia en el ámbito de un proyecto de UE AIR-3-CT94-1607 finalizado en 1998, permitieron concluir en relación a la captura masiva del taladro amarillo en manzano, que no hubo ninguna diferencia estadística con el empleo de 5 ó 10 de trampas /ha, por lo que se recomienda el uso del menor número (Pasqualini y Natale, 1999).

### **Confusión sexual**

En muchos casos no es económicamente viable un número elevado de trampas para controlar una o más especies; es preferible “permeabilizar” la atmósfera con concentraciones bajas de feromona para conseguir la disrupción del sistema de apareamiento entre los sexos. El mecanismo mediante el cual se consigue el efecto de confusión puede ser:

- 1) por adaptación de los receptores antenales y habituación del sistema nervioso central, lo que incapacitaría al insecto para responder a cualquier nivel normal del estímulo;
- 2) por enmascaramiento de la fuente natural de feromona, es decir, la propia hembra, con lo que la orientación del macho hacia la misma sería prácticamente imposible.

Al igual que ocurre con las otras técnicas de control por feromonas, sea cual sea el nivel de vuelo del insecto, es importante tratar áreas tan extensas como sea posible, o semiaisladas, con objeto de reducir la posibilidad de inmigración de hembras fértiles. Las ventajas que presentan las feromonas sobre otros métodos de control radican en su especificidad y no toxicidad, lo que ha estimulado el estudio de su utilización en los últimos 25 años. Sin embargo, los notables costes que su uso requiere pueden

limitar el número de plagas para tratar a aquéllas que ocasionan unas pérdidas económicas considerables. Además, hay que tener en cuenta los factores que regulan el desarrollo comercial de una feromona, y que son los siguientes (Guerrero, 1988):

- la estructura de la feromona debe ser suficientemente estable en las condiciones ambientales y no poseer complicados compuestos feromonales secundarios;
- el insecto debe ser plaga sólo de algunas plantas huéspedes y poseer una capacidad migratoria limitada;
- la biología de la plaga debe ser bien conocida;
- se debe disponer de formulaciones adecuadas y de métodos apropiados de aplicación;
- es necesario estimar los niveles de disrupción, así como de población larvaria y rendimiento de la cosecha;
- la plaga debe ser importante del punto de vista económico.

Es necesario realizar un esfuerzo dirigido a obtener información sobre los mecanismos por los cuales los insectos perciben sus componentes feromonales y, en particular, sobre aquellos que modulan las respuestas de comportamiento hacia dichos compuestos. Sólo así se podrían aprovechar plenamente los beneficios derivados de la utilización de feromonas en el control de plagas en un futuro próximo (Guerrero, 1988).

Las feromonas son especialmente útiles en programas de control integrado, reduciendo en gran medida la aplicación masiva de insecticidas convencionales. Además, se podrían evitar los problemas de resistencia de las plagas a los insecticidas y de disminución del nivel de poblaciones de insectos beneficiosos para el ecosistema (Metcalf y Luckmann, 1982).

La aplicación de la técnica de confusión sexual está, en el caso de *Z. pyrina*, en una fase experimental bastante avanzada (García Marí y Ferragut Pérez, 2002). Tuvo su inicio en los años 90 (Audemard *et al.*, 1997) y la investigación continua hasta la fecha (Pasqualini y Natale, 1999; Haniotakis *et al.*, 1999; Sarto, 2001). La más reciente investigación revela éxitos en la aplicación de este método de lucha.

Por ejemplo, en Grecia, después de sólo 1 año de su implantación, se observó en las parcelas con confusión sexual una mayor reducción en la infestación de los árboles, en los brotes del año al inicio de la época, y en el número de galerías activas, en comparación con las parcelas testigo (Haniotakis *et al.*, 1999). La reducción del número de galerías y del número de brotes del año atacados es mucho mayor cuando la confusión sexual es aplicada durante varios años consecutivos (Sarto, 2001).

Según Pasqualini y Natale (1999), la confusión sexual para el control de *Z. pyrina* en el manzano en la región de Emilia–Romana (Italia) fue muy positiva. La eficiencia del método, evaluada por comparación del nivel de infestación en los troncos desde 1995 a 1998, reveló que el nivel de daños bajó y fue inferior al nivel económico de daños.

#### 2.3.2.4 – Métodos químicos

Hace algunos años no se conocía otro método que la rebusca de los orificios de entrada a las galerías, fácilmente reconocibles por el serrín que sale al exterior, por los que se introducía un algodón empapado en sulfuro de carbono o paradiclorobenceno, tapando después el orificio con un mastic o simplemente con arcilla (ACTA, 1990, García Tejero, 1989, Navon *et al.*, 1987).

Hoy en día es posible la lucha directa, mediante pulverizaciones, para combatir a las pequeñas orugas, aún después de haber penetrado en los brotes. El producto que ha dado los mejores resultados en frutales, mostrándose eficaz hasta transcurridas dos o tres semanas después de la penetración de las larvas, es mevinfos, si bien por su toxicidad y peligrosidad de manejo está incluido en la categoría de muy tóxico (T<sup>+</sup>) y su uso no está autorizado. También tienen eficacia parecida, hasta dos semanas después de haber penetrado las oruguitas, el fenthion, el diazinon, el fosalon y el ethion, que son los recomendados, especialmente el fosalon, cuya acción es casi igual a la del mevinfos (García-Tejero, 1989). Actualmente, los insecticidas registrados en España para el control de esta especie son: deltametrin, triclorfon, metil azinfos, fosalon y bifentrin (Anejo 5 y Anejo 6) (De Liñan, 2003, MAPA, 2006).

En el peral, se debe cubrir el periodo de puesta de los adultos con varias aplicaciones insecticidas, con metidation o piretroides (alfacipermetrin, bifentrin, deltametrin, flucitrinato, lambda-cihalotrina) (García Marí y Ferragut Pérez, 2002, Arias y Nieto, 1983).

### **3. EVOLUCIÓN DE LAS POBLACIONES DE ADULTOS DE *Zeuzera pyrina* L.**

---

#### 3.1 – INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas naturales, la curva teórica de la evolución de la población de un artrópodo oscila alrededor de su posición general de equilibrio (Amaro y Baggiolini, 1982). En efecto, cualquier hábitat estable mantiene, con las lógicas fluctuaciones temporales o puntuales, interrelaciones cuantitativas entre los diferentes seres que lo componen, en grandes espacios de tiempo. Así, se sabe que hay ciertas especies muy abundantes, otras menos y algunas con escasa población, pero sin que la densidad poblacional de cada tipo sea constante sino, por el contrario, en continuo cambio. La densidad de población de cada especie está influenciada por numerosas fuerzas ambientales variantes e interdependientes que influyen en su natalidad, dispersión y mortalidad, es decir, en su potencial biótico. Como consecuencia, su número fluctuará hacia arriba o hacia abajo, pero manteniéndose siempre alrededor de un valor relativamente estable, que se llama nivel o posición de equilibrio de la especie considerada (Pedigo, 2002, Carrero, 1996).

El conocimiento pormenorizado de estos factores y sus interacciones, permite la evaluación de las tendencias de las poblaciones y de los perjuicios que ocasionan (Arnaldo, 2003). Por tanto, es fundamental conocer los procesos que determinan la periodicidad y amplitud de las oscilaciones de las poblaciones de los insectos.

El presente capítulo tiene como objetivo contribuir al conocimiento del ciclo biológico de *Z. pyrina* L. a través del estudio de su curva de vuelo, en un ecosistema de nogal situado en el Sur de Portugal.

### 3.2 - MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.2.1 – Localización de los experimentos

El estudio fue llevado a cabo en dos fincas: Monte da Raposinha, con 12 ha que se localiza en Beja, y Quinta do Pereiro, de 30 ha, ubicada en Ferreira do Alentejo.

La parcela de Monte da Raposinha, donde se hizo el monitoreo, posee una extensión de 2 ha de nogal del cultivar Hartley, plantado en 1984, con marco de 10 × 10 m, habiendo sido posteriormente incrementada la densidad con árboles entre líneas en el año de 1993. Actualmente consta de 400 árboles con una altura máxima 8 metros. Esta parcela se encuentra relativamente aislada, distando de otras parcelas de nogal cerca de 250 m. Linda con un camino público al nordeste (Carretera Beja-Salvada); al noroeste con cultivos extensivos de secano; al sudoeste con cultivos de secano y un pequeño huerto; y al sudeste con un pequeño camino rural, a 10 m de un olivar. No tiene cortavientos y el sistema de riego es por goteo.

La parcela de Quinta do Pereiro tiene una extensión de 2 ha, con nogal del cultivar Hartley plantado en 1993/94, en un marco de 8 × 6 m, con una altura de los árboles de 5 metros y una conformación en vaso.

Durante el desarrollo de los experimentos, se realizó el control de malas hierbas, con la aplicación de herbicidas en la línea y la utilización de la cortadora entre líneas. En este período, se llevó a cabo también protección fitosanitaria con la aplicación de fungicidas y de micro elementos dirigidos al control de enfermedades (bacteriosis y antracnosis) y de carencias (de boro y zinc).

#### 3.2.2 – Características climáticas de la zona de estudio

El clima de una región dada influye en el desarrollo de las plantas y en el rendimiento de los cultivos realizados. La acción del clima sobre las especies vegetales es muy compleja, y resulta de la acción combinada de sus diversos elementos, por lo que se debe efectuar el análisis de cada uno de ellos, aisladamente y en conjunto con los

otros, para poder evaluar su influencia en el comportamiento productivo de las plantas (Regato *et al.*, 1993) y en la biología de los fitófagos.

Con el objetivo de realizar la caracterización climática de las fincas en estudio, fueron consultados los Anuarios Climatológicos de Portugal del Instituto Nacional de Meteorología y Geofísica, de donde se extrajeron los valores relativos a la Estación Meteorológica de Beja en el periodo de 1950 a 1985.

### 3.2.2.1 - Temperatura

La temperatura es, a escala mundial, el elemento más importante del clima, regulando el ritmo de crecimiento de la vegetación y limitando incluso el área de expansión de cada cultivo. La influencia de la temperatura en el crecimiento vegetal se verifica dada su acción en todos los procesos vitales.

Analizando la Figura 3.1, correspondiente a la temperatura media mensual, se verifica que tiene valores más elevados en los meses de Julio y Agosto y valores más reducidos en los de invierno. Observando la temperatura media del aire durante los meses más calientes (Julio y Agosto), se verifica que en el 80% de los años, éstos variaron entre 22,3 °C y 25,3 °C. Con respecto a los meses más fríos (Diciembre a Febrero), se verifica que en el 80% de los años estos valores variaron entre 7,7°C y 12,5°C.

Con base en los valores medios de la temperatura del aire y del 5° decil de la precipitación mensual, se puede elaborar una gráfica (Figura 3.2) que relaciona estas dos variables y que evidencia el desequilibrio verificado entre la temperatura y la precipitación. Se puede observar que son los meses más calientes los que registran menores valores de precipitación. Se verifica, por tanto, que justamente cuando los cultivos están más necesitados de agua, ésta existe en el suelo en menor cantidad.

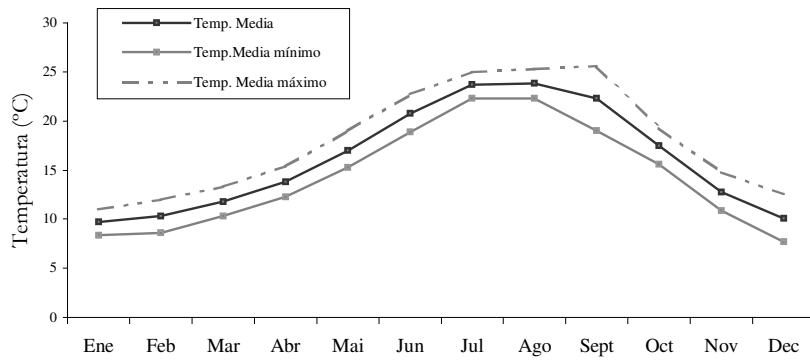


Figura 3.1 – Temperatura media mensual del aire en Beja durante el periodo 1950-1985.

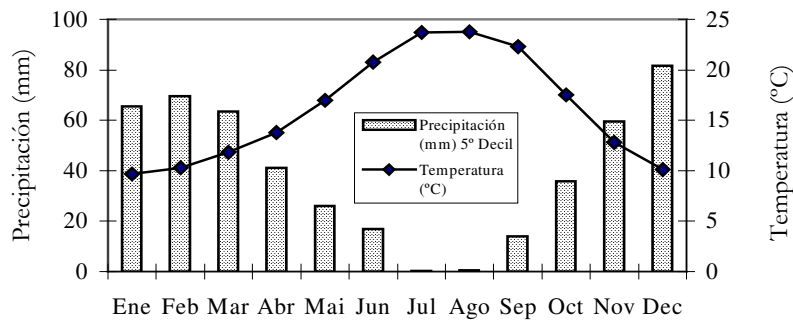
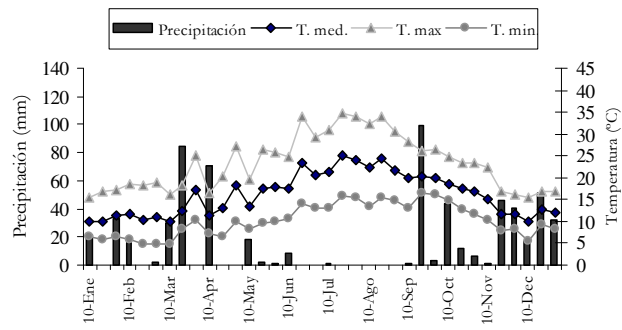


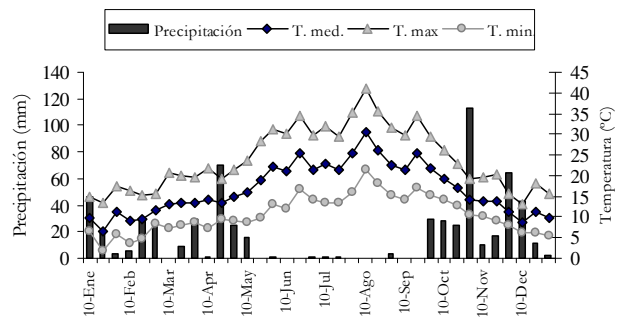
Figura 3.2 –Temperatura y precipitación media mensual en Beja durante el periodo 1950-1985.

Las temperaturas y precipitaciones registradas en las zonas de estudio durante la realización del experimento se reflejan en las Figuras 3.3 y 3.4.

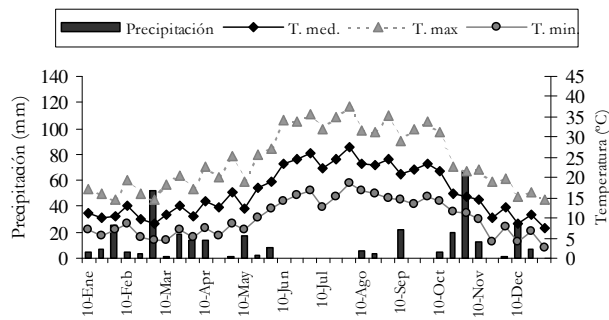
2002



2003



2004



2005

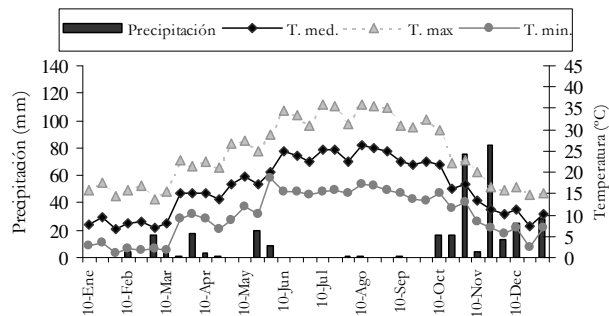
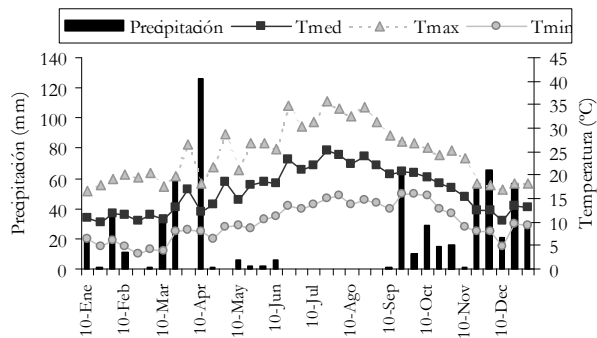
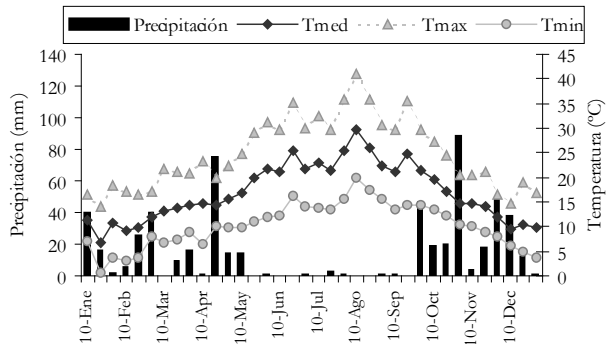


Figura 3.3 – Evolución de la temperatura y precipitación en los años de los experimentos – Estación Meteorológica de Beja.

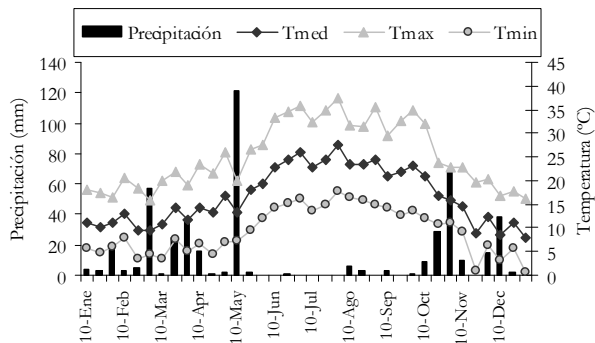
2002



2003



2004



2005

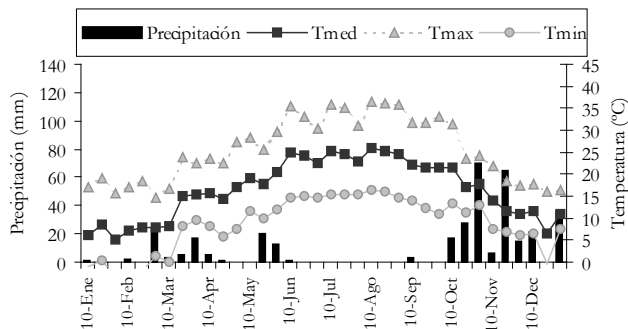


Figura 3.4 -- Evolución de la temperatura y precipitación en los años del experimentos – Estación Meteorológica do Outeiro (Ferreira do Alentejo).

### 3.2.2.2 - Precipitación

La precipitación es, en las condiciones verificadas en el Alentejo, el elemento climático más importante para el desarrollo de las plantas, siendo determinante en los niveles de productividad. Desde el punto de vista agrícola, la precipitación debe ser principalmente considerada según su cantidad, repartición en el tiempo e intensidad.

Estos diversos aspectos deben ser analizados de forma integrada, ya que zonas con, por ejemplo, la misma cantidad de precipitación anual, pueden tener condiciones para el crecimiento vegetal totalmente distintas en función de su repartición a lo largo del año. La repartición de la precipitación durante el ciclo de los cultivos es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, porque influye de forma muy marcada en su producción final, tanto cuantitativa como cualitativamente.

En la tabla 3.1 y en la Figura 3.5 se presentan los valores de los 1º, 2º, 5º, 8º y 9º deciles de los datos relativos a la precipitación mensual en el periodo considerado.

Analizando los valores del 5º decil obtenidos por la Estación Meteorológica de Beja, que corresponde al valor mediano, observamos la gran irregularidad en la distribución de la precipitación a lo largo del año, con una nítida concentración en el periodo de Otoño - Invierno (Octubre a Marzo) y una clara escasez en el periodo de Primavera - Verano (Abril a Septiembre).

Tabla 3.1 - Precipitación mensual - R (mm) en Beja, durante el periodo 1950-1985.

Meses	1.º Decil	2.º Decil	5.º Decil	8.º Decil	9.º Decil
Enero	16,2	36,3	65,5	144,4	164,3
Febrero	13,7	25,8	69,6	138,8	145,0
Marzo	24,6	37,6	63,6	127,2	142,7
Abril	4,1	14,5	41,1	84,6	107,8
Mayo	3,2	9,3	26,0	65,3	91,4
Junio	0,2	2,9	16,8	41,8	52,3
Julio	0,0	0,0	0,3	3,5	7,0
Agosto	0,0	0,0	0,4	4,5	7,6
Septiembre	0,6	1,4	14,0	43,5	50,1
Octubre	11,2	19,5	35,7	116,1	182,3
Noviembre	14,0	26,4	59,5	107,4	148,2
Diciembre	16,1	39,0	81,5	151,4	179,6

Además de la irregular distribución de la precipitación a lo largo del año, analizando los valores del 2º y del 8º decil, calculados mes a mes, constatamos la acentuada irregularidad de la distribución de la precipitación dentro de cada mes. Podemos referir que, en el 60% de los años, la precipitación del mes de Enero varía de 36,3 mm a 144,4 mm, correspondiendo por tanto a una variabilidad de 108,1 mm. Esta situación implica que el contenido de agua en el suelo en un determinado mes está influido por la precipitación de meses anteriores y por la que ocurre en el mes considerado. Esto mismo podría comentarse en relación a los restantes meses del año, siendo claro que la precipitación mensual tiene un comportamiento irregular.

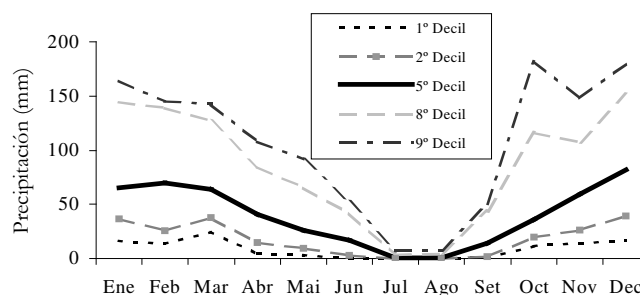


Figura 3.5 - Precipitación mensual (mm) en Beja, durante el periodo 1950-1985.

Merece destacar que en los meses que se verifican temperaturas más elevadas (Mayo a Septiembre), los valores de precipitación son reducidos, sin conseguir satisfacer las necesidades de agua de los cultivos de secano. En los meses de Julio y Agosto hay incluso 90% de probabilidades de ocurrencia de valores de la precipitación mensual inferiores a 7,0 y 7,6 mm, respectivamente. En base a los valores calculados para el 5° decil se deduce que en el 50% de los años la cantidad de precipitación es incluso inferior a 0,3 mm en Julio y a 0,4 mm en Agosto.

Esta irregularidad de la distribución de las precipitaciones conduce a la alternancia de situaciones de déficit y de exceso de agua que comprometen la actividad agrícola en secano, restringiendo la posibilidad de obtener buenos niveles de productividad o limitando la actividad a situaciones en las que se dispone de riego para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos de la zona.

### 3.2.3 – Características del suelo

En lo que respecta al suelo, se hace una breve caracterización de los diferentes tipos existentes en cada una de las explotaciones, de acuerdo con Cardoso (1965) y se hace su descripción según la clasificación de FAO (1998).

#### 3.2.3.1 - Quinta do Pereiro

Los suelos existentes en la Quinta do Pereiro pertenecen a la familia de los Vertisoles oscuros sobre Dioritas o Gabros (Bpc) y a la familia de los Vertisoles pardos sobre Dioritas o Gabros o Rocas Cristalofílicas (Bvc), cuyas características se describen a seguir.

Este tipo de suelos se forma a partir de rocas básicas en clima poco húmedo, y en condiciones de drenaje relativamente deficientes. En el medio predominan condiciones alcalinas y silicatos de aluminio con elevados contenidos de sílice, calcio, magnesio e hierro, lo que favorece la síntesis de minerales de arcilla del tipo 2:1, especialmente del grupo de las montmorillonitas.

Los Vertisoles oscuros son suelos evolucionados, de perfil A Bw C o A Bw R, de color

oscuro, arcillosos, lo cual imprime características especiales, tales como elevada plasticidad y dureza, pronunciado agrietamiento en los períodos secos, especialmente en el verano, formando grietas que llegan a alcanzar más de 25 cm de anchura y hasta la mitad de la profundidad del suelo.

Estos suelos tienen un corto periodo de tempero, lo que obliga a una gran concentración de maquinaria agrícola.

La textura de estos suelos es pesada, siendo acentuado el predominio de arcilla y limo, sobre la arena. Los horizontes B tienen siempre un contenido de arcilla superior a los suprayacentes.

En las zonas llanas surgen casi siempre problemas de drenaje de muy difícil solución.

Los Vertisoles oscuros son pobres en materia orgánica, que tiende a decrecer gradualmente con la profundidad. Las relaciones C/N son bajas o muy bajas, indicadoras de gran actividad biológica, y disminuyen en general con la profundidad, en algunos casos rápidamente y en otros gradualmente. El porcentaje de hierro libre, aunque siempre bajo, es mayor en los horizontes superficiales, sujetos a mayor alteración; no se verifica, pues, una migración descendente de este elemento.

La capacidad de intercambio catiónico es elevada. El calcio es el ión dominante; aunque el magnesio alcanza porcentajes relativamente elevados. Los contenidos de potasio intercambiable son bajos, y los de sodio, altos localmente. El grado de saturación varía entre el 90 y el 100%, y la reacción del suelo es neutra o ligeramente alcalina. La capacidad de intercambio catiónico, estimada con base en los porcentajes de materia orgánica y de arcilla, varía entre cerca de 50 y 100 meq/100 g.

Estos suelos son muy fértiles, y obtienen producciones muy elevadas que, en algunos casos, favorecen la adopción de prácticas y rotaciones más encaminadas a la obtención de rápidos y elevados beneficios, que a una conservación racional del suelo.

Los Vertisoles pardos tienen características muy semejantes a los Vertisoles oscuros,

difiendo principalmente por el color. No obstante, son más fáciles de trabajar y parecen agrietarse un poco menos.

La reserva mineral de estos suelos es elevada. En la fracción ligera abundan los feldspatos y en la fracción pesada, relativamente abundante, se incluye augita, hornblenda y epidota.

### 3.2.3.2 - Monte da Raposinha

En el Monte da Raposinha, el perfil del suelo observado fue del tipo Vertisol oscuro con tres horizontes: Ap (0,0-0,1m), B (0,1-0,87m), con transición gradual para el horizonte C. Se observó una gran concentración de raíces de todas las dimensiones entre los 0,1 y los 0,4 m de profundidad, siendo las raíces más profundas detectadas a 0,7m (Fernandes, 2005). Las características de estos suelos ya fueron referidas en el apartado anterior.

### 3.2.4 – Prácticas culturales

En los cuatro años de trabajo no se realizaron tratamientos insecticidas. Sólo se llevó a cabo un tratamiento acaricida en el Monte da Raposinha a finales de Julio, en el año 2003. Se realizaron también varias aplicaciones fungicidas de acuerdo con las condiciones climáticas, para prevenir el desarrollo de la bacteriosis (*Xanthomonas campestris* pv *juglandis*) y de la antracnosis (*Gnomonia leptostyla*).

Para el control de las malas hierbas se aplicó herbicida en las líneas y corte en las entrelíneas.

Todos los años se realizó fertilización en cobertura y, cuando fue necesario, en el agua de riego.

El sistema de riego instalado en ambos campos de nogal es el riego localizado, con dos tipos de emisores: goteros y microtubos. En el Monte da Raposinha cada árbol es abastecido por cuatro microtubos, dispuestos dos a dos, a cada uno de los lados del

árbol. En la Quinta do Pereiro, los emisores son goteros dispuestos de metro en metro, en dos líneas de riego.

Con respecto a la poda, en ambos campos de experimentación los árboles son sometidos a una poda de fructificación durante los meses de Enero y Febrero, cuando se encuentran en reposo vegetativo.

Para la recolección se utilizó una máquina vibradora, desde mediados de Septiembre a mediados de Octubre. Se procedió también al secado de los frutos mediante secadores a gas.

### 3.2.5 – Monitoreo de adultos de *Z. pyrina* L.

El monitoreo se hace en las dos zonas: Beja y Ferreira do Alentejo, desde el 2002 hasta el 2005. En todos los experimentos, se instalaran trampas sexuales antes del inicio del vuelo que fueron retiradas al final de éste. Las trampas utilizadas son de tipo funil sin alas, (Mastrap L.<sup>®</sup>) y el dispensador de feromona es una cápsula de polietileno con la feromona sintética E2,Z13-18Ac y E3,Z13-18Ac en la proporción de 95:5, suministrada por Isagro (Italia). La densidad de las trampas fue de tres por hectárea, excepto en el año de 2003 en Ferreira do Alentejo, donde se utilizaron dos trampas por hectárea. Las trampas fueron observadas semanalmente para el registro del número de adultos capturados, y las cápsulas se substituyeron mensualmente. La selección de esta metodología se basa en el conocimiento adquirido por Pasqualini y sus colaboradores en Italia, trabajando en manzano y peral (Pasqualini y Natale, 1999, Pasqualini *et al.*, 1997).

## 3.3 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 3.6 muestra que en las dos localidades el número total de capturas /trampa en el 2002 fue dos veces superior al registrado en año 2003 y éste tuvo más capturas que en 2004. En 2005 las capturas fueron nulas.

Las capturas se inician a mediados de Mayo, con un máximo de vuelo a mediados o finales de Junio y terminan en Septiembre, si bien después de Julio los valores son bajos. Estos resultados sugieren que el periodo de mayor actividad del adulto, en las condiciones estudiadas, es de dos meses (Junio y Julio), periodo en que se capturaron el 89% de los machos. Ya Balachowsky (1966) relata que en la región mediterránea el 80 % de la emergencia de adultos ocurre entre 10 de Junio y 10 de Julio.

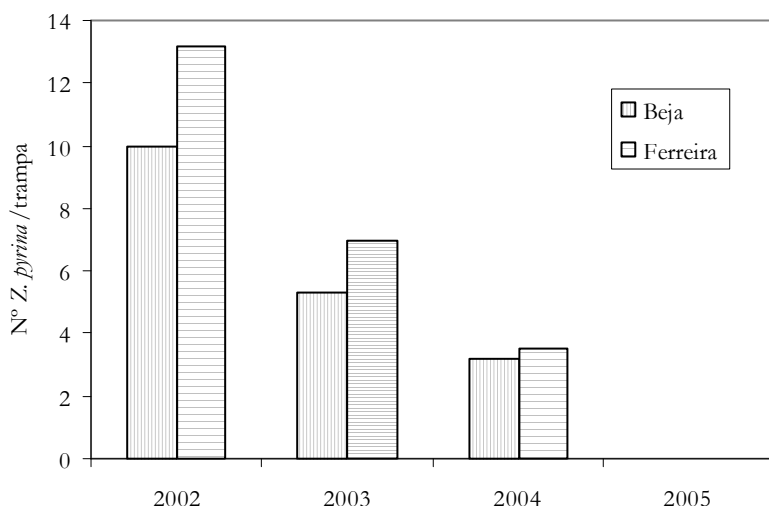


Figura 3.6 – Número total de adultos de *Zeuzera pyrina* por trampa entre 2002 y 2005 en las dos zonas de estudio.

En 2002, las capturas empezaron a mediados de Mayo y terminaron en Agosto, con el valor máximo en la última semana de Mayo ( $3,17 \pm 5,41$ ) en Ferreira do Alentejo (Figura 3.8) y en la tercera de Junio ( $3,8 \pm 2,04$ ) en Beja (Figura 3.7). En 2003, las capturas tuvieron su inicio en finales de Mayo y el pico de vuelo ocurrió en 11 de Junio en Beja ( $1,66 \pm 1,86$ ) y en 18 de Junio en Ferreira do Alentejo ( $0,81 \pm 1,04$ ). El tercer año las capturas empezaron en Junio y terminaron a mediados de Agosto,

produciéndose el máximo de capturas el 22 de Junio ( $1,82 \pm 2,99$ ) en Beja y 29 de Junio ( $2,42 \pm 3,29$ ) en Ferreira do Alentejo. Este retraso en el inicio del vuelo de los adultos ocurrido principalmente en tercer año podrá estar relacionado con las temperaturas más bajas registradas hasta Abril (Figura 3.3 y Figura 3.4). Además del descenso poblacional observado desde 2002, también las condiciones de déficit hídrico verificadas en los 2 últimos años hacen que el estado del árbol no sea el mejor y para que el insecto tenga las mejores condiciones para su desarrollo, por lo que se admite poder haber una elevada mortalidad de larvas que provoque que las capturas sean en último año nulas.

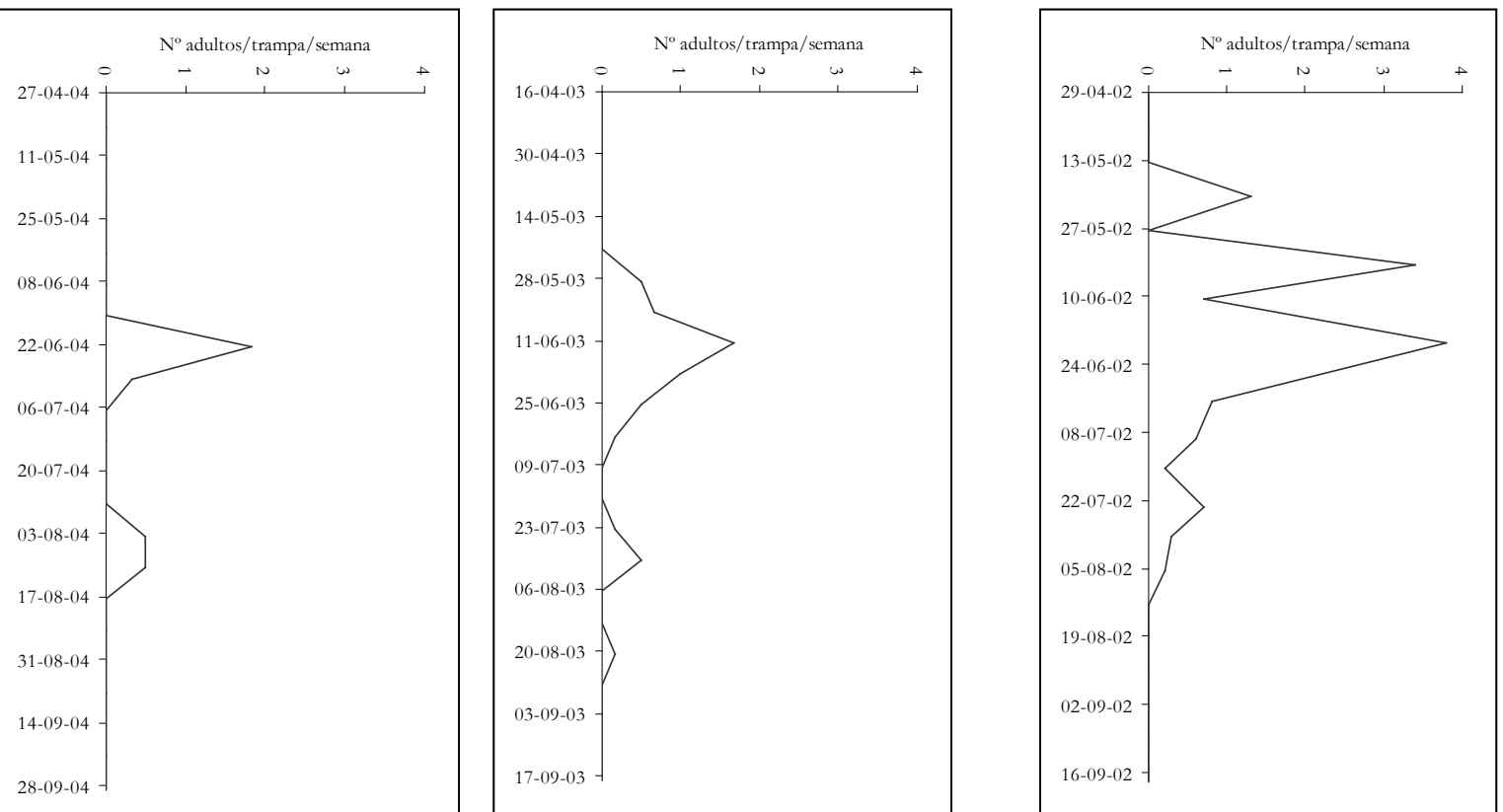


Figura. 3.7 – Curva de vuelo de machos del *Zeuzera pyrina* en trampa sexual en Monte da Raposinha.

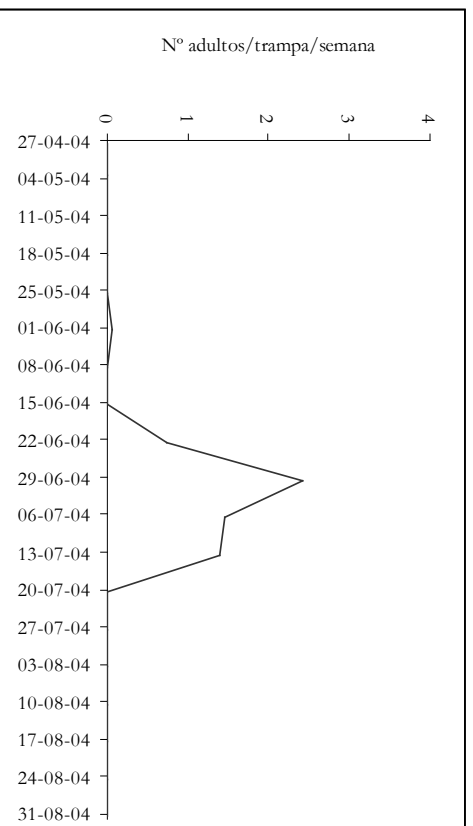
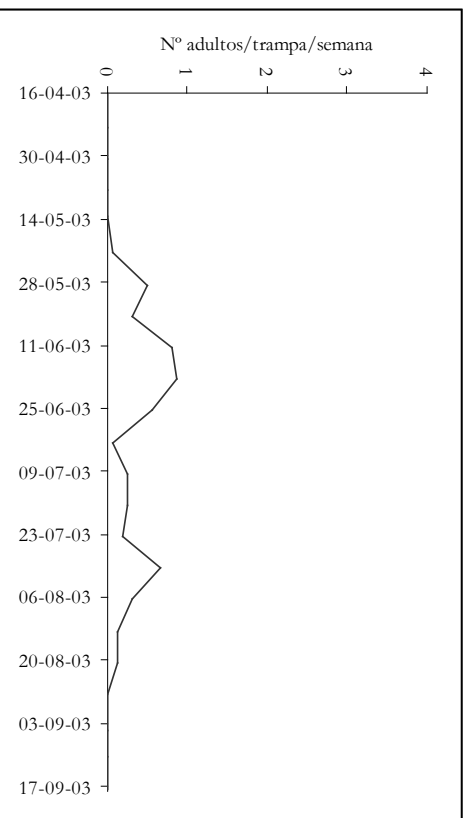
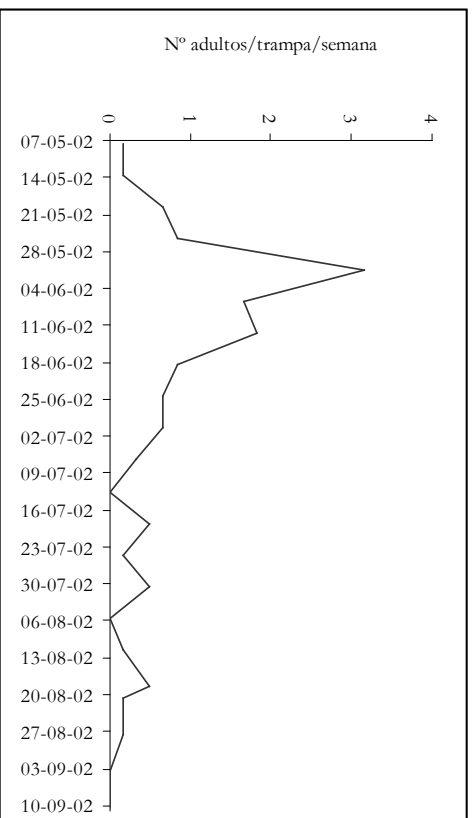


Figura. 3.8 – Curva de vuelo de machos del *Zeuzera pyrina* en trampa sexual en Quinta do Pereiro.

Los resultados obtenidos indican la existencia de un sólo periodo de vuelo de machos de *Z. pyrina* situado entre mediados de Mayo y mediados de Agosto, con mayor intensidad de capturas a mediados de Junio, lo que está de acuerdo con los datos indicados por Haniotakis *et al.* (1999) en manzanos de Grecia, donde la mayor intensidad de capturas es a mediados o finales de Junio, pero en este caso las capturas terminan en Octubre, aunque después de Julio el número sea muy bajo.

La emergencia de los adultos es muy escalonada, posiblemente por el efecto los factores ambientales en la salida de diapausa, en función del lugar de invernación, más o menos expuesto.

En nuestras condiciones ambientales *Z. pyrina* parece tener una generación al año, como se ha señalado en otras regiones templadas, por ejemplo en la región de Emilia-Romagna (Italia), como lo cita Castellari (1986). Sin embargo en zonas más frías esta especie necesita dos años para completar su ciclo.

Las capturas en trampas sexuales son influenciadas por diversos factores, entre ellos los de naturaleza climática, como la temperatura. Por otro lado, este factor influye de forma marcada en el desarrollo y actividad de los insectos. En lo que respecta a *Z. pyrina* se sabe que el periodo de incubación de los huevos varía de 7 a 8 días, cuando la temperatura es de 30° C, 14-15 días con temperaturas de 23° C, 19-20 días a 20° C y 27 días con temperaturas de 17-18° C, no habiendo eclosión de larvas debajo de 16° C (Balachowsky, 1966). También las larvas jóvenes, para empezar la dispersión, necesitan condiciones de temperatura y humedad definidas.

La importancia del conocimiento de los picos de vuelo de machos está relacionada con la elevada probabilidad de ocurrencia de puestas en las cuatro semanas después del pico, dado que el vuelo de las hembras se inicia cerca de 15 días después de los machos (Pino y Haro, 1986) y el período de incubación de huevos varia de 7 a 14 días, en función de la temperatura (Castellari, 1986). Las proporciones sexuales son del 60% de machos, con una marcada proterandria desde el inicio de las emergencias (Balachowsky, 1966).

#### **4. DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE MUESTREO PARA EL TALADRO AMARILLO**

---

El desarrollo y la aplicación de programas de lucha contra plagas, dependen de las informaciones adquiridas sobre éstas y sobre el medio en el que habitan. De hecho, en relación a estos organismos, tanto investigadores como técnicos son constantemente confrontados con las siguientes cuestiones: (1) Quiénes son? (2) Cuántos son? y (3)Cuál es el número tolerable? (Kogan y Herzog, 1980). Estas informaciones se obtienen a través del análisis de las muestras que se retiran de la población natural, una vez que es imposible el análisis de toda la población (Southwood, 1978; Moreno, 1977).

Existen dos razones fundamentales para muestrear poblaciones de insectos. Por un lado, obtener estimativas válidas de los parámetros de la población, necesarias en muchos trabajos de investigación, tanto fundamental como aplicada, y por otro, fundamentar convenientemente la toma de decisión relativa a la utilización de métodos de lucha contra las plagas (Kogan y Herzog, 1980; Ruesink y Kogan, 1982, Pedigo y Buntin,1994).

Una de las mayores utilidades de la teoría del muestreo es tornar el muestreo más eficiente, esto es, conseguir la mayor precisión con menores costos (Ives y Moon, 1987). La precisión requerida depende fundamentalmente del objetivo del muestreo. Si el objetivo fuera la toma de decisión relativa a la utilización de métodos de lucha contra las plagas, entonces los resultados del muestreo deberán obtenerse lo más rápidamente posible y con el menor coste. Sin embargo, si el objetivo del muestreo consiste en obtener estimativas de los parámetros poblacionales, como por ejemplo, la densidad, la dispersión, la natalidad, la mortalidad o el crecimiento, las exigencias en la precisión de los resultados deben ser elevadas, no siendo tan grande la

necesidad de una interpretación rápida de los resultados obtenidos (Ruesink, 1980; Ives y Moon, 1987).

Además, una vez que los métodos de muestreo son utilizados por varias personas, deben ser relativamente simples de ejecutar, aunque esa simplicidad deba estar condicionada por la exigencia de la mantención de la validez del método (Amaro y Baggiolini, 1982).

La aplicación de los principios matemáticos del muestreo de las poblaciones de insectos, asume gran diversidad, no existiendo un sistema de muestreo universal para el estudio de las poblaciones de insectos en un ecosistema agrario. Aunque, para la obtención de un sistema de muestreo adecuado para una determinada población de insectos, es necesario definir previamente el objetivo del muestreo y conocer la biología de la especie en estudio, su pauta de distribución espacial y los costes concernientes al trabajo de muestreo.

Así, en este trabajo, se pretende contribuir para el desarrollo de protocolos de muestreo para el taladro amarillo, *Zeuzera pyrina*, en nogal, destinados a estimar el riesgo resultante de la plaga.

### 4.1 - ANÁLISIS DE LA PAUTA DE DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN

El conocimiento de la pauta de distribución espacial de la población de una especie, es fundamental en el delineamiento y establecimiento de sistemas de muestreo, pues influye en la dimensión de la muestra a utilizar, en la distribución espacial de las unidades de muestreo y en las características de esas unidades (Morris, 1955, Southwood, 1978; Moreno, 1977; Ruesink y Kogan, 1982; Taylor, 1984; Kuno, 1991; Pedigo y Buntin, 1994). Sin embargo, la forma cómo los insectos objeto del estudio se distribuyen en el espacio, es el resultado de la dinámica de la propia población, que en el establecimiento de sistemas de muestreo, debe ser continuamente conocida.

La pauta de distribución espacial de las poblaciones de determinada especie está fuertemente relacionada con su comportamiento, por lo que su conocimiento

suministra información fundamental para la comprensión básica de ese comportamiento. Tradicionalmente, la pauta de distribución espacial de los organismos vivos se clasifica en tres categorías: al azar, uniforme y agregada. En el primer caso, la probabilidad de que un individuo ocupe cualquier punto en el espacio es la misma, y la presencia de un individuo no influye la distribución del otro. En el segundo caso, la pauta uniforme, indica que la presencia de un individuo en determinado punto del espacio, disminuye la probabilidad de que otro individuo se encuentre cerca. El tercer caso, es el más común en poblaciones de artrópodos, donde la presencia de un individuo en un determinado punto del espacio aumenta la probabilidad de que otro individuo se encuentre cerca.

En esta fase del trabajo, se estudia la pauta de distribución espacial de la población de larvas de *Zeuzera pyrina* (Linnaeus).

### 4.1.1 – MATERIAL Y MÉTODOS

Este experimento fue conducido en dos fincas: Monte da Raposinha, que se encuentra cerca de Beja, y Quinta do Pereiro, ubicada cerca de Ferreira do Alentejo, que ya fueron descritas en el capítulo 3.

Para la realización del presente estudio se hizo un muestreo, en Mayo, de 100 árboles elegidos al azar en cada una de las parcelas. La obtención de los datos fue del tipo enumerativo, registrándose el número de larvas por árbol. La observación se realizó con el objetivo de detectar perforaciones con la oruga en actividad. El muestreo se hizo a partir del suelo. Se consideró como unidad de muestreo la planta entera, uniformizando con el método recomendado en proyectos de Producción y Protección Integrada. La imprecisión que hay en el control de toda la planta a partir del suelo es considerada aceptable. Por otro lado, el uso de escaladoras u otro método para hacer el muestreo con mayor precisión en la parte alta del árbol es inadecuado del punto de vista práctico, por el excesivo dispendio de tiempo.

Para estudiar la pauta de distribución espacial de las poblaciones, se testó el ajustamiento de los datos obtenidos a la distribución de Poisson y binomial negativa, toda vez que principalmente esta última distribución es la de uso más frecuente para describir la pauta de distribución espacial de poblaciones de artrópodos (Cadahia, 1977; Sokal y Rohlf, 1981, Binns *et al.*, 2000). Así, en la naturaleza, normalmente la varianza muestral de las poblaciones de artrópodos es superior a la media, por lo que la distribución binomial negativa resulta una pauta adecuada para describir la distribución de sus individuos (Pedigo, 1994).

La distribución binomial negativa se define por dos parámetros: la media,  $m$ , y una constante positiva,  $k$ , que está relacionado con la pauta de distribución espacial de la población, y que normalmente se designa parámetro de dispersión. Cuanto menor es el valor de  $k$  más grande será la agregación de los individuos en el espacio y viceversa (Southwood, 1978, Southwood y Henderson, 2000). Las diferentes probabilidades relativas de distribución de este modelo matemático son los términos del desarrollo de una serie de Taylor de :

$$(q - p)^{-k} \quad (1)$$

donde  $p = m / k$  y  $q = p + 1$ .

La media y la varianza de las distribuciones binomiales negativas son respectivamente:

$$m = k \cdot p \quad (2)$$

$$s^2 = k \cdot p \cdot q \quad \text{o} \quad s^2 = m + m^2/k \quad (3)$$

Se verifica que, cuando  $1/k$  tiende a cero (o  $k$  tiende a infinito), estas distribuciones tienden a las distribuciones de Poisson. De acuerdo con Ruesink (1980), como regla general, cuando el valor de  $K$  fuera superior a 8, la distribución de Poisson puede usarse en lugar de la binomial negativa, que es matemáticamente más compleja.

Krebs (1989) indica cinco métodos para calcular el valor de  $K$ , cada uno de los cuales es adecuado para una determinada amplitud de valores de la media y de grados de agregación. Para estimar el valor de  $k$  de cada una de las distribuciones de frecuencia, se utilizó en este estudio el tercer método propuesto por Bliss y Fisher (1953), llamado método de los momentos:

$$K = m^2/s^2 - m \quad (4)$$

siendo:

$m$  = media de la muestra y

$s^2$  = la varianza de la muestra

seguido de la estimativa para  $K$  a partir de la ecuación:

$$\log_{10}(N/N_0) = k \log_{10}(1 + (m/k)) \quad (5)$$

donde  $N$  es el número total de unidades de muestreo y  $N_0$  es el número de árboles sin orugas. Este es un método muy eficiente cuando la media es baja (menor que 4).

Para el cálculo de  $k$  común ( $k_c$ ) a todas las parcelas se ha adoptado el método de regresión desarrollado por Bliss y Owen (1958):

$$1/k_c = \sum y' / \sum x' \quad (6)$$

donde:

$$y' = s^2 - m$$

$x' = m^2 - s^2 / N$  y  $N$  es el número total de unidades de muestreo.

Para probar el ajuste entre las distribuciones observadas y las esperadas para la serie binomial negativa y de Poisson, se realizó la prueba de chi-cuadrado ( $\chi^2$ ).

Como es referido por Cadahia (1977), en muchas situaciones es preferible determinar los grados de agregación o agrupamiento de los individuos de una población dada, más que intentar ajustar los datos observados a los modelos matemáticos teóricos.

En este trabajo hemos utilizado varios métodos para describir la agregación de los individuos:

- 1) Índices de agregación, como por ejemplo la relación varianza /media, el parámetro  $k$  de la serie binomial negativa, el índice de dispersión (ID), el índice del agregado medio de Lloyd y el índice de Green (IG);
- 2) Ley potencial de Taylor.

#### Índices de agregación

El **parámetro  $k$**  de la serie binomial negativa puede usarse como un índice de agregación, en los casos en que la distribución espacial de la población se ajuste al modelo teórico de la binomial negativa. Cuanto menor es el valor de  $k$  mayor será la agregación de los individuos en el espacio. Cuando  $k$  tiende al infinito es preferible el uso de  $1/k$ , que toma el valor cero en el caso de distribuciones al azar, y aumenta cuanto mayor es la agregación.

La relación **varianza / media** ( $s^2/m$ ) es un índice de agregación que permite determinar si la distribución es o no agregativa. Cuando esta relación es superior a la unidad, la distribución es de tipo agregativo. Si es inferior a la unidad es uniforme o regular, y está distribuida al azar cuando el cociente vale aproximadamente uno.

El **índice de dispersión** (ID) es semejante al  $s^2/m$  y es normalmente utilizado cuando el número de unidades de muestreo varía a lo largo del experimento:

$ID = (N-1) s^2/m$ , donde N es el número total de unidades de muestreo.

Este índice se distribuye como una  $\chi^2$ , con n-1 grados de libertad y con un nivel de probabilidad seleccionado de 0,975 y 0,025. Cuando el valor de ID es menor que el de  $\chi^2$ , al nivel de probabilidad 0,975 la población sigue la pauta regular, y cuando es mayor que la  $\chi^2$ , al nivel de probabilidad de 0,025 la pauta es agregativa (Ludwig y Reynolds, 1988). Para muestras grandes ( $N > 30$ ),  $\sqrt{(2\chi^2)}$  tiende a una distribución normal, por lo se puede utilizar la estadística

$$d = \sqrt{(2\chi^2)} - \sqrt{2(N-1)} - 1.$$

Sí  $d < -1,96$ , se acepta una dispersión al azar ( $P > 0,05$ );

$d = -1,96$  se sospecha una dispersión regular o uniforme;

$d > 1,96$  se acepta una dispersión agregada (Elliott, 1973).

El **índice del agregado medio** ( $x^*$ ) fue propuesto por Lloyd (1967) para indicar el posible efecto de interferencia o competición recíproca entre individuos. Teóricamente, el agregado medio es el número medio de otros individuos por individuo en el mismo “cuadrado”:

$$x^* = m + s^2/m - 1$$

Este índice depende fuertemente del grado de agregación y densidad de la población. Para eliminar el efecto de la fluctuación de la densidad, Lloyd ha introducido el índice del agregado medio, expresándolo como la razón del agregado medio en relación a la media. Igual que la relación varianza/media, este índice depende del tamaño del cuadrado, y tenemos que:

$x^*/m < 1$  regular;

$x^*/m = 1$  azar;

$x^*/m > 1$  agregado.

El índice de Green (IG), propuesto por Green (1966), es independiente del número de unidades de muestreo (n), y puede indicar las fluctuaciones de la agregación a lo largo del tiempo.

Este índice varía entre 0 (al azar) y 1 (agregación máxima), y puede ser usado para comparar muestras que varían en el número total de individuos, en sus medias y en unidades de muestreo, y por eso es el índice que mejor mide el grado de agregación.

$IG = ((s^2/m)-1)/(n-1) < 0$  regular;

$IG = ((s^2/m)-1)/(n-1) = 0$  azar;

$IG = ((s^2/m)-1)/(n-1) > 0$  agregado.

Ley potencial de Taylor

Otra aproximación para el estudio de la distribución espacial del insecto se ha realizado aplicando la **ley de Taylor** (1961), que relaciona la varianza ( $s^2$ ) y la media (m) de las muestras. Según la relación:

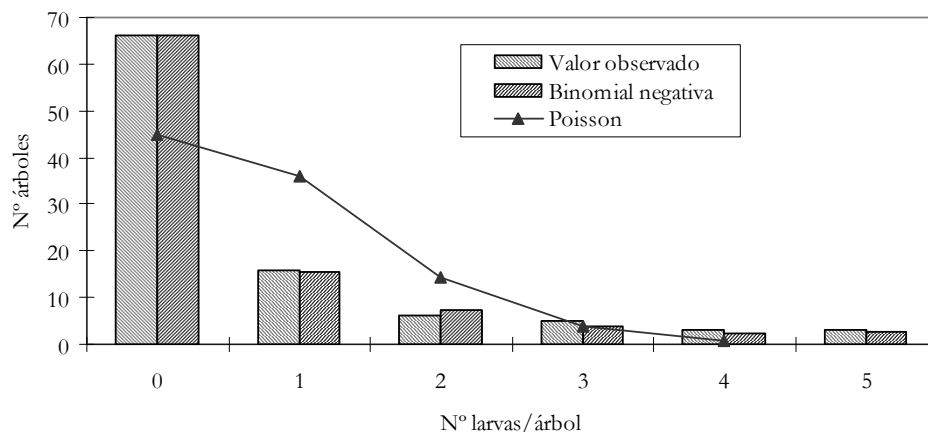
$$\text{Log } (s^2) = \text{log } (a) + b \text{ log } (m) \quad (7)$$

donde la intersección a es un parámetro dependiente del método de muestreo, y el coeficiente angular b se define como índice de agregación, variable con la especie, pasando desde una distribución regular ( $b \rightarrow 0$ ), a una casual ( $b=1$ ) o a una agregada ( $b > 1$ ).

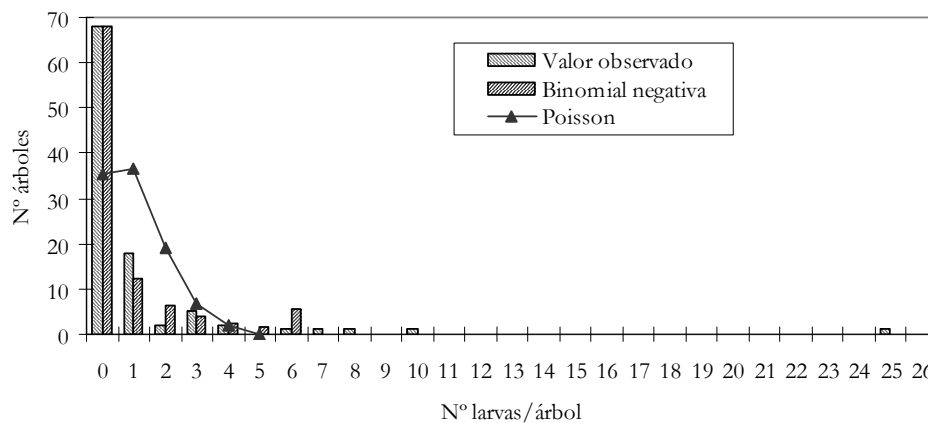
#### 4.1.2 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de larvas presentes en cien árboles (las frecuencias observadas) y las frecuencias esperadas para las distribuciones de Poisson y binomial negativa se representan en las Figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 para la parcela de Monte da Raposinha y las tres parcelas de la Quinta do Pereiro, respectivamente, en los años 2003, 2004 y 2005.

(A) 2003



(B) 2004



(C) 2005

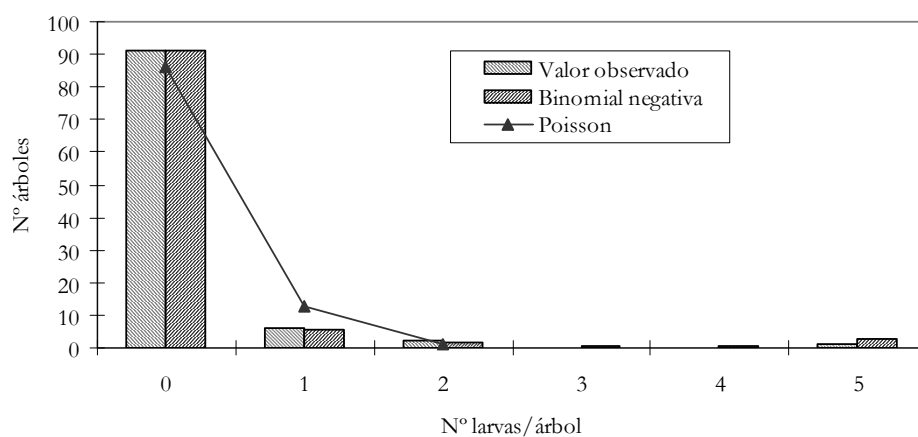
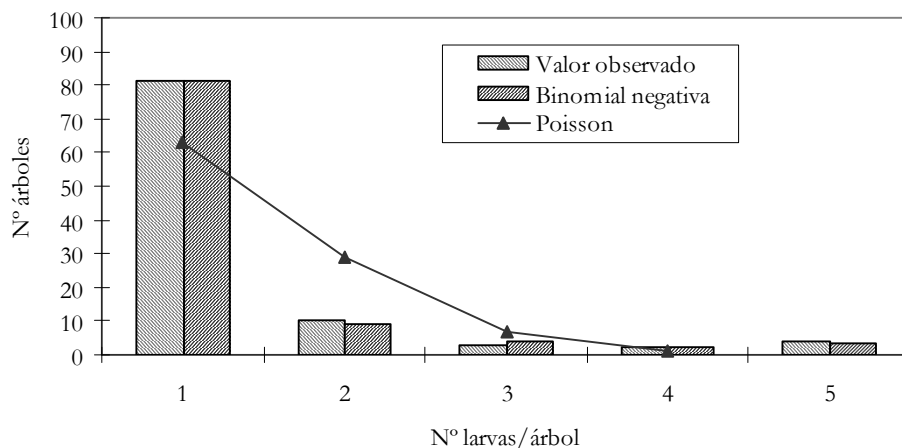
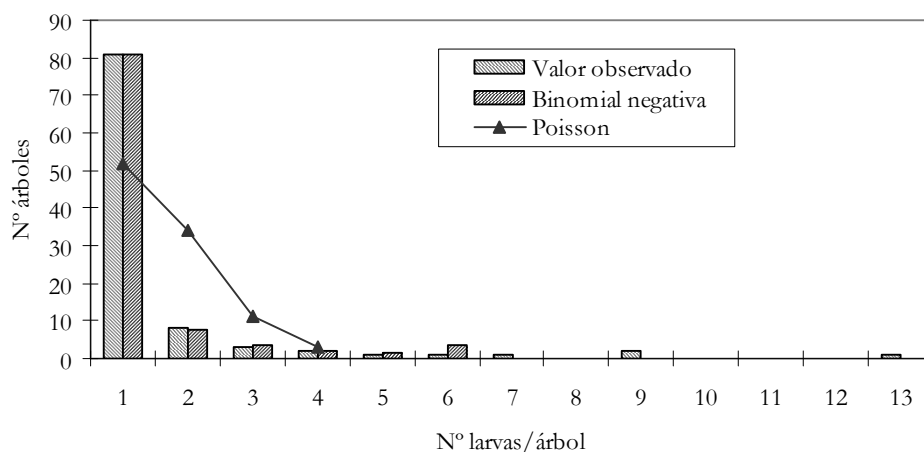


Figura 4.1– Frecuencias observadas y esperadas de larvas por árbol mediante la distribución binomial negativa y de Poisson, en parcela de Monte da Raposinha (Beja).

(A) 2003



(B) 2004



(C) 2005

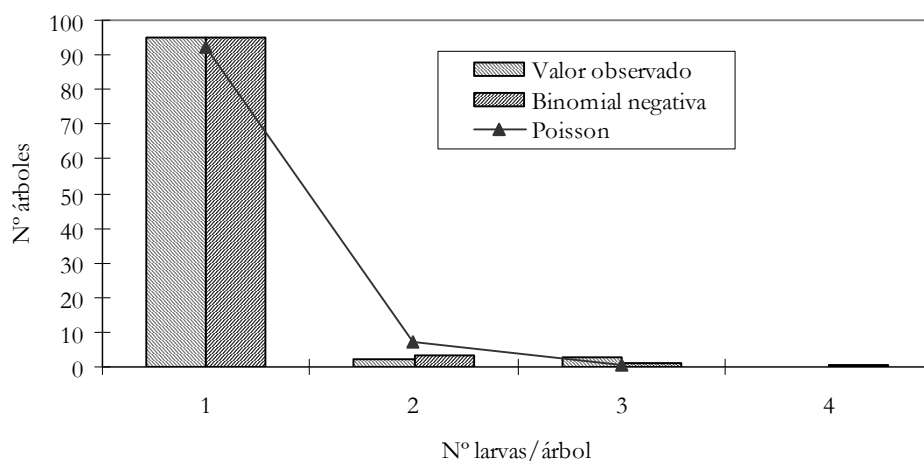
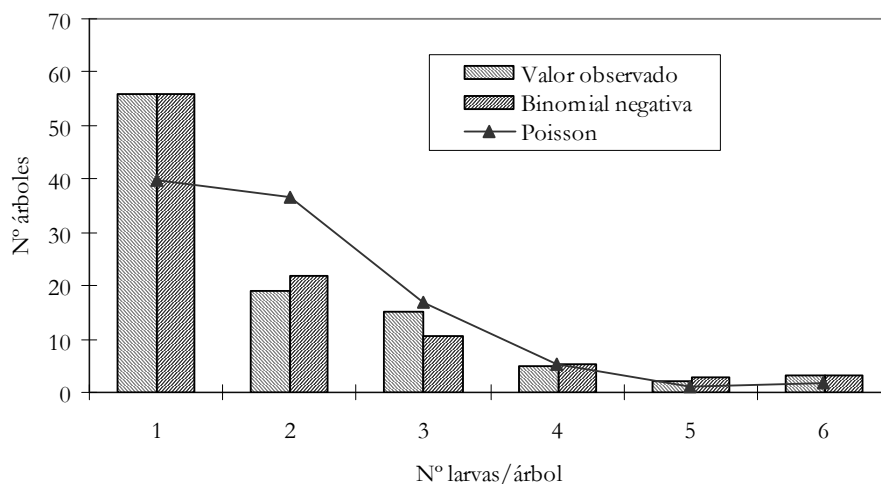
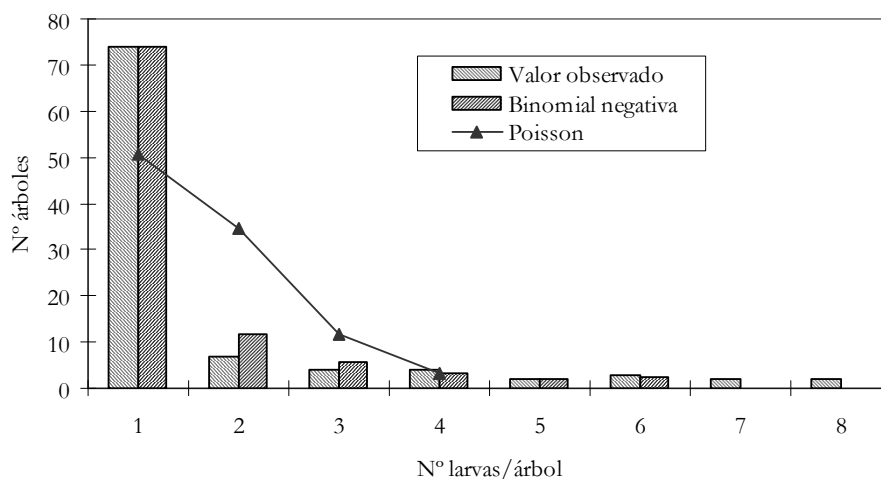


Figura 4.2– Frecuencias observadas y esperadas de larvas por árbol mediante la distribución binomial negativa y de Poisson, en parcela P1 de Quinta do Pereiro (Ferreira do Alentejo).

(A) 2003



(B) 2004



(C) 2005

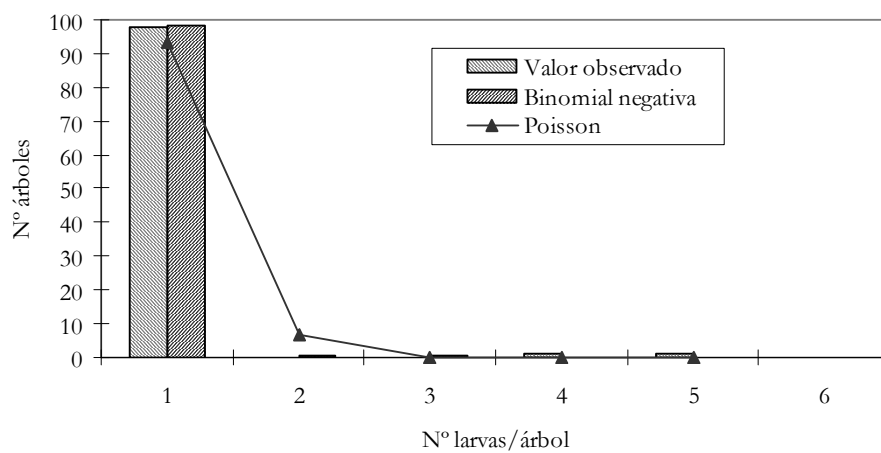
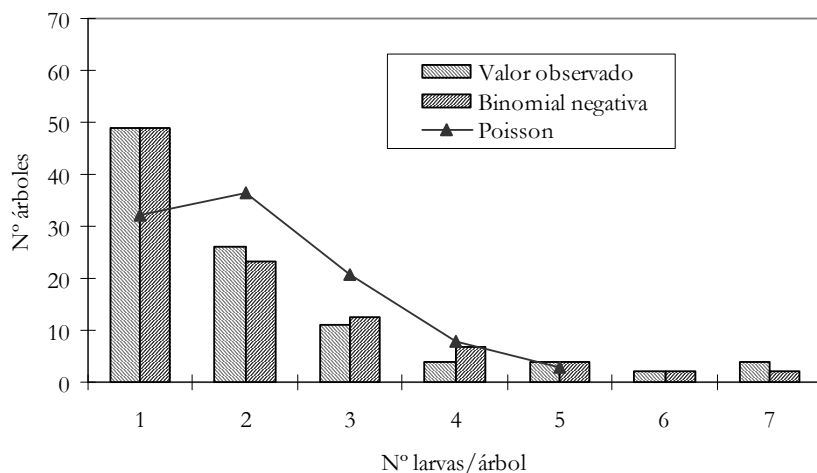
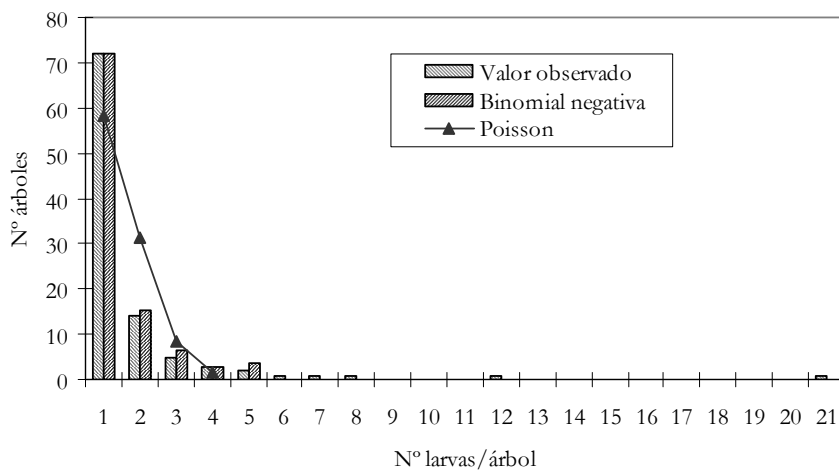


Figura 4.3– Frecuencias observadas y esperadas de larvas por árbol mediante la distribución binomial negativa y de Poisson, en parcela P2 de Quinta do Pereiro (Ferreira do Alentejo).

(A) 2003



(B) 2004



(C) 2005

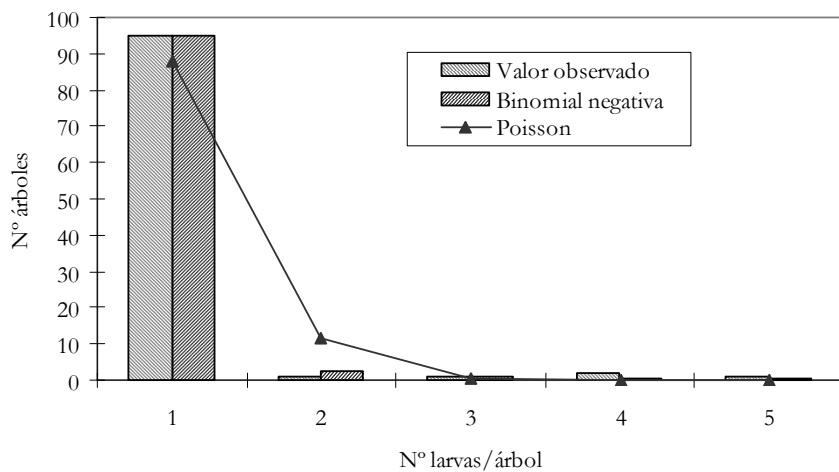


Figura 4.4– Frecuencias observadas y esperadas de larvas por árbol mediante la distribución binomial negativa y de Poisson, en parcela P3 de Quinta do Pereiro (Ferreira do Alentejo).

El número medio de larvas por árbol varió entre 0,07 y 1,14 (Tabla 4.1). En esta misma tabla se presentan los índices de dispersión obtenidos en las cuatro parcelas durante los tres años consecutivos. El índice  $s^2/m$ , considerado fundamental (Davis, 1994) depende fuertemente de la uniformidad de las unidades de muestreo y su variación puede provocar alteraciones en el resultado de este índice. Por ello, este índice presenta un problema, especialmente para poblaciones agregadas, pues su límite superior es en función del tamaño de cada muestra (Krebs, 1989). No obstante, de todos los datos analizados resulta un índice superior a uno, lo que indica una dispersión de tipo agregada.

Tabla 4.1 - Número medio de larvas por árbol (m), varianza ( $s^2$ ), relación varianza/ media ( $s^2/m$ ), Índice de Dispersión (ID), Índice de Lloyd ( $X^*/m$ ) e Índice de Green (IG)

Fecha	Nogal Parcela	m	$s^2$	$s^2/m$	ID	$X^*/m$	IG
Mayo /03	M. Raposinha	0,80	2,44	3,06	302,50	3,57	0,0260
Mayo /03	Q.Pereiro-P1	0,46	1,75	3,79	375,74	7,08	0,0621
Mayo /03	Q.Pereiro-P2	0,92	2,11	2,29	227,56	2,41	0,0142
Mayo /03	Q.Pereiro-P3	1,14	2,95	2,59	256,18	2,39	0,0141
Mayo /04	M. Raposinha	1,04	10,38	9,98	988,31	9,64	0,0872
Mayo /04	Q.Pereiro-P1	0,66	4,29	6,50	643,09	9,33	0,0845
Mayo /04	Q.Pereiro-P2	0,76	2,81	3,70	366,11	4,55	0,0359
Mayo /04	Q.Pereiro-P3	0,54	1,58	2,93	290,44	4,58	0,0364
Mayo/05	M. Raposinha	0,15	0,37	2,47	245,00	10,83	0,1053
Mayo/05	Q.Pereiro-P1	0,08	0,13	1,68	167,00	9,58	0,0981
Mayo/05	Q.Pereiro-P2	0,07	0,25	3,54	350,14	37,24	0,4227
Mayo/05	Q.Pereiro-P3	0,13	0,37	2,89	287,00	15,61	0,1582

El índice de dispersión (ID) permitió clasificar la pauta de distribución poblacional como agregativa, pues el test estadístico “d” varió entre 4,24 y 30,42 (valores mayores que 1,96 a partir del cual se considera una distribución agregada).

El índice del agregado medio de Lloyd está comprendido entre los valores 2,39 y 37,24, lo que puede indicar una distribución agregada, al ser mayor que uno. El valor

más bajo del índice se verificó en Quinta do Pereiro, en parcela P3 (año 2003), y el mayor en la parcela P2 de Quinta do Pereiro (año 2005).

El índice de Green (ID) varía de 0,01 a 0,42, lo que nos indica una pauta agregativa, al ser mayores que cero. El valor más alto se verificó en la parcela P2 de Quinta do Pereiro (año de 2005), coincidiendo con el resultado obtenido con el índice del agregado medio de Lloyd.

Por tanto, los resultados obtenidos por el cálculo de todos los índices apuntan a una distribución agregada de la población.

### **Cálculo del parámetro k de la distribución binomial negativa**

Como se ha dicho, este parámetro es otro índice que estima la dispersión de la población. El estudio de nuestros datos indica que la hipótesis del ajuste entre los valores observados y los esperados en la distribución binomial no puede ser rechazada, en la mayoría de las muestras, con excepción de la parcela P<sub>2</sub> en Quinta do Pereiro, en el año 2004 (Tabla 4.2) y en las tres de esta zona en el año de 2005. No obstante, en estos casos los valores de  $\chi^2$  nos indican que la diferencia entre las frecuencias observadas y las esperadas es muy pequeña.

Los datos no se ajustaron, sin embargo, a la distribución de Poisson (Tabla 4.2), puesto que el test de  $\chi^2$  es significativo, y se rechaza la hipótesis nula (las frecuencias observadas = las frecuencias esperadas).

Tabla 4.2 - Ajustes de los datos observados a la distribución teórica Binomial negativa y de Poisson

Fecha	Nogal	m	Binomial negativa		Poisson
			k	$\chi^2$ /significación	$\chi^2$ /significación
Mayo /03	M. Raposinha	0,80	0,3464	0,67 / NS	67,05681 / *
Mayo /03	Q.Pereiro-P <sub>1</sub>	0,46	0,1505	0,57 / NS	39,928716 / *
Mayo /03	Q.Pereiro-P <sub>2</sub>	0,92	0,668	2,57 / NS	452,68901 / *
Mayo /03	Q.Pereiro-P <sub>3</sub>	1,14	0,8111	2,94 / NS	36,191661 / *
Mayo /04	M. Raposinha	1,04	0,2230	7,65 / NS	66,36807 / *
Mayo /04	Q.Pereiro-P <sub>1</sub>	0,66	0,1070	0,69 / NS	51,34428 / *
Mayo /04	Q.Pereiro-P <sub>2</sub>	0,76	0,2049	11,10 / *	68,10117 / *
Mayo /04	Q.Pereiro-P <sub>3</sub>	0,54	0,3510	3,79 / NS	36,191660 / *
Mayo /05	M. Raposinha	0,15	0,1090	2,29 / NS	553,92 / *
Mayo /05	Q.Pereiro-P <sub>1</sub>	0,08	0,022	4,98 / *	28,77 / *
Mayo /05	Q.Pereiro-P <sub>2</sub>	0,07	0,009	9,62 / *	948,73 / *
Mayo /05	Q.Pereiro-P <sub>3</sub>	0,13	0,031	6,08 / *	1085,59 / *

### Cálculo de un valor común para el parámetro k (Kc)

Para cada muestra se calculó el parámetro k y se encuentra un valor de k común. En la Tabla 4.3 se presentan los valores de y' y x' de las muestras que se ajustaron a una binomial negativa. Para todas las medias y varianzas que siguen esta distribución binomial negativa, la pendiente fue de  $1/k = 32$ , pero el coeficiente de determinación es muy bajo, por lo que se excluyeron las parcelas de Monte da Raposinha /2004 y P1 de la Quinta do Pereiro /2004, por presentar valores de k muy superiores a las restantes. En la Figura 45 se representa la recta de regresión con un  $r^2 = 0,82$  y pendiente de  $1/k_c = 6,02$ , de donde se deduce que  $k_c = 0,17$ .

Tabla 4.3 - Cálculo de un valor común para el parámetro k

Año/Parcela	X'	Y'	Log m	Y'/X'
2003/Monte Raposinha	0,6155	5,1753	-0,0969	8,4075
2003/Quinta do Pereiro – P1	0,1941	2,5880	-0,3372	13,3306
2003/Quinta do Pereiro – P2	0,8252	3,5521	-0,0362	4,3043
2003/Quinta do Pereiro – P3	1,2701	7,5619	0,0569	5,9537
2004/Monte Raposinha	0,9777	106,7505	0,0170	109,1767
2004/Quinta do Pereiro – P1	0,3927	17,7207	-0,1804	45,1221
2004/Quinta do Pereiro – P3	0,2757	1,9698	-0,2676	7,1433
2005/Monte da Raposinha	0,0187	-0,0122	-0,8239	-0,6494

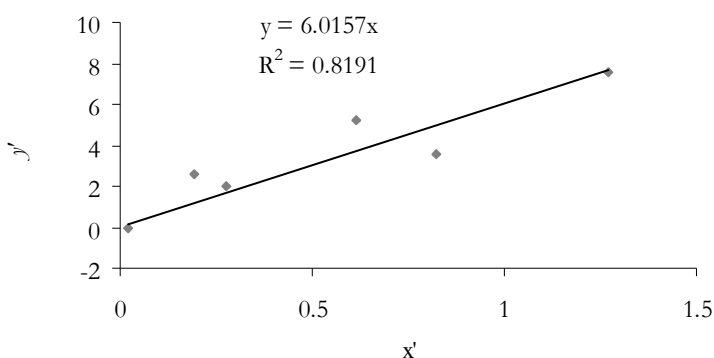


Figura 4.5– Regresión para la estimativa del k común.

Para obtener la validez de este parámetro, se realiza el test gráfico, con objeto de estudiar la homogeneidad. El grupo de muestras presentó una pendiente baja pero no nula, como se refleja en la gráfica de dispersión de la Figura 4.6.

Por tanto, la estimación del parámetro k no se considera suficientemente fiable, si bien el valor de  $k_c$  próximo a cero, nos indicaría una distribución agregada.

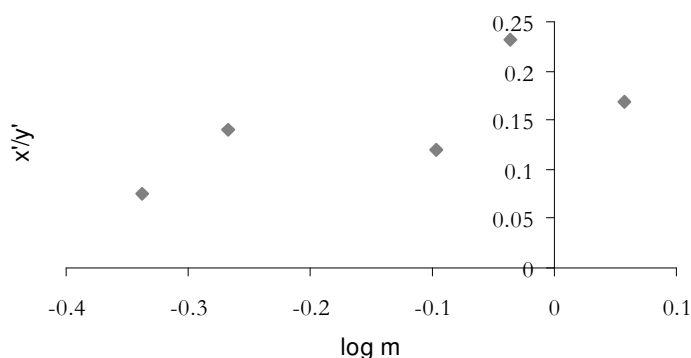


Figura 4.6 - Relación entre k y el logaritmo de la media.

La aplicación de la ley de Taylor proporcionó los resultados presentados en la tabla 4.4.

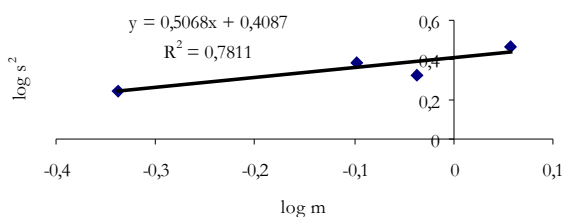
Tabla 4.4 - Estimativas y ecuación de la ley potencial de Taylor para las larvas de *Zeuzera pyrina*, en el muestreo hecho en 2003, 2004, 2005 y en los tres años conjuntamente.

Año	n	a ± SE <sub>a</sub>	A	b ± SE <sub>b</sub>	t = (b-1)/SE <sub>b</sub>	Sig.	r <sup>2</sup>
2003	4	0,409 ± 0,033	± 2,564	0,507 ± 0,190	2,671	Ns	0,78
2004	4	0,933 ± 0,146	8,570	2,611 ± 0,847	3,083	Ns	0,83
2005	4	0,399 ± 0,601	0,40	0,991 ± 0,601	1,650	Ns	0,58
2003-2005	12	0,604 ± 0,078	± 0,60	1,189 ± 0,131	9,020	S	0,89

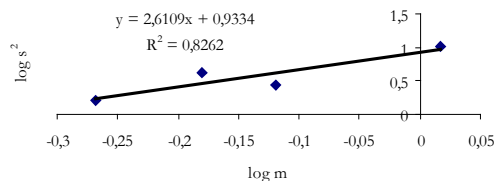
n – número de pares “log s<sup>2</sup>- log m”, A – antilogaritmo de a (A=10<sup>a</sup>)

Del análisis de la regresión conjunta de pares varianza – media (n = 12), se verifica que cerca del 94% (r=0,94) se ajustaron a la recta. El valor del coeficiente b obtenido (b= 1,189) es significativamente mayor que la unidad, indicando que la distribución de las larvas es agrupada (Figura 4.7).

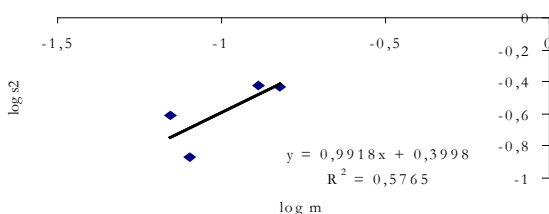
(A) 2003



(B) 2004



(C) 2005



(D) 2003 - 2005

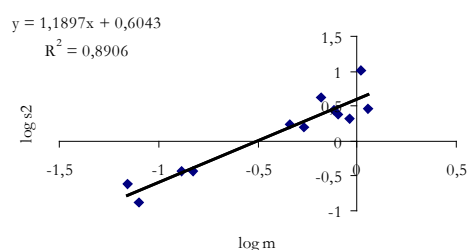


Figura 4.7 – Relación de dependencia entre el log de la varianza y el log de la media para larvas de *Zeuzera pyrina* (L.) en nogal.

En agricultura, la mayoría de las especies muestran pautas de distribución agregativas, siendo bastante raras las distribuciones al azar y las uniformes. En este caso el método de regresión puede explicar ese tipo de distribución sólo cuando se analizan los datos en conjunto (2003-2005). Aunque Perry (1981) señala que este método puede ser inapropiado porque los valores usados para  $s^2$  y  $m$  en la regresión son estimaciones con un error aleatorio, en donde el parámetro  $b$  tiende a ser subestimado, sin embargo, los resultados obtenidos con este método confirman el tipo de dispersión agregativa, coincidiendo con los otros índices de agregación.

El comportamiento que lleva a las especies a mostrar una distribución agrupada puede tener su origen en la existencia de zonas de la planta especialmente atractivas como hábitat o alimento más adecuado, en la atracción que existe entre los individuos de la población, o en el agrupamiento resultante de la puesta de huevos. En caso de *Z. pyrina*, refieren López *et al.* (2003) el número de huevos puede superar el millar y son depositados en masas de hasta más de doscientos.

De todo lo dicho se puede concluir que la pauta de distribución de la población larval de *Z. pyrina* L. puede ser descrita por el modelo binomial negativo.

El valor del parámetro K, de la distribución binomial negativa, varió entre 0,107 y 0,811, con un valor común al conjunto de las muestras de 0,153.

También la ley potencial de Taylor se reveló adecuada para caracterizar la pauta de distribución espacial de la población larval del taladro amarillo. Ésta evidenció una pauta de distribución espacial agregativa, con un valor de b significativamente superior a la unidad ( $b=1,189$ ).

#### 4.2 – DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

La dimensión de la muestra a observar en un determinado estudio depende de los objetivos que se pretenden alcanzar, de la biología de la especie y de las características de su hábitat (Ives y Moon, 1987). Según estos autores, la optimización de la dimensión de la muestra, con base en el conocimiento de la densidad y de la distribución de la población, permite un muestreo más eficiente, y la obtención de conclusiones estadísticamente más robustas.

En este estudio se determinó el tamaño de la muestra necesaria para obtener estimaciones de la densidad poblacional de larvas de *Zeuzera pyrina* (L.) con diferentes grados de precisión.

##### 4.2.1 - MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología usada en la recogida de datos fue la descrita en el apartado 4.1.1. La determinación del tamaño de la muestra necesaria para estimar la densidad poblacional de la plaga, con una precisión previamente establecida ( $D$ ) y un nivel de confianza ( $1-\alpha$ ), se basa en la estimación de la media ( $m$ ) y de la varianza ( $s$ ), de acuerdo a la siguiente expresión matemática (Green, 1970):

$$D \cdot m = s/\sqrt{n}$$

$$n = (s / D \cdot m)^2$$

donde:

$s/\sqrt{n}$  es el error estándar,  $m$  corresponde a la media muestral, y  $D$  es la precisión fijada como proporción del error estándar respecto de la media, expresada en tanto por uno.

La relación entre la media y la varianza fue obtenida por la ley de Taylor, ya que ésta se mostró adecuada para describir la agregación de la población en estudio (ver Apartado 4.1).

#### 4.2.2 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la ley potencial de Taylor a las muestras de larvas facultó la siguiente ecuación:

$$\text{Log } s^2 = 0,604 + 1,189 \log m \quad (r^2 = 0,89)$$

Que normalmente se presenta de la siguiente forma:

$$s^2 = 0,60 \times m^{1,189}$$

Por lo que el tamaño de la muestra a observar para diferentes densidades poblacionales de la plaga y para tres grados de precisión diferentes (15%, 20% y 25%) puede ser obtenido por la siguiente expresión:

$$n = 0,60 \times m^{1,189} / (D \cdot m)^2$$

En la Figura 4.8 se representa esta función según el grado de precisión fijado.

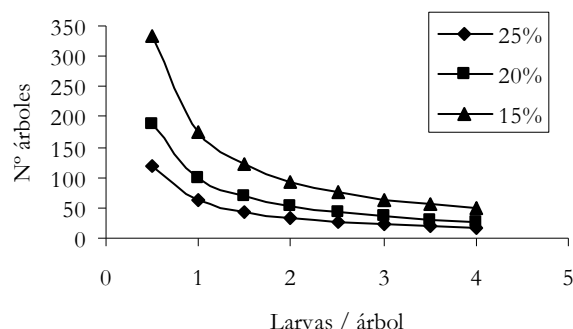


Figura 4.8 – Tamaño del muestreo necesario para estimar densidades poblacionales larvales de *Z. pyrina* L.

Se concluye que la precisión en la estima de la media mejora al aumentar n, pero la cuantía de mejora que se obtiene en la precisión decrece progresivamente al aumentar n una cantidad constante. Según Southwood (1978) en muestreos aplicados en Protección Integrada suele tomarse como valor de  $D = 0,25$ , que es el recomendado habitualmente en estudios extensivos de poblaciones de insectos.

Si el objetivo es un estudio científico es difícil establecer cuál es el parámetro de precisión que será aceptable, porque este puede variar de forma notable con la finalidad del estudio y con el material biológico a disposición. Generalmente para imprecisión del 20-25% y para infestación del orden de una rama infestada por planta, se deberán muestrear 63- 99 plantas. Se trata de un número elevado para trabajos de investigación. El único camino practicable para reducir el trabajo, sabiendo que no se puede superar una imprecisión de 30%, es elegir nogales con infestación muy elevada, que sobre todo nos garantizan una mayor homogeneidad de la infestación.

#### 4.3 - PROTOCOLOS DE MUESTREO PARA ESTIMACIÓN DE LOS RIESGOS DE LA PLAGA

El desarrollo de protocolos de muestreo rigurosos es esencial para:

- 1) el estudio de la dinámica poblacional de las poblaciones de insectos y para el establecimiento de los criterios de decisión;
- 2) el desarrollo de programas de protección contra plagas, en donde es esencial que tales métodos sean rápidos y simples.

El número de unidades de muestreo para el cálculo de la densidad poblacional con un nivel de precisión determinado aumenta extraordinariamente si la población se distribuye de forma agrupada en las unidades de muestreo. Muchos insectos muestran poblaciones con elevada agregación y, si además la media poblacional es elevada, el trabajo de muestreo puede ser muy grande. Para reducir el esfuerzo del muestreo en las condiciones citadas se ha desarrollado el muestreo binomial, que consiste en el recuento del número de unidades muestrales ocupadas por los individuos y no en el número de individuos por unidad muestral (Torres y Macedo, 1991).

El muestreo binomial o por presencia-ausencia se basa en contar las unidades de muestreo en las que existen o no existen artrópodos respecto a las unidades de muestreo observadas en una muestra. Es decir, no se cuenta el número de individuos por unidad de muestreo sino simplemente se observa su presencia o ausencia. El método es una alternativa al método numérico de contar cada individuo, y es aplicable cuando existe una relación constante entre la proporción de unidades de muestreo ocupadas por el insecto ( $p$ ) y el número medio de insectos por unidad de muestreo ( $m$ ), relación que se puede deducir del conocimiento de la pauta de distribución espacial de la población. Este método es usado tanto en la estimación de la media poblacional como en la fundamentación de la toma de decisión en programas de lucha integrada contra plagas (Moreno y Moraza, 1996).

En el presente estudio, se desarrolla un protocolo de muestreo basado en el método binomial, capaz de permitir de forma simple la evaluación de la intensidad del ataque del taladro amarillo, en fase larval, en el nogal.

#### 4.3.1 - MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología de campo utilizada en este estudio ha sido descrita en apartado 4.1.1. Si los datos se ajustan a la función de distribución binomial negativa, entonces la fórmula que relaciona  $p$  con  $m$  viene dada por la expresión de Bliss y Fischer (1953):

$$p = 1 - (k / (k + m))^k,$$

siendo  $k$  un parámetro característico de la distribución binomial negativa.

El valor de dicho parámetro no es constante, sino que varía al modificarse la media, por lo que se puede intentar encontrar una  $k$  común. De forma más realista, se puede suponer que  $k$  es función de la media, según la expresión de la binomial negativa y, teniendo en cuenta la ley potencial de Taylor que relaciona la varianza con la media, llegar a una relación constante entre  $p$  y  $m$ :

$$p = 1 - \exp[-m(\ln(a m^{(b-1)}) / (a m^{(b-1)}) - 1)]$$

propuesta por Wilson y Room (1983), donde  $a$  y  $b$  son las constantes de la ley potencial de Taylor.

Los modelos en estudio fueron validados a través de la determinación del coeficiente de correlación entre la proporción esperada de árboles ocupados, según los modelos, y la proporción observada.

#### 4.3.2 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Substituyendo el valor  $k$ , obtenido en el apartado 4.1.2, para la población larval de *Z. pyrina*, en la ecuación que relaciona el número medio de larvas por árbol ( $y$ ) con el porcentaje de árboles con larvas ( $p$ ), se obtiene:

$$y = 0.153 \left( \frac{1}{1-p} \right)^{1/0.153} - 1$$

Donde la bondad del ajuste entre el porcentaje de árboles con larvas y el número medio de larvas por árbol, observado y esperado, se representa en la Figura 4.9. El coeficiente de correlación entre el número medio de larvas por árbol observado y esperado, fue de 0,55, de acuerdo con la distribución binomial negativa.

La discrepancia entre los valores observados y esperados del número medio de larvas por árbol aumentó con el aumento de la intensidad del ataque (Tabla 4.5 ).

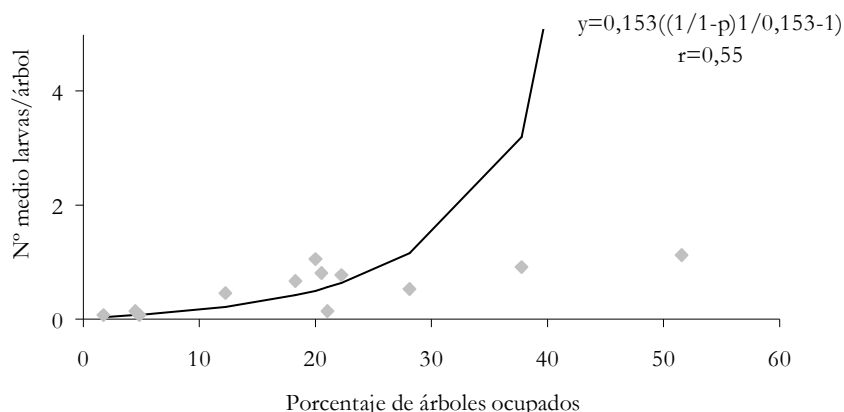


Figura 4.9 – Relación entre el número de larvas por árbol y el porcentaje de árboles con larvas de *Z. pyrina* L. Valores observados y esperados de acuerdo con la distribución binomial negativa.

Tabla 4.5 - Valores observados y esperados del número medio de larvas de *Zeuzera pyrina* L. por árbol, para diferentes porcentajes de árboles dañados

% de árboles con larvas	Nº medio de larvas /árbol	
	Observado	Esperado
1,7	0,07	0,018
4,5	0,13	0,054
4,8	0,08	0,058
12,3	0,48	0,208
18,3	0,66	0,420
19,95	1,04	0,502
20,44	0,8	0,529
21	0,15	0,561
22,2	0,76	0,636
28,1	0,54	1,169
37,7	0,92	3,219
51,5	1,14	17,172

Basándonos en el modelo propuesto por Wilson y Room (1983), la proporción esperada de árboles con larvas en función del número medio de larvas por árbol se expresa en la siguiente ecuación:  $p = 1 - \exp[-m(\ln(a m^{(b-1)}) / (a m^{(b1)} - 1))]$

Esta función se representa en la Figura 4.10 junto con los valores observados. El coeficiente de correlación entre la proporción de árboles con larvas, observada y esperada, fue de 0,76.

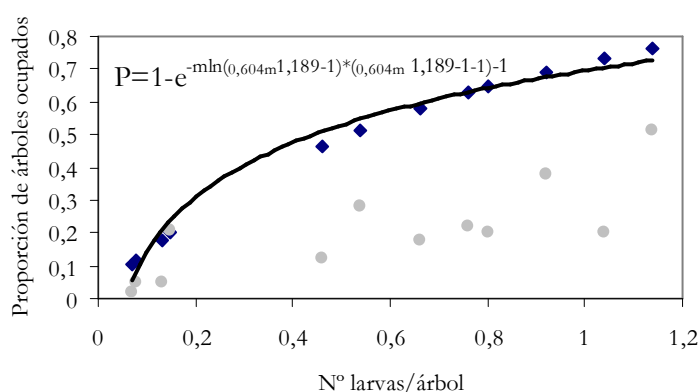


Figura 4.10– Relación entre la proporción de árboles con larvas y el número medio de larvas de *Zeuzera pyrina* L. por árbol. Valores observados y esperados de acuerdo con la ecuación de Wilson y Room (1983).

El número medio de larvas por árbol y la proporción de árboles con larvas, observada y esperada, se encuentran representados en la Figura 4.10.

También la discrepancia entre los valores observados y esperados aumentó con el incremento del número medio de larvas por árbol (Tabla 4.6).

Tabla 4.6 – Valores observados y esperados de la proporción de árboles con larvas de *Zeuzera pyrina* L., para diferente número de larvas por árbol

Nº medio de larvas /árbol	Proporción de árboles con larvas	
	Observado	Esperado
0,54	0,28	0,51
0,46	0,12	0,46
0,76	0,22	0,62
0,8	0,2	0,64
0,92	0,38	0,69
1,04	0,2	0,73
1,14	0,51	0,76
0,66	0,18	0,58
0,15	0,21	0,20
0,08	0,05	0,11
0,07	0,02	0,10
0,13	0,05	0,17

Los dos modelos estudiados se revelaron adecuados para el desarrollo de protocolos de muestreo binomial en la población de larvas del taladro amarillo en el nogal. No obstante, el modelo propuesto por Wilson y Room parece más adecuado, pues el coeficiente de correlación fue superior (0,76) en relación al modelo basado en la distribución binomial negativa (0,55). Se verificó que en cualquiera de los dos modelos estudiados, la diferencia entre los valores observados y esperados aumentó con la intensidad de ataque de la plaga.

Este tipo de muestreo (binomial), permite estimar la media de brotes afectados mediante el simple recuento de plantas infestadas, de modo práctico y con notable ahorro de tiempo.

## 5. LIMITACIÓN NATURAL DE LAS POBLACIONES FITÓFAGAS EN NOGAL

---

### 5.1 – INTRODUCCIÓN

Los artrópodos beneficiosos, como agentes limitantes de las poblaciones naturales de los fitófagos, tienen un papel relevante en la protección de los cultivos. El conocimiento de las especies y de sus relaciones con los fitófagos en los ecosistemas agrarios es fundamental para la protección integrada de los cultivos.

Las especies plagas del nogal en Portugal son la carpocapsa o gusano de la nuez (*C. pomonella*), el taladro amarillo o taladro de la madera (*Z. pyrina*), pulgones (*Callaphis juglandis* y *Chromaphis juglandicola*), ácaros (*Eriophyes erineus*, *E. tristatus*, *Tetranychus cinnabarius* y *T. ludeni*) y la cochinilla (*Eulecanium corni*). Estas plagas están bajo el control ejercido por parásitos y depredadores.

En Portugal se citan los depredadores coccinélidos, particularmente las especies *Adalia decempunctata* (L.) y *Oenopia conglobata* (L.), los sírfidos *Meliscaeva auricollis* (Meigen) y *Syrphus* sp., crisópidos y el himenóptero parasitoide de la familia Braconidae *Trioxys pallidus* (Haliday), como principales insectos beneficiosos en el control natural de los áfidos en nogal (Cecilio y Ilharco, 1997). Según Carmona y Dias (1996), son también importantes en el nogal los ácaros fitoseídeos *Amblyseius avernas* (Oud.), *A. andersoni* (Chant), *A. concordis* Chant, *Pronematus ubiquitous* (P.), *Typhlodromus rhenanus* (Oud.) y *T. soleiger* (Ribaga). Han sido citados por primera vez en Portugal (Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997) los depredadores *Holoparamesus singularis* (Beck) (Coleoptera: Lathridiidae) y *Alloeorhynchus putoni* Kirkaldy (Heteroptera: Nabidae).

Debido a la escasa información que existe en Portugal, el objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de las especies que constituyen la fauna beneficiosa del nogal y de las respectivas épocas de actividad, así como conocer y analizar la riqueza y diversidad de las familias de Hymenoptera, con objeto de poder diseñar en el futuro estrategias de lucha que permitan aprovechar al máximo su acción limitadora de las poblaciones de fitófagos.

## 5.2 - MATERIAL Y MÉTODOS

La lista de los artrópodos presentada en este trabajo fue elaborada con base en las capturas efectuadas en un nogal (*Juglans regia* L.) de 30 hectáreas ubicado cerca de Ferreira do Alentejo, en la Quinta do Pereiro y el ensayo se desarrollo en una parcela con 2 ha de la variedad Hartley.

Entre Abril y Octubre de los años 2002 y 2003 se llevó a cabo el muestreo periódico (quincenal) mediante el golpeo de la planta, técnica descrita por Amaro y Baggiolini (1982). Los artrópodos, después de ser capturados por el golpeo, eran matados con acetato de etilo.

Las capturas fueron clasificadas taxonómicamente mediante claves u bibliografía específica (Raimundo y Alves, 1986, Gibson, 1993, Masner, 1993, Ritchie, 1993, Goulet y Huber, 1993). Los ejemplares de cada orden fueron agrupados en familias o en superfamilias en el caso de los himenópteros parasitoides.

En los dos años siguientes se utilizó otro método de muestreo con trampas amarillas de agua, dirigido a la captura de himenópteros, para profundizar en el conocimiento de la riqueza y diversidad de las familias de Hymenoptera del nogal. Se utilizaron 6 trampas dispuestas al azar en la parcela del nogal y la recogida de los insectos fue realizada una o dos veces por semana, dependiendo de las condiciones climáticas.

En los años de 2004 y 2005 el grupo de los himenópteros fue clasificado taxonómicamente hasta la familia con el uso de las claves de Goulet y Huber (1993), Eady y Quinlan (1963), Askew (1968), Ferrière y Kerrich (1958), Brothers y Finnermore (1993), Finnermore y Brothers (1993), Nixon (1957), Perkins (1959), Perkins (1960), Wahl y Sharkey (1993).

En base en índices de dominancia y frecuencia, se hizo la sistematización de los diferentes grupos taxonómicos, con objeto de dar indicaciones sobre las especies que, por su abundancia y/o frecuencia, se presentan como agentes biológicos a preservar y fomentar.

### **Análisis de los datos faunísticos**

Para el análisis de frecuencia y dominancia de las familias de Hymenoptera capturadas, se utilizó la clasificación propuesta por Palma (1975), citada por Abreu y Nogueira (1989), como un indicador de la frecuencia de ocurrencia y de la cantidad capturada.

El índice de frecuencia se calcula como sigue: (número de muestreos donde fue registrada la familia/número total de muestreos de cada año)  $\times$  100. Con este método se establecen las siguientes clases: de 0% a 25% = accidental; de 25% a 50%= accesoria; de 50% a 100% = constante (Scatolini y Pentead-Dias, 2003).

El índice de dominancia es dado por: (número de individuos de la familia/número total de individuos de cada año)  $\times$  100. Las familias fueron agrupadas en 3 clases: de 0 a 2,5% = accidental; 2,5 a 5%=accesoria; 5% a 100% = dominante (Scatolini y Pentead-Dias, 2003).

La combinación de estos dos índices permitió clasificar las familias en:

Común: constante y dominante.

Intermedia: constante y accesoria; constante y accidental; accesoria y accidental; accesoria y dominante; accesoria y accesoria.

Rara: accidental y accidental.

Fueron también utilizados los índices de diversidad de Simpson-Yule (D) y de Shannon (H') . El primero se obtuvo mediante la ecuación (Southwood, 1978):

$$D = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Donde:  $p_i$  es  $n_i/N$ , siendo  $n_i$  el número de individuos de la familia  $i$  y  $N$  el número de individuos capturados.

El índice de Shannon se obtuvo a través de la ecuación (Southwood y Henderson, 2000):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i * \ln p_i$$

Donde las letras tienen el mismo significado que en la ecuación anterior. Este índice tiene la ventaja de ser independiente del tamaño de la muestra y, tal como el anterior, da mayor importancia a las familias más abundantes. Cuando todas las familias son igualmente abundantes, la diversidad es máxima e igual a  $\ln(S)$ , siendo  $S$  la riqueza de familias.  $H'$  es igual a cero cuando todos los individuos pertenecen a la misma familia.

El índice de Equidad ( $E$ ) se calcula con base en el índice de Shannon, según la ecuación (Southwood y Henderson, 2000):

$$E = H' / \ln(S)$$

Los valores de los índices de diversidad, obtenidos para cada año, fueron comparados a través del test  $F$ , con  $\alpha = 0,05$ .

### 5.3 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Capturas con la técnica del golpeo**

La fauna beneficiosa capturada en los dos primeros años (Tabla 5.1, Figura 5.1) pertenece, en su mayoría, a la clase Insecta: a las familias Coccinellidae, Chrysopidae, Anthocoridae, Miridae y a las superfamilias Chalcidoidea y Proctotrupoidea. También fueron capturados artrópodos beneficiosos de la clase Arachnida.

Entre los coleópteros beneficiosos predominan los de la familia Coccinellidae. En un total de 1541 ejemplares en el año 2002 y de 2087 en el año 2003, fueron identificadas 11 especies. *Stethorus punctillum*, especie polífaga de amplia distribución geográfica, depredadora de ácaros, áfidos, trips y cochinillas (Raimundo y Alves, 1984), se presenta como especie dominante (83% del total de ejemplares capturados el primero año y 86% el segundo año) (Tabla 5.2) y de las más frecuentes (presencia en 73 % del total de las capturas efectuadas el año 2002 y de 71% el año 2003) (Tabla 5.3). Del conjunto de especies, *S. punctillum*, *Pullus mediteraneus* y *Propylea quatuordecimpunctata* representan el 91% del total de capturas de coccinélidos, en el primer año y 97% en el segundo año. La predominancia de estas especies está en consonancia con los resultados obtenidos por Martins *et al.* (2002) en limonero.

Tabla 5.1.- Fauna beneficiosa del nogal en Ferreira do Alentejo.

Principales grupos y especies	Año 2002	Año 2003
Clase Insecta		
Coleoptera		
Familia Coccinellidae	1541	2087
<i>Coccinella septempunctata</i> L.	17	15
<i>Pullus mediterraneus</i> Fabr.	66	194
<i>Rhizobius spp.</i>	25	6
<i>Chilocorus bipustulatus</i> (L.)	4	7
<i>Stethorus punctillum</i> (Weise)	1281	1812
<i>Oenopia sp.</i>	46	0
<i>Propylaea quatuordecimpunctata</i> (L.)	50	19
<i>Tytthaspis sedecimpunctata</i> (L.)	31	9
<i>Scymnus apetzi</i> Mulsant / <i>S. frontalis</i> (F.)	6	1
<i>Adalia decempunctata</i> (L.)	0	1
Otros	6	24
Familia Carabidae	247	133
Familia Staphylinidae	14	0
Familia Dasytidae	5	0
Hemiptera		
Familia Anthocoridae	61	16
<i>Anthocoris spp.</i>	22	8
<i>Orius spp.</i>	39	8
Familia Miridae	169	43
<i>Deraeocoris lutescens</i> (Schilling)	168	38
<i>Atractomus sp.</i>	1	5
Familia Lygaeidae	32	46
Familia Nabidae	9	0
<i>Nabis ferus</i> (L.)	2	0
Otros	1	0
Neuroptera		
Familia Chrysopidae	1108	167
Familia Coniopterygidae	20	4
Familia Hemerobiidae	17	7
Hymenoptera		
Superfamilia Chalcidoidea	247	393
Superfamilia Ichneumonoidea	22	348
Superfamilia Proctotrupoidea	133	416
Otros	8	101
Dermaptera		
Familia Forficulidae	4	20
<i>Forficula auricularia</i> L.	4	20
Clase Aracnida	918	2716
Arañas	918	2716

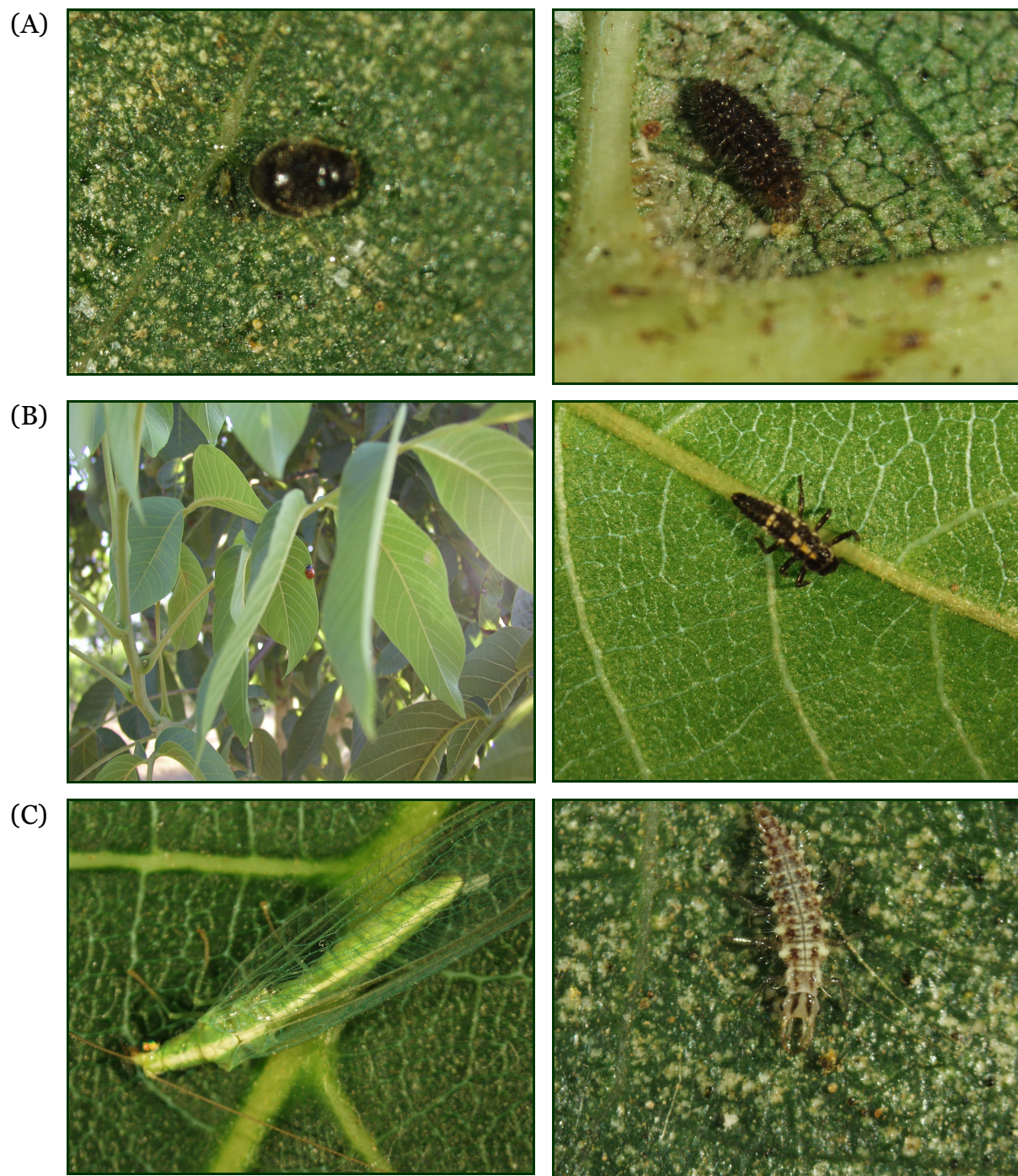


Figura 5.1 – Insectos depredadores capturados con la técnica del golpeo: (A) *Stethorus punctillum* (adulto y larva), (B) *Coccinella septempunctata* (adulto y larva) y (C) *Chrysoperla carnea* (adulto y larva).

En conjunto, cabe destacar la presencia de especies afidófagas, coccidófagas y acarófagas. Entre las especies afidófagas se capturaron *Scymnus apetzi/frontalis*, *Coccinella septempunctata* y *Propylaea quatuordecimpunctata*, que se alimentan posiblemente también de pseudocóccidos (Magro *et al.*, 1994). *S. punctillum*, que fue la especie más observada seguida de *P. mediterraneus*, fue detectada desde mediados de Junio hasta final del periodo de muestreo, registrando un pico de capturas el 18 de Septiembre, en 2002 y el 27 de Agosto en 2003 (Figura 5.2). La dominancia y frecuencia relativa de esta especie (Tablas 5.2 y 5.3) permite ser considerada de gran valor para la limitación natural de los fitófagos.

Entre los coleópteros cabe mencionar la presencia de carábidos en número considerable (247 y 133) y de estafilínidos, aunque éstos en número muy reducido (Tabla 5.1).

Tabla 5.2.- Valores de dominancia (%) de las especies de coccinélidos, capturados por la técnica del golpeo, en nogal de Ferreira do Alentejo.

Especie	Dominancia (%)	
	Año 2002	Año 2003
<i>Coccinella septempunctata</i>	1,10	0,72
<i>Pullus mediterraneus</i>	4,28	9,29
<i>Rhizobius spp.</i>	1,62	0,28
<i>Chilochorus bipustulatus</i>	0,26	0,33
<i>Stethorus punctillum</i>	83,13	86,82
<i>Oenopia sp.</i>	2,99	0,00
<i>Propylaea quatuordecimpunctata</i>	3,24	0,91
<i>Tytthaspis sedecimpunctata</i>	2,01	0,43
<i>Scymnus apetzi/frontalis</i>	0,39	0,00
<i>Adalia decempunctata</i>	0,00	0,05
Otros	0,97	1,15
Total de ejemplares capturados: 1541 (2002), 2087 (2003)		

Tabla 5.3.- Valores de frecuencia (%) de las especies de coccinélidos, capturados por la técnica del golpeo, en nogal de Ferreira do Alentejo.

Especie	Frecuencia relativa ( %)	
	Año 2002	Año 2003
<i>Coccinella septempunctata</i>	55	64
<i>Pullus mediterraneus</i>	73	86
<i>Rhizobius spp.</i>	27	7
<i>Chilocorus bipustulatus</i>	18	36
<i>Stethorus punctillum</i>	73	93
<i>Oenopia sp</i>	36	0
<i>Propylaea quatuordecimpunctata</i>	45	43
<i>Tytthaspis sedecimpunctata</i>	18	36
<i>Scymnus apetzi/frontalis</i>	18	0
Otros	18	36

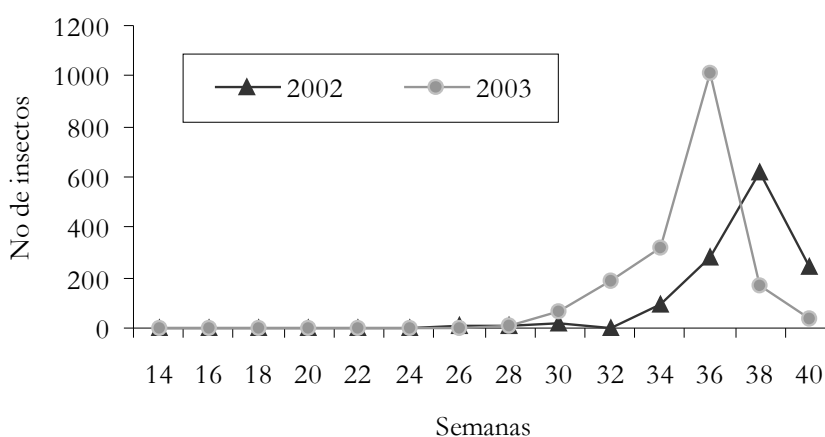


Figura 5.2.- Evolución de las capturas de *Stethorus punctillum* en nogal de Ferreira do Alentejo.

En relación a los neurópteros depredadores, fueron capturados crisópidos, coniopterígidos y hemerobiídos, constituyendo los crisópidos el grupo dominante (un 97% del total de neurópteros capturados en el año 2002 y un 94% en el año 2003) y con una frecuencia del 82% el primer año y del 93% el segundo año (Tabla 5.1, Figura 5.3). La familia Chrysopidae son depredadores polípagos que se alimentan de una gran variedad de insectos (áfidos, cicadélidos, aleuródidos, cochinillas, huevos de lepidópteros, larvas jóvenes y ácaros) (Pantaleão *et al.*, 1994). En nuestro estudio fueron capturados desde el 12 de Junio hasta la cosecha, en el 2002, y desde inicio de Abril hasta mediados de Septiembre, en el 2003, con un pico poblacional el 18 de

Septiembre del 2002 y el 5 de Junio del 2003. En el recuento se incluyeron los adultos y las larvas.

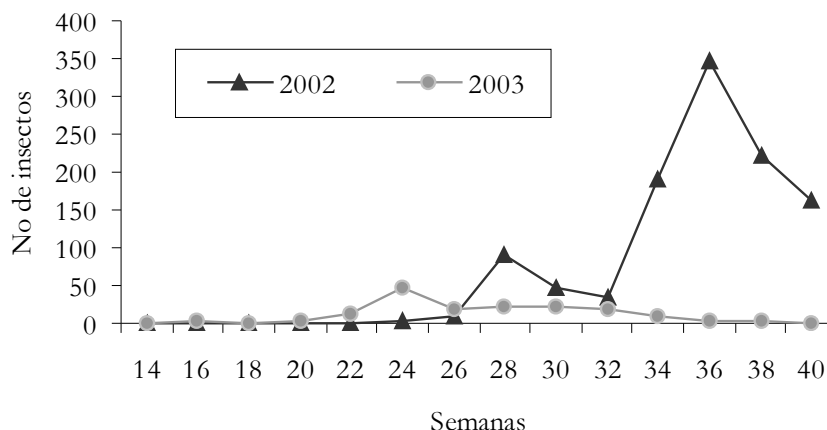


Figura 5.3.– Evolución de las capturas de crisópidos en nogal de Ferreira do Alentejo.

Entre los hemípteros depredadores, de un total de 273 ejemplares predominaron las familias Miridae, Anthocoridae y Lygaeidae. En la familia Miridae fueron capturados 169 ejemplares en el 2002, de los cuales 168 pertenecían a la especie *Deraeocoris lutescens* (un 62% del total de hemípteros depredadores), y solamente 43 ejemplares en el 2003, siendo 38 de la especie *D. lutescens* (un 41% del total de hemípteros depredadores) (Tabla 5.1, Figura 5.4). *D. lutescens* presentó un pico poblacional entre el 24 de Junio y el 9 de Julio, volviendo a subir su nivel poblacional durante el mes de Septiembre. Los míridos, aunque son polípagos, tienen una elevada eficacia potencial sobre los ácaros y psilas.

En la familia Anthocoridae, depredadores polípagos de ácaros, psilas y trips (Reboulet, 1999), predominó el género *Orius* (un 14% del total de hemípteros), con una frecuencia del 55% en el muestreo del año de 2002 y de solamente el 21% en el segundo año. Los ejemplares de *Orius* spp. fueron observados desde el 9 de Julio hasta la cosecha, con un máximo de capturas el 18 de Septiembre, en el primer año, mientras que en el segundo año fueron escasos.

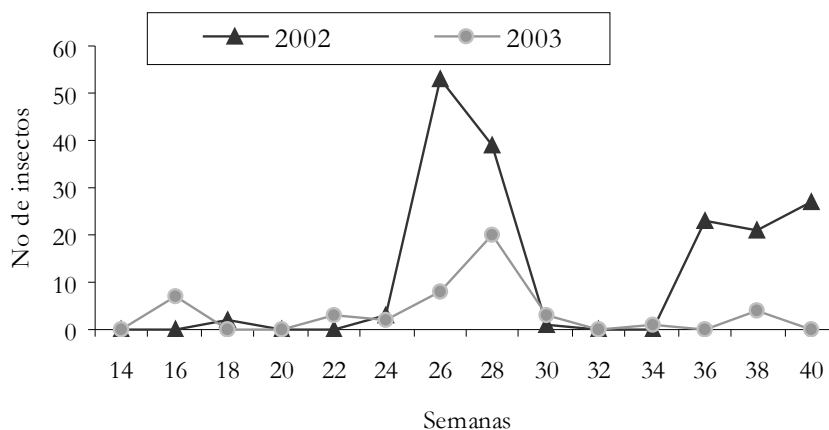


Figura 5.4.- Evolución de las capturas de míridos en nogal de Ferreira do Alentejo.

En relación a los himenópteros parasitoides, se capturaron varios ejemplares pertenecientes a las superfamilias Chalcidoidea, Proctotrupoidea e Ichneumonoidea, predominando los calcidoideos (un 60% del total de himenópteros capturados) en el 2002, mientras que en el 2003 los proctotrupoideos fueron los más abundantes (un 33% del total de himenópteros) y además los más frecuentes, al estar presentes en todos los muestreos efectuados. Los Proctotrupoidea presentan valores de dominancia del 32% en relación a los himenópteros capturados y un valor de frecuencia relativa del 82%, en el 2002, teniendo en el 2003 una dominancia del 33% y frecuencia relativa del 100%. Estos auxiliares surgieron en Abril (Figura 5.5), aumentando sus poblaciones a partir de finales de Mayo en el 2002 y mediados de Junio en el 2003, lo que sugiere que tienen un papel importante en la limitación natural de las poblaciones de áfidos, que fueron observados en el campo a partir de mediados de Junio.

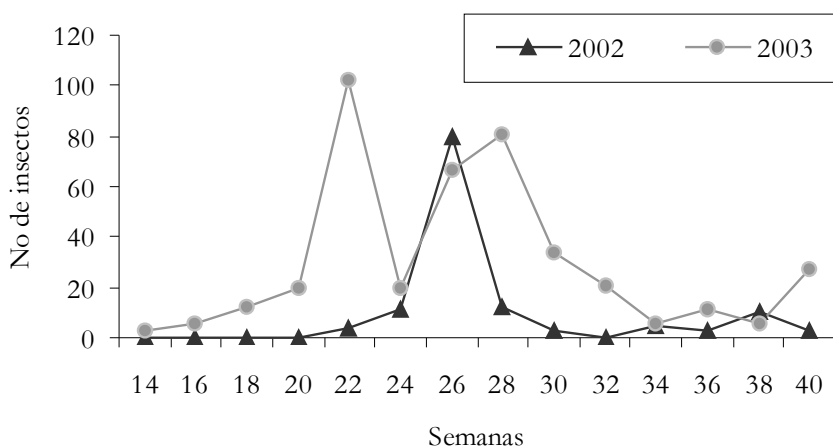


Figura 5.5.- Evolución de las capturas de himenópteros Proctotrupoidea en nogal de Ferreira do Alentejo.

Las arañas estuvieron presentes en todos los muestreos efectuados y, dado el elevado número de ejemplares que se registró (918 en el 2002 y 2716 en el 2003), sería de mucho interés verificar su importancia real e identificar las especies predominantes.

### Capturas con trampas amarillas

Durante el periodo de muestreo fueron capturados 1079 himenópteros (Figura 5.6). En el primer año se capturaron 616 ejemplares. En los dos años tuvo lugar un pico de capturas en el mes de Junio (Figura 5.7). El menor valor de capturas fue registrado en Agosto cuando la media de las temperaturas máximas es superior a 35 °C.



Figura 5.6 - Insectos parasitoides capturados en las trampas amarillas: *Trioxus* sp.(arriba-izquierda), *Apanteles* sp. (arriba-derecha), Ceraphronidae (abajo-izquierda) y Scelionidae (abajo-derecha).

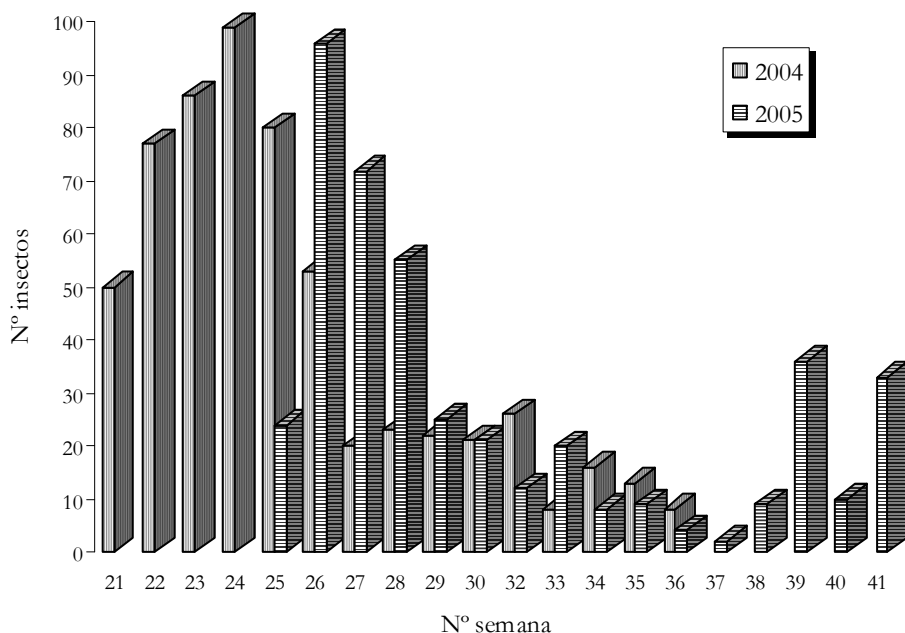


Figura. 5.7. – Distribución de los espécimenes de Hymenoptera en nogal de Ferreira do Alentejo, durante los años 2004-05.

Se presenta en la Figura 5.8 los valores de dominancia referidas a las familias de himenópteros.

La familia Diapriidae, que fue la más observada en el año 2004, se detectó desde el inicio del muestreo hasta el final del mismo, registrando un pico de capturas el 15 de Junio de 2004 y el 20 de Junio de 2005 (Figura 5.9). La dominancia y frecuencia relativa de esta familia (Figura 5.8 y 5.13) permite ser considerada de gran valor para la limitación natural de los fitófagos.

Ceraphronidae y Mymaridae fueron las dos familias que estuvieron presentes en todos los muestreos en 2004, con valores del 76 y 41 % de frecuencia en el 2005 (Figura 5.13). El índice de dominancia de Ceraphronidae fue del 19% y 12% en el primero y segundo año respectivamente.

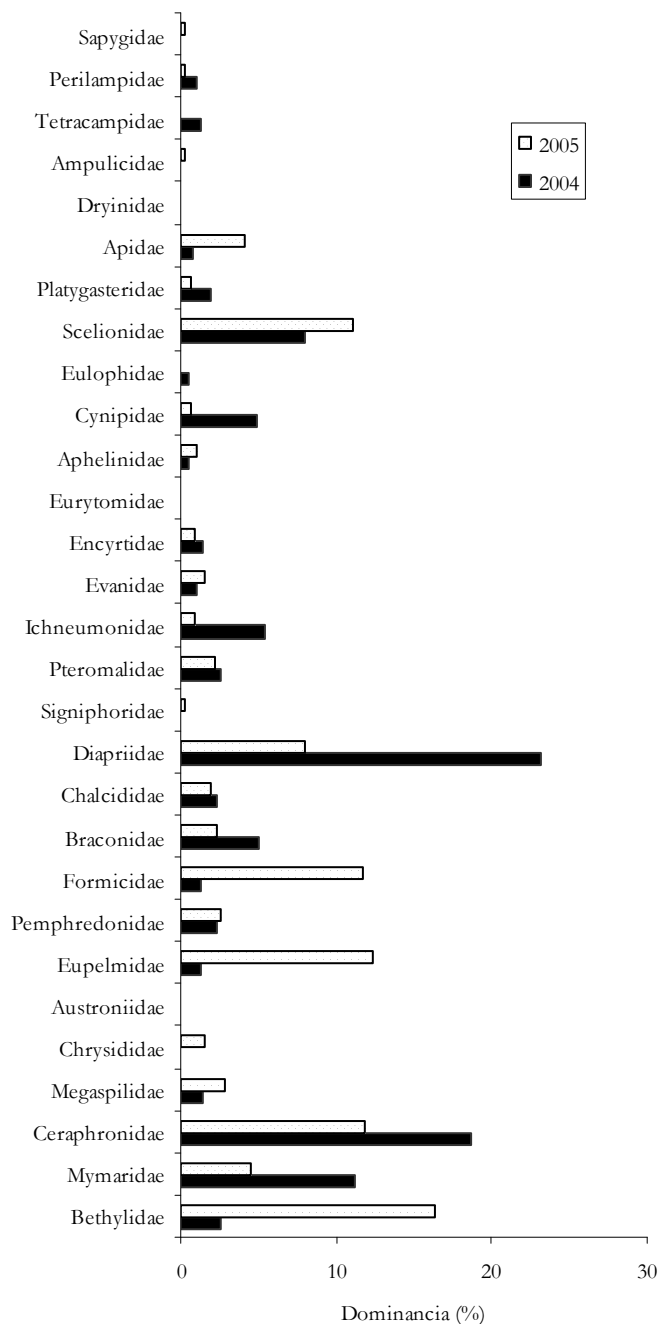


Figura 5.8 - Valores de dominancia (%) de las familias de himenópteros, capturados por la técnica de las trampas amarillas, en nogal de Ferreira do Alentejo.

Los ceraphronideos registraron su pico de capturas el 20 de Junio de 2004 y 27 de Junio de 2005 (Figura 5.10). Los mimáridos presentaron su pico de capturas el 8 de Junio de 2004 y el 27 de Junio de 2005 (Figura 5.11). Cuanto a Scelionidae presentó su pico de capturas el 3 de Agosto en 2004 y el 8 de Junio en 2005 (Figura 5.12).

Con respecto a Mymaridae, presentó índices de dominancia entre 11% y 5%, respectivamente, en 2004 y 2005. Relativamente a Scelionidae, los índices de dominancia presentados fueron de 8% en primero año y 11% en segundo año (Figura 5.8).

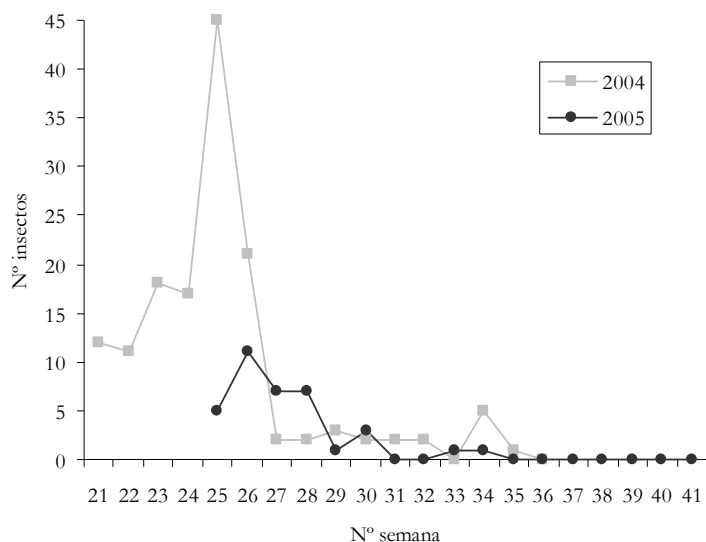


Figura 5.9.- Evolución de las capturas de Diapriidae en nogal de Ferreira do Alentejo durante el 2004 y el 2005.

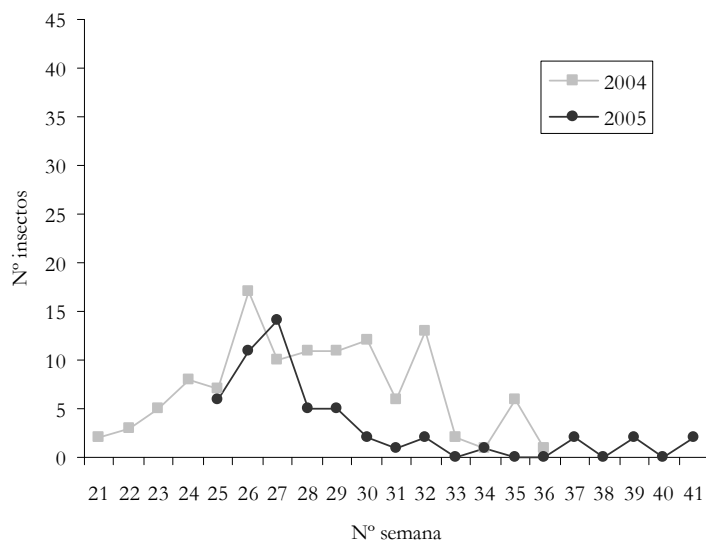


Figura 5.10.- Evolución de las capturas de Ceraphronidae en nogal de Ferreira do Alentejo durante el 2004 y el 2005.

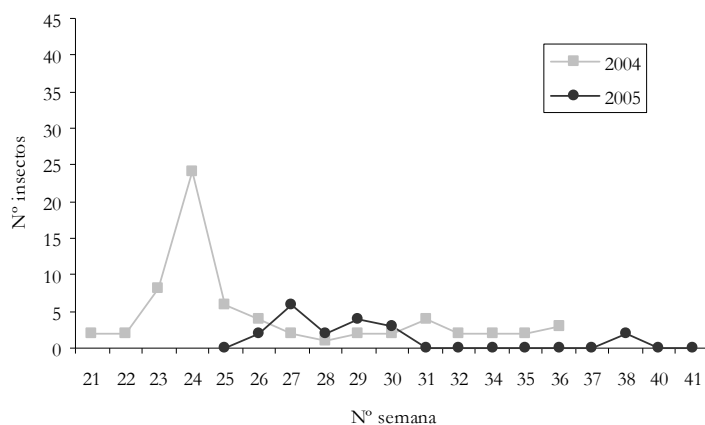


Figura 5.11.- Evolución de las capturas de Mymaridae en nogal de Ferreira do Alentejo durante 2004 y 2005.

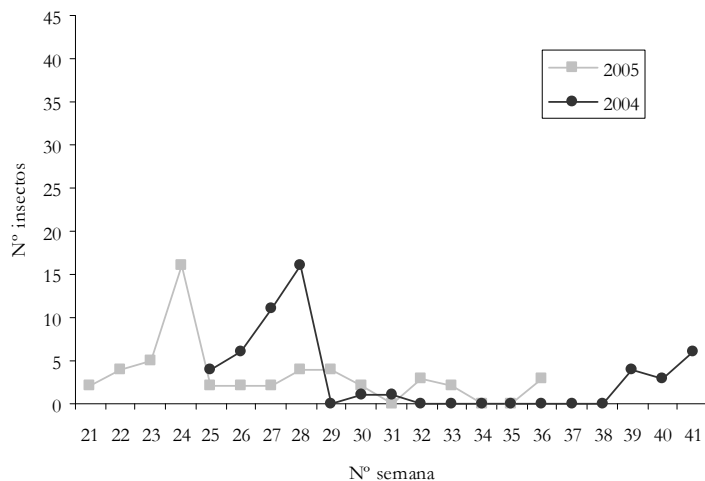


Figura 5.12.- Evolución de las capturas de Scelionidae en nogal de Ferreira do Alentejo durante 2004 y 2005.

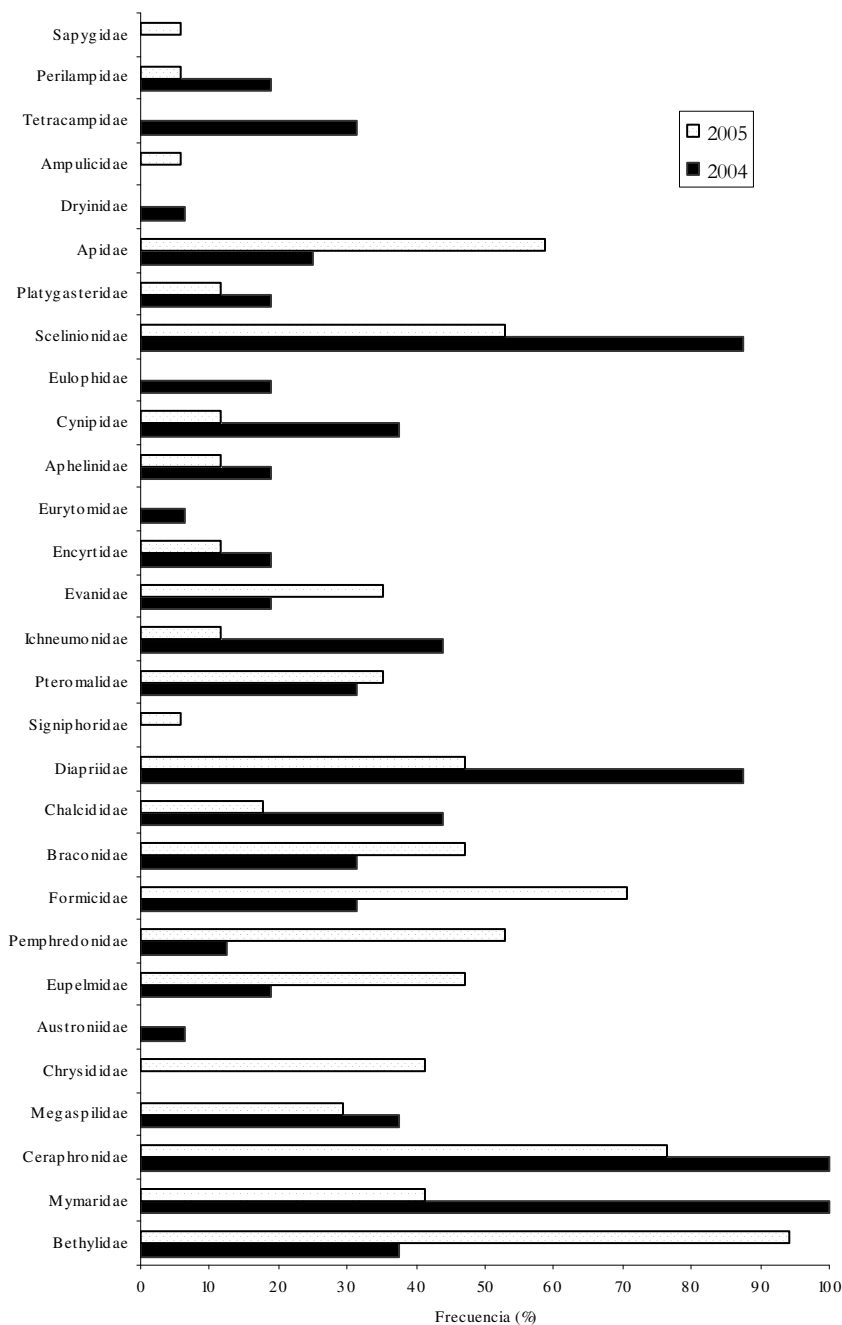


Figura 5.13.- Frecuencia (%) de las familias de himenópteros, capturados por la técnica de los platos amarillos, en nogal de Ferreira do Alentejo en el 2004 (n=16) y 2005 (n= 17).

De acuerdo a los índices propuestos por Palma (1975), se puede concluir que las familias Ampulicidae, Austroniidae, Aphelinidae, Apidae, Dryinidae, Encyrtidae,

Eulophidae, Eurytomidae, Perilampidae, Platygasteridae, Sapygidae y Signiphoridae son raras en los dos años estudiados.

Solamente dos familias se consideran común en los dos años: Ceraphronidae y Scelionidae, habiendo otras que siendo comunes en uno de los años no lo fueron en el otro, como por ejemplo los Bethylidae, Mymaridae, Formicidae y Diapriidae. Las restantes familias son consideradas intermedias (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 – Clasificación general de las familias, según los índices de frecuencia y dominancia de Palma (1975)

Familias	Clasificación general	
	2004	2005
Ampulicidae	-	Rara
Aphelinidae	Rara	Rara
Apidae	Rara	Rara
Austroniidae	Rara	-
Bethylidae	Intermedia	Común
Braconidae	Intermedia	Intermedia
Ceraphronidae	Común	Común
Chalcididae	Intermedia	Intermedia
Chrysididae	-	Intermedia
Cynipidae	Intermedia	Rara
Diapriidae	Común	Intermedia
Dryinidae	Rara	Rara
Encyrtidae	Rara	Rara
Eurytomidae	Rara	-
Eulophidae	Rara	-
Eupelmidae	Rara	Intermedia
Evanidae	Rara	Intermedia
Formicidae	Intermedia	Común
Ichneumonidae	Intermedia	Rara
Megaspilidae	Intermedia	Intermedia
Mymaridae	Común	Intermedia
Pemphredonidae	Rara	Intermedia
Perilampidae	Rara	Rara
Platygasteridae	Rara	Rara
Pteromalidae	Intermedia	Intermedia
Sapygidae	-	Rara
Scelionidae	Común	Común
Signiphoridae	-	Rara
Tetracampidae	Intermedia	Intermedia
- Sin capturas		

En cuanto a los índices de diversidad, el valor del índice de Simpson-Yule no difirió significativamente entre años (Figura 5.14).

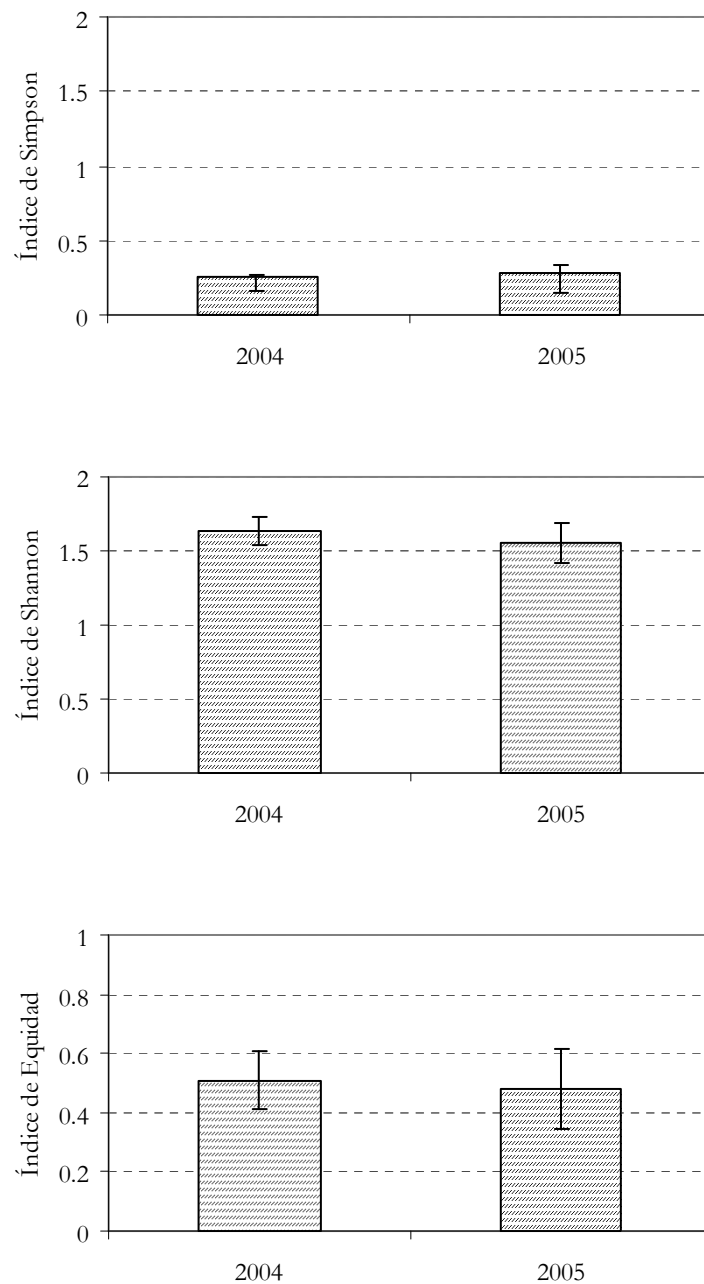


Figura 5.14 – Índices de diversidad de Simpson-Yule y de Shannon e índice de equidad relativamente a las familias de Hymenoptera en los muestreos del 2004 y 2005.

El análisis del índice de Shannon muestra haber existido diversidad idéntica entre años (Figura 5.14). Cuando todas las familias dentro de una comunidad son igualmente abundantes, la diversidad es máxima, y como una medida de esa uniformidad el índice de equidad reveló no haber diferencias significativas entre años.

Podemos concluir que han sido reconocidos insectos beneficiosos que forman parte de la entomofauna del nogal. Pensamos que es necesario continuar este estudio en próximos años, para verificar si las especies predominantes son las mismas o si aparecen otras nuevas, así como profundizar más sobre sus periodos de actividad y su relación con los fitófagos presentes en el ecosistema del nogal.

## **6. EFICACIA DEL MÉTODO DE CONFUSIÓN SEXUAL PARA EL CONTROL DE *Zeuzera pyrina***

---

### 6.1 - INTRODUCCIÓN

La comunicación entre los insectos es de naturaleza principalmente química; se realiza mediante la emisión de sustancias químicas volátiles por parte de un individuo que son detectadas por otro individuo, de la misma especie o de una especie diferente. Los compuestos que utilizan individuos de la misma especie para comunicarse entre sí se denominan feromonas, y cuando sirven para comunicarse individuos de sexos diferentes reciben el nombre de feromonas sexuales. La técnica de confusión sexual consiste en saturar el ambiente del cultivo con una cantidad tal de la feromona sexual de la plaga que se impida la localización de las hembras por parte de los machos y, en consecuencia, el apareamiento y la puesta de huevos fértiles (Pedigo, 2002, Vives de Quadras, 1988, Guerrero, 1988, Frescata, 2004).

La feromona sexual de *Zeuzera pyrina* se conoce y está disponible de varios proveedores, por lo que la confusión sexual puede ser una buena alternativa para su control. La confusión sexual para el control de esta especie empezó en los años 90 (Audemard *et al.*, 1997, Pasqualini y Natale, 1999, Haniotakis *et al.*, 1999) y la investigación ha continuado durante esta década (Sarto, 2001, Avilla y Bosch, 2001, Patanita, 2004). Los más recientes resultados demuestran el éxito del método. Por ejemplo, en Grecia pudo observarse una reducción de la infestación del árbol, de la infestación de los brotes y del número de galerías activas en la parcela con confusión sexual con respecto al testigo después del primer año (Haniotakis *et al.*, 1999). La reducción del número de galerías larvales y del número de brotes atacados es mayor cuando la confusión sexual se aplica durante varios años consecutivos (Sarto, 2001). Algunos fallos del método pueden ser debidos a la inmigración de hembras ya

apareadas (Knight *et al.*, 1995), la existencia de densidades poblacionales demasiado altas (Pfeiffer *et al.*, 1993), la superficie demasiado pequeña de la parcela o su forma demasiado alargada, el sistema de formación de los árboles y la presencia de excesivo viento (Gut y Brunner, 1996).

Los bordes de las parcelas donde se realiza confusión sexual son los puntos donde hay mayor posibilidad de daños debido a que la concentración de feromona que allí se encuentra es menor que la que se encuentra en el interior de las fincas por el efecto de barrido del viento (Gut y Brunner, 1996). El éxito de la confusión sexual no depende únicamente de la cantidad de atrayente que se coloca en la finca, sino también de la distribución temporal del mismo, ya que se debe mantener un mínimo de concentración de feromona durante todo el período de vuelo de la plaga (Charmillot, 1990).

En este capítulo se estudia la posibilidad de uso de la feromona sexual de la especie para el control de sus poblaciones en nogal del Sur de Portugal, en donde se ensayó la técnica de confusión sexual desde el 2002 hasta el 2004.

## 6.2 - MATERIAL Y MÉTODOS

El método de confusión sexual fue aplicado en nogales ubicados en Monte da Raposinha, próximo a la ciudad de Beja, que tiene 10,5 ha de árboles de las variedades Serr, Hartley y Chandler. La parcela en confusión sexual está constituida por zonas con diferentes marcos de plantación y árboles de diferentes edades. Basándose en estas condiciones, se dividió el área de estudio en ocho subparcelas. Se utilizó además, como testigo, una parcela de 2 ha de la variedad Hartley, en la que no se aplicó ningún tratamiento insecticida desde Junio del 2001 y que estaba separada de las subparcelas tratadas por más de 200 m (Tabla 6.1).

Los dispensadores de feromona utilizados fueron Izonet Z, suministrados por Biosani, producidos por Shin-Etsu Chemical Co., Ltd. y que contienen 70 mg de (E,Z) – 2,13 octadecadienilacetato y (E,Z) – 3, 13 octadecadienilacetato. Se instalaron en la parte superior del copado de los árboles, con la ayuda de un tractor con pala frontal o con la utilización de un aplicador diseñado al efecto (Figura 6.1). En el primer año los dispensadores fueron colocados el 29 y 30 de Abril, a dosis de 400 dispensadores / ha y en los años siguientes fueron instalados de 28 de Abril a 10 de Mayo en el 2003, y de 4 a 14 de Mayo en el 2004, a dosis de 300 dispensadores /ha.

### **Estimación de la densidad poblacional y daños**

Para evaluar la eficacia del método de la confusión sexual se realizaron observaciones visuales de la infestación de las ramas (en Abril /Mayo) y de los brotes (en Julio /Agosto) con el objetivo de determinar el número de galerías activas en una muestra de 5 árboles. Para el efecto se utilizó un diseño completamente al azar, siendo la unidad experimental 5 árboles, y 20 las repeticiones. Se anotó el número de galerías larvales detectadas por observación visual. Los análisis estadísticos de los datos se llevaron a cabo con el software Statistix 8.0 y se procedió al uso del test no paramétrico de Wilcoxon, con nivel de significación de 0,05.

Para la evaluación de la infestación existente en la plantación, ésta fue recorrida en su totalidad, para la observación visual de las ramas dañadas. Esta evaluación tuvo lugar

del 15 al 17 de Mayo el primer año, del 17 al 19 de Abril el segundo año y del 13 al 15 de Abril el tercer año. Más tarde, el 16 y 17 de Julio del 2002, 24 y 25 de Julio del 2003 y 2 y 3 de Agosto del 2004, fue evaluada la infestación de cada año, por observación de los brotes del año secos o sin turgencia, con presencia del orificio de entrada. Cada árbol que tuviese por lo menos uno brote infestado fue marcado.

Tabla 6.1 – Características de las parcelas del experimento.

Parcela	Superficie (ha)	Nº árb./ha	Altura media	Edad árboles	Dispensadores /ha	E2,Z13- 18Ac	Variedad
P1	1,77	198	6	10	300-400	21 - 28g	S
P2	0,81	172	6	6	300-400	21 - 28g	H
P3	2,05	195	6	12	300-400	21 - 28g	S
P4	1,34	331	4	4*	300-400	21 - 28g	Ch+S
P5	1,12	175	5	2-10	300-400	21 - 28g	Ch+S
P6	0,60	177	6	6-13	300-400	21 - 28g	S
P7	0,68	131	2	4**	300-400	21 - 28g	S
P8	1,45	288	4	4	300-400	21 - 28g	S+Ch
Testigo	2,25	181	8	14			H

\* árboles injertados en la variedad Franquete con 18 años

\*\* árboles injertados en la variedad Franquete con 19 años

S = Serr; H = Hartley; Ch= Chandler



Figura 6.1– Colocación del dispensador de feromona con tractor y con aplicador.

## 6.3 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 6.2 se presenta los niveles de infestación de *Z. pyrina*, en Monte da Raposinha, en las parcelas con confusión sexual y en la testigo. Los resultados demuestran que la interferencia con la comunicación entre los sexos debido a los dispensadores de feromona redujo significativamente la densidad larval de *Z. pyrina* en el árbol.

Tabla 6.2 –Evaluación de la densidad larval de *Zeuzera pyrina*, en Monte da Raposinha, entre 2002-04.

Año	N	N	Nº de larvas / 5árboles					
			Confusión sexual			Testigo		
			Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo
2002	ramas	20	0,55	2,00	0,00	1,35	4,00	0,00
	brotos	20	0,35	1,00	0,00	1,35	4,00	0,00
2003	ramas	20	0,1	1,00	0,00	4,00	21,00	0,00
	brotos	20	0,15	2,00	0,00	1,9	9,00	0,00
2004	ramas	20	0,05	1,00	0,00	5,15	36,00	0,00
	brotos	20	0,15	2,00	0,00	1,9	10,00	0,00

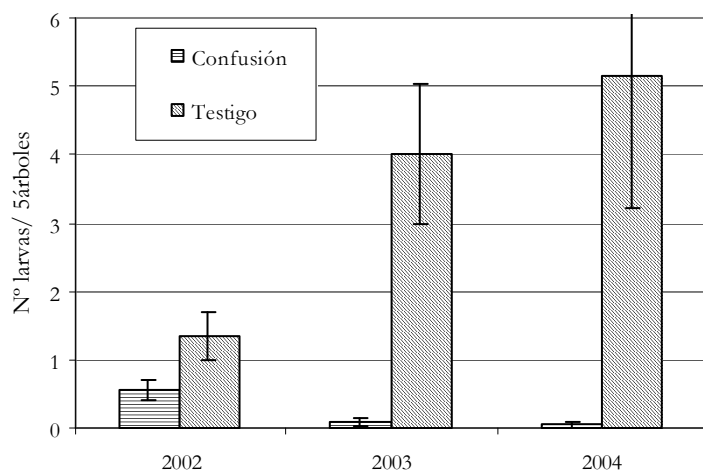
N = nº de repeticiones

La primera evaluación de la densidad larval en el árbol fue hecha inmediatamente antes de la colocación de los dispensadores de feromona, y los valores de 0,55 y 1,35 larvas/5 árboles fueron los valores de densidad larval verificados en las parcelas que van a recibir los dispensadores de feromona (C.S) y en la testigo, respectivamente. Se utilizó el test no paramétrico de Wilcoxon, para analizar las diferencias del número de larvas en 5 árboles de cada parcela (tratada y no tratada). Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) en el caso de que  $Z_{\text{calculado}} > Z_{\text{tabla}}$ . A pesar de que el valor observado en la testigo sea mayor que en la de tratamiento, estos valores no fueron significativamente diferentes ( $Z_{\text{calculado}} = 1,101$ ,  $P = 0,2708$ ). Después de sólo dos meses desde la aplicación de los dispensadores, la evaluación demostró que había diferencias significativas entre las parcelas tratadas y el testigo ( $Z_{\text{calculado}} = 2,119$ ,  $P = 0,0341$ ) con

menos larvas en los brotes de la parcela tratada que en la parcela no tratada (Tabla 6.2, Figura 6.2), después de solamente una aplicación de dispensadores.

La evaluación de la densidad larval hecha a los troncos de los árboles en Mayo del 2003, confirma los resultados obtenidos en Agosto del 2002, resultando una densidad larval significativamente inferior en la parcela tratada ( $Z_{\text{calculado}} = 5,279$ ,  $P = 0,000$ ). Todas las demás evaluaciones mantuvieron esta tendencia de infestación casi nula en la parcela tratada y una significativa mayor densidad larval en la parcela testigo. La evaluación hecha en Agosto del 2003 en los brotes permitió observar una diferencia estadísticamente significativa entre la parcela con confusión sexual y la testigo ( $Z_{\text{calculado}} = 3,639$ ,  $P = 0,0003$ ). Los datos del último año confirman las evaluaciones de los años anteriores, siendo que la infestación de las ramas fue significativamente superior en la parcela testigo que en la tratada ( $Z_{\text{calculado}} = 4,424$ ,  $P = 0,0000$ ), y lo mismo ocurrió en la observación de los brotes ( $Z_{\text{calculado}} = 2,634$ ,  $P = 0,0084$ ) (Figura 6.2).

A



B

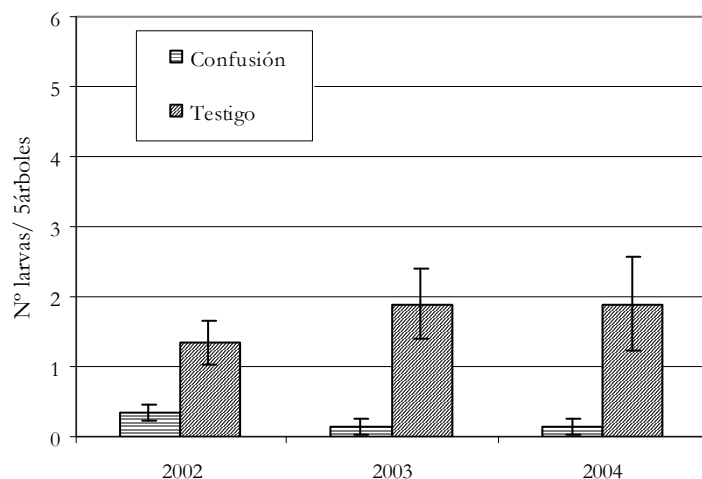


Figura 6.2 – Densidad larval de *Z. pyrina* en las ramas (A) y en los brotes (B) de nogal en el ensayo de confusión sexual realizado en Beja del 2002 al 2004.

En la Tabla 6.3 se reflejan los niveles de daños en las distintas parcelas del ensayo.

Los niveles más elevados antes de la aplicación del método se presentaron en las parcelas P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub> y Testigo (Tabla 6.3).

Tabla 6.3–Árboles dañados por *Z. pyrina* en Monte da Raposinha.

Nº árboles	% árboles dañados						% reducción daño (2002- 04)	
	2002		2003		2004			
	Ramas	Brotos	Ramas	Brotos	Ramas	Brotos		
P c.s.	2098	3,53	0,29	1,29	0,19	0,09	0,05	98,58
P <sub>1</sub>	371	1,08	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	100
P <sub>2</sub>	140	4,29	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	100
P <sub>3</sub>	396	2,02	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	100
P <sub>4</sub>	417	2,88	0,72	2,88	0,72	0,48	0,24	91,66
P <sub>5</sub>	171	15,79	0,58	4,68	0,58	0,00	0,00	100
P <sub>6</sub>	102	9,80	0,00	1,96	0,00	0,00	0,00	100
P <sub>7</sub>	82	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
P <sub>8</sub>	419	1,19	0,48	0,48	0,00	0,00	0,00	100
Testigo	411	6,08	11,44	20,44	20,68	19,95	20,44	

\* Parcelas en Confusión Sexual

Si al principio hay un 3,53% de ramas infestadas, en las parcelas donde se van instalar los dispensadores de feromona y un 6,08% en la parcela testigo, después de sólo dos meses de la aplicación del método ya teníamos un descenso en la infestación en los brotes del 92% (de 3,53% a 0,29%), pero en el testigo tuvo lugar un incremento de la infestación del 47% (de 6,08% a 11,44%).

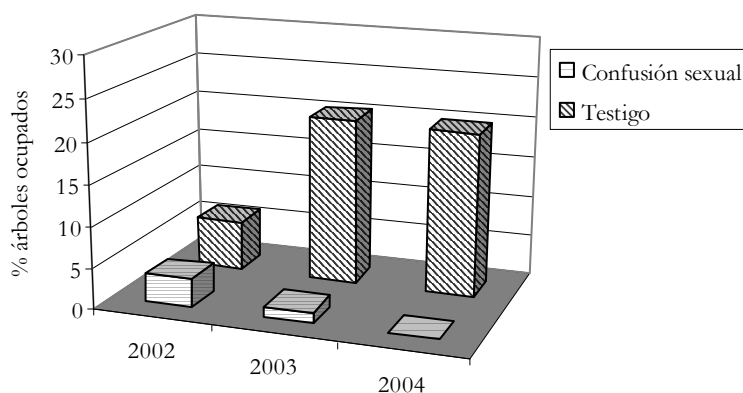
Las parcelas en confusión sexual presentan siempre una infestación inferior a la verificada en la parcela testigo. No obstante, es importante referir que la infestación observada en las ramas en el 2002 (Figura 6.3), corresponde a la infestación existente cuando se inició el experimento. En la observación hecha a los brotes en el 2002, se verificó un descenso de infestación considerable, y a partir del 2003 esta infestación fue muy reducida en la parcela en confusión sexual, mientras que la infestación registrada en la parcela testigo aumentó cerca de tres veces hasta el 2004.

Como se observa en la Tabla 6.3 se verificó una infestación inicial en las ramas del 3,53% en las parcelas en confusión sexual y del 6,08% en la parcela testigo. Después de 1 año, la observación de las ramas permitió detectar una reducción del 64% (de 3,53 % a 1,29% ) y el segundo año una reducción del 93% (de 1,29% a 0,09%). La

observación de los brotes dañados permitió verificar una reducción del 34% (de 0,29% hasta 0,19%) de Julio del 2002 a Julio del 2003, y una reducción del 74% (de 0,19% a 0,05%) de Julio del 2003 a Julio del 2004. Por el contrario, en el testigo se verificó un incremento de la infestación del 70% (de 6,08 a 20,44) en el primer año y un descenso de solamente 2 % (de 20,44% a 19,95%) el segundo año, en la observación de las ramas. Con respecto a la observación de los brotes, el incremento en la testigo fue del 45 % (de 11,44% a 20,68%) el primer año, y una reducción del 1% (de 20,68% a 20,44%) el segundo año.

La Figura 6.3 muestra el porcentaje de árboles con ramas infestadas y el porcentaje de árboles con brotes infestados en nogal con confusión sexual y testigo.

(A)



(B)

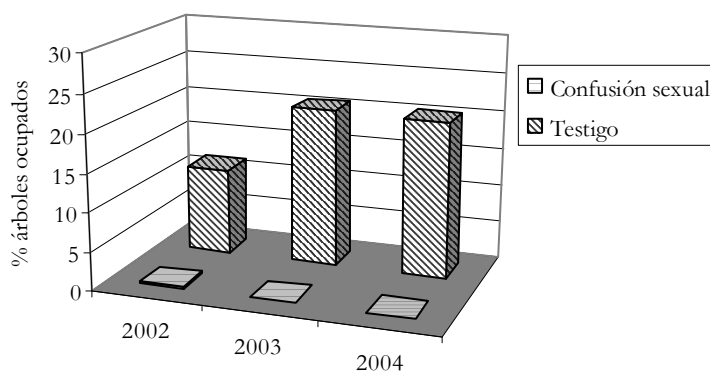


Figura 6.3 – Porcentaje de daño de *Z. pyrina* en las ramas (A) y en los brotes (B) en las parcelas en confusión sexual y en testigo.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la parcela testigo y la parcela tratada con confusión sexual ( $\chi^2 (5) = 90,29$ ).

En los tres años de ensayos, en media, el número de larvas y pupas en la rama gruesa y troncos es inferior, cerca del 98%, al del testigo. También el porcentaje de árboles ocupados por galerías larvales se redujo significativamente en la parcela tratada, en comparación con el testigo. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Audemard *et al.* (1997), que concluyen que el dispensador con feromona de síntesis a una dosis de 234 mg en el primer año y de 160 mg en el segundo año, con el 85% de

pureza del componente mayoritario de la feromona sexual (E2, Z13-18 Ac), fue capaz de reducir la infestación de los árboles del 100% al 17,8% y del 28% al 6,7% después del primer año, utilizándolos a una densidad entre 500-1000 por hectárea en perales de Francia. También en Italia, Pasqualini y Natale (1999), utilizando dispensadores de E2-Z13 C18 Ac + E3-Z13 C18 Ac (95:5) en manzanos, concluyen que el porcentaje de infestación en ramas gruesas y troncos sufre un descenso en la parcela tratada año tras año, cuando se compara con el nivel inicial y con el nivel de la infestación en el testigo.

En lo que respecta al porcentaje de árboles dañados se obtuvo un descenso del 97% (3,53% a 0,09%) en las ramas gruesas de la parcela tratada, comparado con un incremento del 70% (6,08 a 19,95%) en el testigo, lo que está de acuerdo con los resultados obtenidos por Haniotakis *et al.* (1999), en manzanos de Grecia, que obtuvieron reducciones del 53,5% en las parcelas tratadas, frente a reducciones del 27,7 % en el testigo; también se observó una reducción del número de galerías larvales en la parcela tratada en relación a la testigo.

Los resultados obtenidos sugieren que la confusión sexual puede efectivamente reducir el daño de *Z. pyrina* y bajar la densidad larval en ramas gruesas y en los brotes jóvenes, lo que nos lleva a afirmar que el método presentó gran eficacia, en los niveles poblacionales del presente estudio. Aunque puede resultar poco práctico disponer los dispensadores en la parte superior del árbol, en árboles que llegan a 8 m de altura. No obstante, se están desarrollando otros sistemas de distribución de feromonas sexuales que consisten en la pulverización de feromona microencapsulada, como se ha sugerido para el control de *Cydia trasi* (Zhang *et al.*, 2003), o bien la utilización de dispensadores móviles, como los desarrollados por Rama *et al.* (2002) para la lucha contra *Cydia pomonella*, *C. molesta* y otros tortricidos.

## **7. EFICACIA DEL MÉTODO DE CAPTURA MASIVA PARA EL CONTROL DE *Z. pyrina* EN NOGAL**

---

### 7.1 – INTRODUCCIÓN

El lepidóptero *Zeuzera pyrina* (L.) es una especie xilófaga que en estado de larva ataca a brotes y ramas de numerosas especies frutales y forestales, pudiendo llegar a causar la muerte de árboles jóvenes o debilitamiento y pérdida de ramas en árboles de mayor edad. Las aplicaciones insecticidas son poco eficaces debido al hábito endófito de las larvas y al amplio periodo de oviposición.

Los adultos de *Z. pyrina* empiezan a aparecer al final de la primavera, y el periodo de vuelo dura todo el verano. Son de costumbres nocturnas y las hembras hacen la puesta en grupos sobre la corteza de los árboles, preferiblemente en zonas con heridas o entradas de galerías de anteriores ataques. Ponen gran cantidad de huevos, de 500 a 1000 (García-Marí y Ferragut Pérez, 2002). La incubación dura una semana, y las orugas recién nacidas van a los brotes jóvenes e inician galerías ascendentes entrando por las axilas (García Tejero, 1989). Durante su desarrollo emigran varias veces, en sentido descendente, buscando madera cada vez más gruesa. En invierno su actividad se reduce, volviendo a reanudarse en primavera. Según las condiciones climáticas, hay un porcentaje más o menos elevado de orugas que finalizan su desarrollo durante la primavera siguiente, crisalidan y se convierten en adultos (García- Marí y Ferragut Pérez, 2002).

Los daños provocados por este insecto se observan inicialmente en la parte terminal de los brotes, que se secan a partir del punto de penetración de la oruga. La galería, por su parte inferior, comunica con el exterior mediante un orificio por el que sale el serrín y los excrementos, que llegan a formar un montoncito al pie del árbol, por lo

que se las descubre fácilmente (De Andrés, 1991; Neto y Clemente, 1998, García Tejero, 1989).

El control de esta especie es muy problemático porque las larvas viven dentro de las ramas y el periodo de puesta dura aproximadamente cuatro meses (Pasqualini *et al.*, 1992). El hecho de que esta plaga pase casi toda su vida en el interior de los brotes, dificulta su control a través de prácticas habituales, tales como la introducción de un alambre flexible en las galerías para matar la larva, o mediante la utilización de insecticidas de elevado espectro contra los adultos. Se necesitan, por tanto, métodos de control alternativos. La captura masiva puede ser una buena estrategia de lucha contra esta especie.

La captura masiva para el control se ha desarrollado en Italia (Pasqualini *et al.*, 1996; Pasqualini y Natale, 1999) y se ha probado en otros países europeos (Portugal, España, Grecia). Los resultados revelan un grado variable de éxito (Pasqualini *et al.*, 1996; Haniotakis *et al.*, 1999) debido, en algunos casos, a la eficacia del dispensador usado. Cuando ha tenido éxito, se han observado reducciones del número de machos capturados por trampa (Pasqualini *et al.*, 1996) y un descenso del número de larvas por parcela, después del uso continuo del método (Avilla y Bosch, 2001, Sarto, 2001). La trampa tipo funil sin alas bajo el tejado es la mejor solución, tanto para el monitoreo como para la captura masiva, dispuesta 1m por encima de la copa (Pasqualini y Natale, 1999). La comparación entre diferentes tipos de dispensadores no ha tenido buenos resultados, probablemente porque son necesarios más datos, como por ejemplo el tiempo de difusión y la dosis de la cápsula de la feromona (Pasqualini *et al.*, 1997). La comparación entre los dispensadores de goma y plástico llevó a concluir la mayor eficacia de éstos últimos en relación a los de goma (Pasqualini *et al.* 1992).

El objetivo de este trabajo es evaluar la posibilidad de uso de la feromona sexual de *Z. pyrina* para el control de sus poblaciones en nogales de la región del Alentejo (Sur de Portugal), en donde se ensayó la técnica de trampeo masivo durante los años 2003 a 2005.

## 7.2 - MATERIAL Y MÉTODOS

En 2003 el experimento fue instalado en tres parcelas de aproximadamente 1 hectárea cada una. Los nogales son de 10 años, de la variedad Serr y están ubicados en Ferreira do Alentejo. La metodología fue instalar dos trampas en una de las parcelas (testigo), cinco trampas en otra parcela y ocho trampas en la tercera. Las trampas utilizadas son del tipo Mastrap L.<sup>®</sup> y la feromona comercial Isagro (Italia). Estas trampas se colocaron a 1 metro por encima del árbol y fueron observadas semanalmente para registrar el número de adultos capturados. La selección de esta metodología se basó en el conocimiento obtenido en los varios años de experimentos llevados a cabo en Italia (Pasqualini y Natale, 1999, Pasqualini *et al.*, 1997, Pasqualini *et al.*, 1993, Pasqualini *et al.*, 1992).

Se realizaron observaciones en Mayo para la detección de perforaciones activas en tronco y rama gruesa, y en Agosto para detectar las perforaciones resultantes de puestas efectuadas durante el verano, acompañar la progresión de la infestación y obtener resultados de la aplicación del método.

### **Estimación de la densidad poblacional en dos épocas**

Para evaluar la eficacia del método de la captura masiva se realizaron observaciones visuales de la infestación de la rama (en Mayo) y de los brotes (en Agosto) con objeto de determinar el número de galerías activas en una muestra de 5 árboles. El diseño utilizado fue completamente al azar, y se utilizó como unidad experimental 5 árboles y 20 repeticiones. Los análisis estadísticos de los datos se hacen con el software Statistix 8.0 y se procedió al uso del test no paramétrico de Wilcoxon, con nivel de significación de 0,05.

### **Evaluación del daño**

Para evaluar los daños en el nogal, se realizaron observaciones en todos los árboles, para registrar el número de árboles ocupados con - por lo menos - una galería larval. Esta evaluación fue llevada a cabo dos veces al año, la primera antes de la aplicación

de las trampas sexuales, para conocer los niveles de infestación iniciales, y porque es una estimación más rápida y fácil, debido a que la observación es hecha en la parte más baja del árbol. La evaluación del daño en los brotes tiene la dificultad de que la observación incide sobre los brotes jóvenes y éstos se encuentran en su mayoría en la parte superior del árbol.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el test no paramétrico de Wilcoxon, con nivel de significación de 0,05, mediante el programa Statistix 8.0.

## 7. 3 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las parcelas con captura masiva, se obtuvieron 169 adultos de *Z. pyrina* durante el experimento, siendo capturados 80 en el primer año y 89 en el segundo año. Las capturas se iniciaron en Mayo y terminaron en Agosto. En el primer año sólo el 11% se capturaron durante el primer mes, el 51% de las capturas fueron del mes de Junio, el 26% del mes de Julio y el 11% de Agosto (Tabla 7.1). En el segundo año las capturas fueron más tardías y empezaron en Junio, en este primer mes se capturó el 52% del total y en el mes siguiente el 48% restante. En el tercer año no se verificaron capturas en las trampas.

Tabla 7.1 – Total de machos adultos de *Zeuzera pyrina* capturados por año

Mes	2003	2004	2005	Total
Mayo	9	0	0	9
Junio	41	46	0	87
Julio	21	43	0	64
Agosto	9	0	0	9
Septiembre	0	0	0	0
Total	80	89	0	169

En la Figura 7.1 se puede observar el número total de adultos de *Z. pyrina* por trampa en las parcelas con captura masiva y testigo. El número total de capturas no está positivamente relacionado con la densidad de trampas; el mayor valor se registró en la parcela con cinco trampas (36 adultos) en el primer año. En las parcelas con captura masiva, las capturas de adultos / trampa disminuyeron con el aumento de la densidad de las trampas (Figura 7.1). También en el segundo año el mayor número de capturas se verificó en la parcela con cinco trampas (43 adultos). El último año las trampas no capturaron ningún adulto.

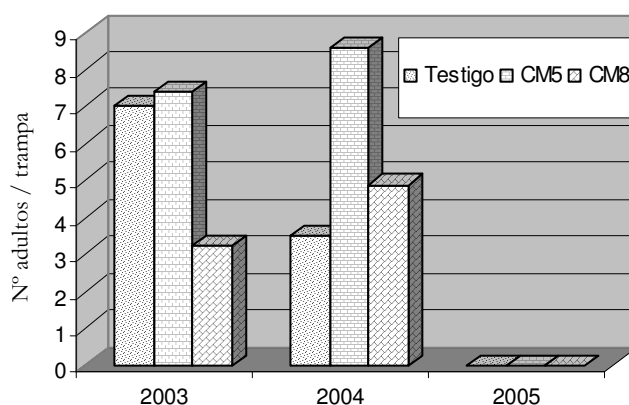


Figura 7.1.– Número total de machos de *Zeuzera pyrina* capturados por trampa en las parcelas con captura masiva y testigo, de 2003 hasta 2005 (Ferreira do Alentejo).

Los análisis estadísticos con el uso del test de Kruskal-Wallis no detectan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el número medio de capturas de *Z. pyrina* en el testigo y en las parcelas de captura masiva con 5 o con 8 trampas (Tabla 7.2).

Tabla 7.2 – Capturas medias de *Z. pyrina* obtenidas por diferente número de trampas por hectárea

	Nº trampas	Total capturas	Media trampa	/ EM	P < 0,05
2003	2	14	0,39	0,11	n.s
	5	37	0,41	0,10	
	8	26	0,18	0,06	
2004	2	7	0,19	0,14	n.s
	5	42	0,47	0,26	
	8	39	0,27	0,15	

La primera evaluación de los niveles poblacionales de larvas fue hecha inmediatamente antes de la colocación de las trampas con feromona, y los valores de 2,3, 4,6 y 5,7 larvas/5 árboles fueron los verificados en las parcelas que recibieron respectivamente 2, 5 y 8 trampas. El valor observado en el testigo es significativamente inferior al verificado en la parcela que irá a recibir 5 trampas ( $Z_{\text{calculado}} = 2,30$ ,  $P = 0,0214$ ) y también estadísticamente inferior a la parcela que recibirá ocho trampas ( $Z_{\text{calculado}} = 3,025$ ,  $P = 0,0025$ ). Después de un año de la aplicación de las trampas, la evaluación hecha demostró que no había diferencias significativas entre la parcela tratada con 5 trampas y la parcela no tratada ( $Z_{\text{calculado}} = 1,548$ ,  $P = 0,1216$ ), porque la infestación disminuyó en la parcela tratada (CM5) y aumentó en la testigo (Tabla 7.3, Figura 7.2), siendo la reducción de la densidad larval verificada en la parcela con 5 trampas del 17%, comparada con un incremento del 30% en el testigo. Tampoco existieron diferencias entre la parcela con 8 trampas y el testigo ( $Z_{\text{calculado}} = 1,369$ ,  $P = 0,1709$ ). La reducción sufrida en la CM8 fue del 53%. En el último año tuvo lugar una disminución más acentuada en la densidad poblacional, el 92% en la parcela tratada, pero no se puede atribuir sólo al método de captura masiva, ya que en la testigo también se verificó un descenso del 88%. La evaluación de la densidad larval hecha a los troncos de los árboles en Mayo de 2005, confirma los resultados obtenidos en el año anterior, verificándose no existir diferencias estadísticamente significativas entre la parcela tratada con 5 u 8 trampas y la testigo ( $Z_{\text{calculado}} = 0,697$ ,  $P = 0,4859$ ) y ( $Z_{\text{calculado}} = 0,481$ ,  $P = 0,6303$ ).

Tabla 7.3– Evaluación de la densidad larval de *Zeuzera pyrina*, en Ferreira do Alentejo, entre los años de 2003-05

Año		Nº de larvas/5 árboles (media ± EM)		
		Testigo	Captura masiva (5 trampas)	Captura masiva (8 trampas)
2003	<b>Rama Gruesa*</b>	<b>2,3±0,78</b>	<b>4,6±0,77</b>	<b>5,7±0,96</b>
	Brotes	3,45±1,67	3,7±0,96	2,65±0,63
2004	Rama Gruesa	3,3±1,56	3,8±0,95	2,7±0,67
	Brotes	0,05±0,05	0,35±0,13	0,2±0,09
2005	Rama Gruesa	0,4±0,19	0,35±0,24	0,65±0,28
	Brotes	0,95±0,23	1,5±0,41	0,1±0,06

\* Observación antes de empezar el método de la captura masiva

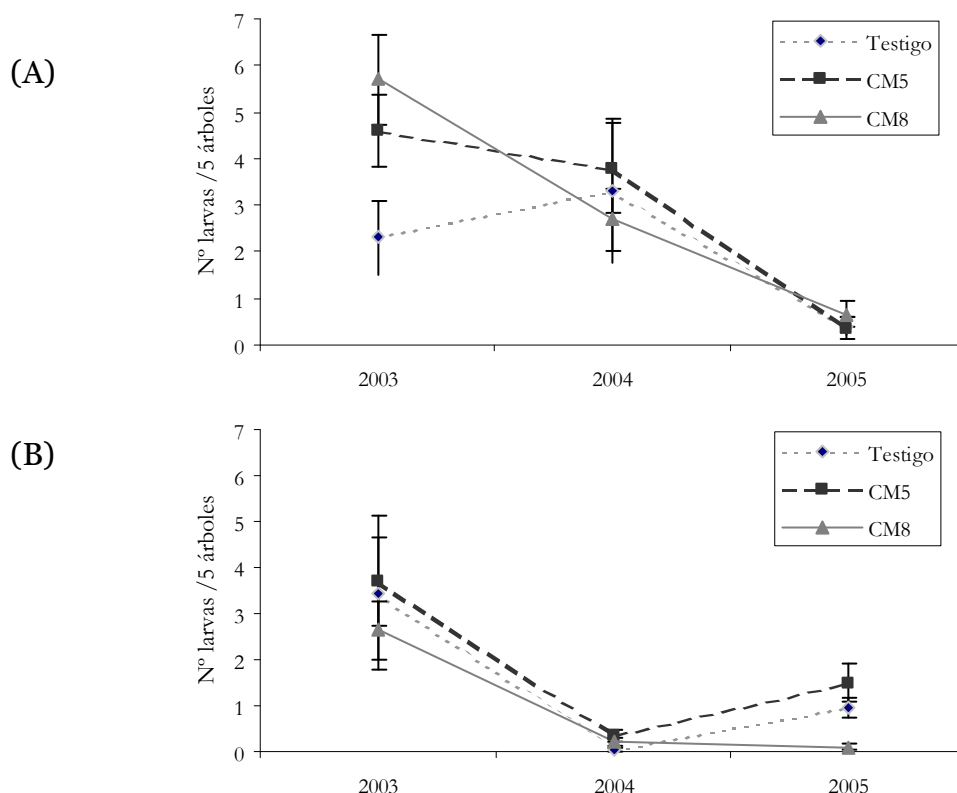


Figura 7.2– Evolución temporal de la densidad larval en las ramas gruesas (A) y en los brotes jóvenes (B), en las diferentes parcelas.

La evaluación hecha en Agosto del 2004, en los brotes, permitió observar una disminución de la densidad larval del 91%, en la parcela con cinco trampas, en relación a lo observado en Agosto del 2003 (Figura 7.2). En esta fecha el valor observado en testigo es semejante al observado en la parcela tratada (CM5), ( $Z_{\text{calculado}} = 1,424$ ,  $P = 0,1545$ ), pero esto mismo no ocurre en Agosto del 2004, cuando el tratamiento estadístico permitió distinguir diferencias significativas entre el testigo y la parcela con 5 trampas ( $Z_{\text{calculado}} = 2,050$ ,  $P = 0,0404$ ). La observación de los brotes en el último año demostró que no había diferencias significativas entre la parcela tratada con 5 trampas y la parcela no tratada ( $Z_{\text{calculado}} = 0,561$ ,  $P = 0,5745$ ). Por lo que respecta a la parcela con ocho trampas, la primera observación de los brotes después de la aplicación del método nos permite concluir que no hay diferencias estadísticas entre ésta y la testigo ( $Z_{\text{calculado}} = 1,397$ ,  $P = 0,1625$ ). Después de 1 año se verifica lo mismo, aunque la densidad larval continúe bajando en la parcela tratada, así como también en la parcela no tratada ( $Z_{\text{calculado}} = 1,393$ ,  $P = 0,1637$ ). Sin embargo,

en el último año las diferencias son estadísticamente significativas ( $Z_{\text{calculado}} = 3,118$ ,  $P = 0,0018$ ).

Pensamos que la mejor evaluación de la eficacia del método de captura masiva se debe hacer por la comparación entre los valores de densidad larval antes de la aplicación de las trampas y un año después (Tabla 7.4). Este análisis hecho también con el método no paramétrico de Wilcoxon permitió detectar una diferencia significativa sólo en la parcela CM8, mientras que en la otra parcela (CM5) la diferencia estadísticamente significativa sólo se verifica en los años siguientes, aunque la reducción en el primer año fuera del 91%. En la parcela testigo el análisis estadístico no reveló efectos significativos en el 2003 – 2004, pero ya lo evidencia en el año 2004-2005 (Tabla 7.4).

Tabla 7.4– Test de Wilcoxon para densidad larval del 2003-04 y 2004-05, en las parcelas con 5, 8 trampas y el testigo

Parcela	Año	n	Z	P
Testigo	2003-04	40	0,750	0,4530
	2004-05	40	2,123	0,0337
CM5	2003-04	40	1,027	0,3044
	2004-05	40	3,699	0,0002
CM8	2003-04	40	2,464	0,0137
	2004-05	40	2,830	0,0047

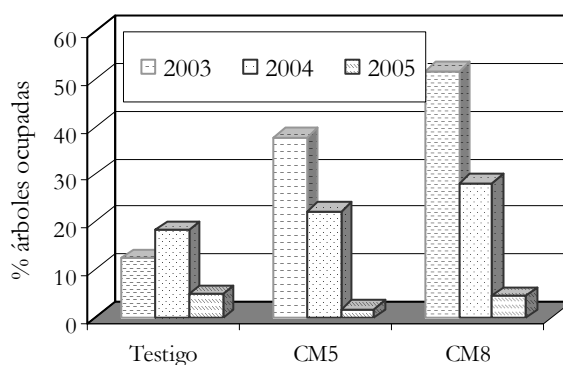
En la Figura 7.3 se puede observar el porcentaje de árboles con galerías larvales activas en las ramas más gruesas (A) y en los brotes jóvenes (B). En las parcelas con 5 y 8 trampas se aprecia una tendencia hacia la reducción gradual de la infestación de los árboles, excepto en la última observación, en los brotes, en donde se obtuvo un aumento.

Tabla 7.5– Evaluación del porcentaje de árboles ocupadas de *Z. pyrina*, en las parcelas con captura masiva y testigo, en Ferreira do Alentejo, del 2003 al 2005

Año		Testigo	Captura masiva	
			5 trampas	8 trampas
2003	Ramas	12,3	37,7	51,5
	Brotes	20,8	24,3	36,1
2004	Ramas	18,3	22,2	28,1
	Brotes	9,9	6	2,7
2005	Ramas	4,8	1,7	4,5
	Brotes	13,5	13,7	3,8

El porcentaje de árboles con troncos infestados se redujo un 41% (de 37,7 a 22,2) en las parcelas con 5 trampas y un 45% (de 51,5 a 28,1) en la parcela con 8 trampas (Figura 7.3), frente al 33% de incremento de la infestación en la parcela testigo (de 12,3 a 18,3) de Mayo del 2003 hasta Mayo del 2004. En el año siguiente la disminución fue del 92% (22,2 a 1,7) en la parcela con 5 trampas y del 84% (28,1 a 4,5) en la parcela con 8 trampas; pero el testigo también sufrió un descenso del 74% (de 18,3 a 4,8) de la infestación (Figura 7.3-A).

(A)



(B)

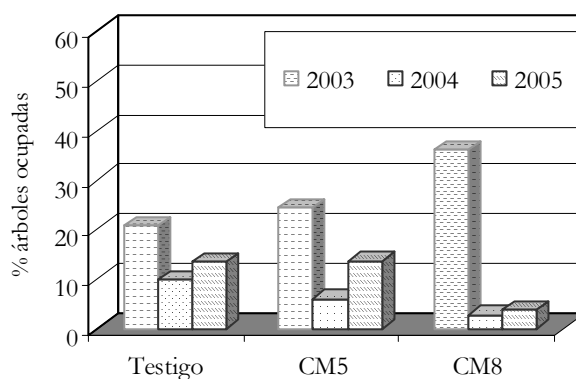


Figura 7.3– Evolución del infestación en las ramas (A) y brotes (B) en las distintas parcelas, según el método.

Las observaciones hechas a los brotes jóvenes permitieron verificar también una disminución del porcentaje de árboles con brotes infestados del 75% (de 24,3 a 6) en las parcelas con 5 trampas y del 93% (de 36,1 a 2,7) en la parcela con 8 trampas; comparado con un descenso del 52% de la infestación en la parcela testigo (de 20,8 a 9,9) de Agosto del 2003 a Agosto del 2004. En el año siguiente la infestación aumentó un 56% (de 6 a 13,7) en la parcela con 5 trampas y un 29% (2,7 a 3,8) en la parcela con 8 trampas; también en el testigo se verificó un incremento del 26% (de 9,9 a 13,46) de la infestación.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la parcela del testigo y la parcela con 8 trampas ( $\chi^2(5)=153,62$ ) y también entre la parcela testigo y la parcela con 5 trampas ( $\chi^2(5)=57,41$ ).

El éxito de cualquier estrategia de lucha basada en trapeo masivo depende de varios factores. Los más importantes están relacionados con el comportamiento reproductivo del insecto, especialmente la poligamia, un suministro de atractivo sexual que sea competitivo con las hembras en el área pretendida y trampas altamente efectivas. También deben ser considerados los factores ambientales que afectan a la eficacia de las trampas, en particular las características del nogal, y la densidad y posición de las trampas con relación a la población de la plaga.

Navon (1977) mostró que las hembras de *Z. pyrina* son monogámicas. Este comportamiento sexual es un factor importante en la determinación del éxito del método. Un factor negativo es que el cruzamiento y el periodo de la puesta es más extenso (Pasqualini *et al.*, 1993), cuando comparado con *Cossus cossus* L. (Gavioli y Baronio, 1987).

Las capturas disminuyeron de un año a otro, lo que puede indicar la eficacia del método por la reducción del número de adultos obtenida después de dos años de utilización, o también la incapacidad de atracción de la trampa cuando los niveles poblacionales ya son muy bajos.

La comparación entre el número de capturas en la parcela con 5 u 8 trampas no reveló diferencias estadísticas significativas, por lo que se recomienda el uso del menor número de trampas (5 trampas). El número medio de capturas por trampa disminuye cuando se usan las 8 trampas por hectárea; se piensa que pueda haber algún efecto de confusión sexual y los machos no son capaces de localizar las trampas. Desde el punto de vista de los factores ambientales, se conoce que las mayores tasas de capturas de adultos ocurren en frutales de baja densidad y árboles pequeños con las trampas instaladas por encima del copado del árbol (Pasqualini *et al.*, 1992). Este último factor es determinante en relación a la competitividad de la feromona sexual de síntesis, pues cuando los dos atrayentes son colocados por encima del copado, las hembras tienen una tasa de capturas superior (Pasqualini *et al.*, 1993). Esto significa que, si todas las condiciones fuesen las mismas, la hembra es más atractiva, pero con las hembras colocadas en la parte superior del árbol y la

feromona por encima del árbol fue posible terminar con la desventaja y obtener una competitividad que puede ser suficiente para el éxito de la captura masiva (Knipling, 1979).

Nuestros resultados están de acuerdo con lo verificado en Italia cuando se ensayaron 5 y 10 trampas por hectárea, para el control del taladro amarillo en peral y manzano. También aquí no hubo evidencia de diferencias estadísticas entre el número medio de capturas por trampa, pero se verificó que el aumento de las capturas fueron proporcionales al incremento del número de trampas (Pasqualini *et al.*, 1996). Experimentos llevados a cabo por Haniotakis *et al.* (1999) en el manzano, utilizando densidades de 9 o 10 trampas por hectárea, no han permitido reducir la densidad poblacional de los adultos, expresada como número total de insectos capturados por trampa. En estos experimentos, en Grecia, la mayor densidad poblacional fue verificada en el último año de ensayo, pero los autores concluyen que este hecho no significa que la captura masiva no sea efectiva, considerando las diferencias en la actividad de las trampas durante los tres años de ensayos.

La densidad larval se redujo un 17% en el primer año, en las ramas gruesas, en la parcela con 5 trampas, y aumentó un 30% en la testigo. En el año siguiente tuvo lugar un descenso más acentuado en la parcela con 5 trampas (92%), pero también hubo una disminución en el testigo (88%), lo que se podrá explicar por el descenso de los niveles poblacionales de adultos desde el año 2002 y también por las prácticas culturales del cultivo, por ejemplo, la poda de las ramas dañadas. En Grecia, Haniotakis *et al.* (1999) verificaron una tendencia para la reducción de infestación en las parcelas tratadas, pero no lo pudieron atribuir a la captura masiva porque la parcela testigo también la evidenciaba. Dicen estos autores que la reducción gradual de la infestación podrá ser una manifestación de un ciclo de 9 años que incluyen 3 años de incrementos poblacionales, 3 años de niveles elevados (altos) y 3 años de descenso poblacional (Myers, 1988).

## 8. CONCLUSIONES

---

### Sobre la biología de la especie en nogal

- En Baixo Alentejo, *Zeuzera pyrina* tiene una generación al año con un periodo de vuelo de adultos relativamente corto, de Mayo a Agosto. La máxima actividad de vuelo se alcanza a mediados de Junio, existiendo alta probabilidad de que las puestas se produzcan durante las cuatro semanas siguientes. Para que la intervención fitosanitaria se realice a tiempo, se propone que las técnicas de estimación de riesgo deben ser ejecutadas durante la primera quincena de Julio.

- Los datos de campo han permitido conocer algunas características de la infestación larval de *Z. pyrina* útiles que permiten formular indicaciones y sugerencias para la mejora de los métodos de muestreo. La distribución de la infestación, evaluada mediante tres métodos diferentes, resultó seguir una pauta agregativa.

- Numerosos insectos beneficiosos forman parte de la entomofauna asociada al nogal. En dos años se han capturado himenópteros pertenecientes a 29 familias, de las cuales Cerapronidae y Scelionidae fueron catalogadas de Comunes. Los índices de diversidad no difirieron entre años.

### Sobre evaluación de los niveles de población larvaria

- Una consecuencia de la distribución agregada es que la selección de las plantas a muestrear debe ser hecha con mucho cuidado. La variación en el espacio y en el tiempo de la zona más infestada implica que la operación para identificar los focos de infestación debe repetirse cada año.

- Para estudios experimentales, asumiendo niveles de imprecisión del 20-25 % y con un nivel de infestación de una rama infestada por planta, el tamaño de muestra necesario es de 63 a 99 plantas. Para reducir este número tan elevado y considerando como límite de imprecisión de 30%, la única forma práctica es elegir nogales con infecciones muy elevadas que nos garanticen una mayor homogeneidad de la infestación.
- Es posible disponer de un método de evaluación de la población larvaria de *Z. pyrina* simple y suficientemente preciso. El parámetro a analizar puede ser el porcentaje de plantas atacadas y se estima la media de brotes dañados.

### Sobre la utilización de la feromona sexual

- En los tres años de ensayos de la técnica de confusión sexual, una sola aplicación de 70 mg de feromona sexual, con 2-3 dispensadores por árbol, tuvo un fuerte efecto en la reducción de la densidad larvaria en ramas y brotes.
- Mediante la técnica de trapeo masivo se produjo una reducción de capturas de un año a otro, lo que puede indicar la eficacia del método. No obstante, los muy bajos niveles de infestación no nos permiten conclusiones definitivas.
- La comparación entre 5 y 8 trampas/parcela no reveló diferencias de eficacia, por lo que se recomienda el uso de la menor densidad. Con 8 trampas/parcela disminuyó el número medio de capturas, por lo que puede haber ocurrido un efecto de confusión sexual, de forma que los machos no sean capaces de localizar las trampas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

---

Abdel-Kawy, A., Salech, M. y El-Azzazi, A. 1996. Using entomopathogenic nematodos in the control of two apple borers. *Egyptian Journal of Biology and Pest Control* **6**, 147-151.

Abreu, P. y Nogueira, C. 1989. Spacial distribution of Siphonophora species at Rio de Janeiro Coast, Brazil. *Ciência e Cultura* **41** (9): 897-902.

ACTA, 1990. *Guide pratique de défense des cultures*. Editions le Carrousel et ACTA, 557pp.

AEDE, 1998. Geography of walnuts and nuts. Web site: www. Internut (cit in: Pou, 2001)

Aletá, N. y Ninot, A. 1992. La nuez en España. Caracterización de la producción y de la oferta. *Revista Hortofruticultura* n° 12.

Aletá, N. y Ninot, A. 2001. Nogal. In Nuez, F. y Yacer, G., (Eds) *La Horticultura Española*. SECH, 491pp.

Amaro, P. 2002 a. A protecção integrada deve ser sempre uma componente da produção integrada. *Guia Jovem Agricultor, 2002.CNJAP*: 78.

Amaro, P. 2002 b. O que é a protecção integrada. *Vida Rural*, **1678**: 39-40.

Amaro, P. 2003. *A Protecção Integrada*. DRARO - INIAP/EAN-ISA/DPPF/SAPI, ISA, Press, 445 pp.

Amaro, P. y Baggiolini, M. (Ed.) 1982. *Introdução à protecção integrada*. FAO/DGPC, Lisboa, 276 pp.

Annecke, D. P. y Doutt, R. L. 1961. *The genera of the Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea)*, Dept. Agric Techn. Adv. Serv., Ent. Mem. Rep. S. Africa, 5, 71pp. (cit in Richards y Davis, 1984).

Arias, A. y Calderon, J. 1973. Observaciones sobre la biología de *Zeuzera pyrina* L. en las Vegas del Guadiana (Badajoz), durante 1972 y 1973. *Boletín Informativo de Plagas*, **112**: 53-76.

Arias, A. y Nieto, J. 1983. Efficacy of two pyrethroids against *Zeuzera pyrina* L. and *Laspeyresia pomonella* L. and site effects on *Panonychus ulmi* Koch – *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias – Agricola*, **24**: 251-266.

Arnaldo, P. 2003. *Contribuição para o conhecimento da processionária do pinheiro *Thaumetopoea pityocampa* (Den & Schiff). Morfologia, bioecologia e protecção contra a praga*. Tese de Doutoramento em Entomologia Florestal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 511pp.

Askew, R. R. 1968. Hymenoptera. 2 Chalcidoidea Section. *Royal Entomological Society of London*, vol. **VIII**. Part 2 (b).

Audemard, H. 1984. Integrated control in pear orchards: control of arthropod pests – *Bulletin SROP*, **7**: 373-382.

Audemard, H., Sauphanor, B. y Armand, E. 1997. Confusion sexuelle des males de *Zeuzera pyrina* L. (Lepidoptera: Cossidae) en vergers de pommiers. *IOBC/ WPRS Bull.* **20** (1): 101-106.

Audemard, H. y Laspinasse, Y. 1987. Application of supervised control to the protection of apple orchards. *Comptes rendus de l'Academie d'Agriculture de France*, **73**: 29-39.

Avidov, Z. y Harpaz, I. 1969. Plant pest of Israel. Israel University Press, Jerusalem, 549 pp.

Avilla, J. y Bosch, D. 2001. Mass trapping and mating disruption for the control of leopard moth and apple clearwing moth. *IOBC/WPRS Bull.* **24** (5): 167-172.

Balachowsky, A. (1966). *Entomologie appliqué à l'agriculture*. Tome II Lepidoptères, Premier volume, Masson et cie, Paris.

- Binns, M.R., Nyrop, J.P. y van der Werf, W., 2000. *Sampling and monitoring in crop protection. The theoretical basis for developing practical decision guides*. Cabi Publishing, 284pp.
- Binns, M.R. y Nyrop, J.P.. (1992). Sampling insect populations for the purpose of IPM decision making. *Ann. Rev. Entomol.*, **37**: 427-453.
- Bliss, C. I. y Fisher, R. A. 1953. Fitting the negative binomial distribution to biological data. *Biometrics*, **9**: 176-200.
- Bliss, C. I. y Owen, A. R. 1958. Negative binomial distribution with a common k. *Biometrika*, **45**: 37-58.
- Borrer, D., De Long, D., y Triplehorn, C. (1981). *An Introduction to the study of insects* 5/Ed. Saunders College Publishing. Philadelphia, 928pp.
- Briolini, G. (1984). Data collection and analysis in pest control. In Cavalloro, R. (1984) (Ed.). *Statistical and Mathematical Methods in Population Dynamics and Pest Control*. Pp. : 67-74. *Proceedings of a Meeting of the EC Experts' Group /Parma, 26-28 October, 1983*, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands.
- Brothers, D. J. y Finnamore, A. T. (1993). Superfamily Vespoidea. In: Goulet, H y Huber, J. 1993. *Hymenoptera of the world: an identification guide to families*. Research Branch Agriculture Canada. Publication 1894/E, 668pp.
- Butin, D. 1994. Developing a Primary Sampling Program In Pedigo, L. P. y Buntin, G. D. (Ed.). *Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture*. CRC Press, Boca Raton, Florida: 99-115.
- Cadahía, D. 1977. Repartición espacial de las poblaciones en entomología aplicada. *Bol. Ser. Plagas*, **3**: 219-233.
- Campadelli, G. 1995. Su alcuni parassitoidi di *Zeuzera pyrina* L. (Lep. Cossidae) in Emilia-Romagna. *Boll. Ist Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna*, **50**: 127-131.
- Campadelli, G. 1996. Nemici naturali di *Zeuzera pyrina* (Lepidoptera Cossidae). *Informatore Fitopatologico*, **9**: 13 - 16.
- Canestrone, R., Malavolta, C. Mazzini, F., Pizzi, M. y Zaghi, C. 1991. *Agricoltura, Suppl. n°4* : 1-68.

- Cardoso, J. 1965. *Os solos de Portugal, sua classificação, caracterização e génese a sul do Tejo*, Lisboa.
- Carmona, M. M. y Dias, J. 1996. *Fundamentos de acarologia agrícola*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 423 pp.
- Carrero, J. 1996. *Lucha Integrada contra las plagas agrícolas y forestales*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 256 pp.
- Carvalho, M. O., Passos-Carvalho, J., Torres, L.M. y Mexia, A. 2005. Developing sequential sampling plans for classifying *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera, Anobiidae) status in a cigarette factory. *Journal of Stored Products*. In press.
- Castellari, P. 1986. *Zeuzera pyrina* L. (Lep. Cossidae): indagini biologiche e prove in campo sull'attrattività di miscele di componenti del feromone sessuale. *Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna*, **40**: 239-270.
- Cecílio, A. y Ilharco, F. 1997. The control of walnut aphid, *Chromaphis juglandicola* (Homoptera: Aphydoidea) in walnut orchards in Portugal. *Acta Horticulturae*, 442: 399-406.
- Charlot, G. y Germain, E. 1988. *Le noyer. Nouvelles techniques*. CTIFL.
- Charlot, G., Prunet, J. P., Lagrue, C. y Aletá N. 1996. Noix et cernaux. Qualité et consommation (cit in Pou, 2001).
- Charmillot, P. 1990. Mating disruption technique to control codling moth in Western Switzerland. Behaviour-modifying chemicals for insect management. Application of pheromones and other attractants. Cap. 11: 165-182.
- Chepurnaya, V. 1984. The leopard moth – *Zashchita Rastenii*, **5**: 58.
- Collinge, W. E. 1915. A preliminary report upon economic status of the British species of woodpeckers and their relation to forestry. *JL. Bd. Agric.*, **22**, 789-791 (cit in Campadelli, 1996).
- Daly, H. V., Doyen, J. T., y Purcell, A. H. (1998). *Introduction to insect biology and diversity* 2/Ed. Oxford University Press. New York, 680pp.

- Davis, P. M. 1994. Statistics for describing populations. In Pedigo, L. P. y Buntin, G. D. (Ed.). *Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture*. CRC Press, Boca Raton, Florida: 33-54
- De Andrés, F. 1991. *Enfermedades y plagas del olivo*. 2ª Edición Riquelme y Vargas Ediciones, S.L. Jaén, 646 pp.
- Debauche, H. R. 1948. Étude sur les Mymarommidae et les Mymaridae de la Belgique (Hymenoptera: Chalcidoidea), Mém. Mus. Hist. Nat. Belg., 108, 248pp (cit in: Richards y Davies, 1984).
- De Liñan, C. 2003. Vademecum de Productos Fitosanitarios. Ed. Agrotécnicas S. L. Madrid.
- De Liñan, C. 1998. Entomología Agroforestal. Ed. Agrotécnicas S. L. Madrid.
- Deseö, K. y Kovacs, A. 1982. Observations on and experiments with entomopathogenous nematodos in Italy (1980 – 1982). *IIIrd International Colloquim Invertebrate Pathology*, Brighton, U.K., 2, 115.
- Deseo, K. y Miller, L. 1985. Efficacy of entomogenous nematodes, *Steinermata spp.*, against clearwing moth, *Synanthedon spp.*, in northern Italy apple orchards. *Nematologica*, **31**: 100-108.
- Ducros, M. 1996. Le livre de la noix. Edit. Glénat. Grenoble.
- Eady, R. D. y Quinlan, J. 1963. Hymenoptera. Cynipoidea. Key to families and subfamilies and Cynipinae. *Royal Entomological Society of London*, vol.VIII. Part 1 (a).
- Elliott, J. 1973. *Some Methods for the Statistical Analysis of samples of Benthic Invertebrates*. Scientific Publication No. 25, Freshwater Biological Association, Ambleside, Westmorland, Great Britain. In Ludwig, J. y Reynolds, J. 1988. *Statistical Ecology – a primer on methods and computing*. John Wiley y Sons, Inc, New York: 19-40.
- El- Hakim, A., y El-Sayed, S. 1985. The infestation of olive trunks by *Zeuzera pyrina* (L.) in Egypt (Lepidoptera: Cossidae). *Bulletin de la Société entomologique d’Egipe*, **64**: 227-229.

- FAOSTAT, 2006. <http://faostat.fao.org> (ultima información accesible febrero 2006).
- Feio, M. 1991. *Clima e Agricultura – exigências climáticas das principais culturas e potencialidades agrícolas do nosso clima*. MAPA, Lisboa, 266pp.
- Fernandes, M. L. 2005 – Demonstração de técnicas de condução de rega em diferentes variantes de rega localizada. Relatório final do projecto AGRO 270. Escola Superior Agrária de Beja, 85pp.
- Feron, M. y Audemard, H. 1962 – Biologie de la Zeuzere et orientation nouvelle de lutte. – Congrès Pomologique de France, Avignon,, pp. 45-54 (cit in: Campadelli, 1995).
- Ferreira, M. C.1998. *Manual dos Insectos Nocivos às Plantações Florestais*, Plátano Edições Técnicas, Lisboa, 381pp.
- Ferrière, Ch. y Kerrich, G. J. 1958. Hymenoptera. Calcidoidea Section. *Royal Entomological Society of London*, vol.VIII. Part 1 (a).
- Finnamore, A. T. y Brothers, D. J. 1993. Superfamily Chrysoidea In: Goulet, H y Huber, J. 1993. *Hymenoptera of the world: an identification guide to families*. Research Branch Agriculture Canada. Publication 1894/E , 668pp.
- Flint, 1993. *Integrated Pest Management for walnuts*. University of California. Publicación 3270, California, 93pp.
- Font Quer, P. 1982. Plantas medicinales. El Dióscorides renovado. Ed. Labor S.A (cit in Pou, 2001).
- Frescata, C. 2004. *Protecção contra pragas sem luta química*. Publicações Europa-América, 169 pp.
- García, A. 1989. *El cultivo del nogal*. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Valencia (cit in Pou, 2001).
- Garcia - Marí, F., Ferragut Perez, F., Costa- Comelles, J. Laborda, R. Moreno, C. M. y Soto, T. 1990. Acarologia agrícola. Dep. Prod. Veg. Uni. Polit. Valencia, Serv. Public., 282 pp.

García -Marí, F. y Ferragut Perez, F. 2002. *Las Plagas Agrícolas*. 3 Edición. Phytoma-España, 400 pp.

García - Marí, F. 2004. El muestreo de poblaciones de artrópodos: principios y métodos. 15<sup>o</sup> Symposium International Evolución del riesgo de plagas y enfermedades. El muestreo como herramienta esencial en la Protección Integrada. *Phytoma- España*, **164**: 12-18.

García Tejero, F. 1989. *Plagas y Enfermedades de las Plantas Cultivadas*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 821pp.

Gavioli, F. y Baronio, P. 1987 – Riproduzione in laboratorio e tecniche di allevamento di *Cossus cossus* L. (Lepidoptera, Cossidae). *Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna*, **42**: 87-100.

Germain, E. Prunet, J. y García, A. 1999. *Le noyer*. Ctifl, Paris, 279 pp.

Gerrard, D. y Chiang, H. 1970. Density estimation of corn rootworm egg populations based upon frequency of occurrence. *Ecology*, **51**: 237-245.

Gibson, G. 1993. Superfamily Mymarommatoidea and Chalcidoidea. In: Goulet, H y Huber, J. 1993. Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Research Branch Agriculture Canada. Publication 1894/E, 668pp.

Gilstrap, F. E., Summy, K. R., Chandler, L. D., Archer, T. L. y Ward, C. R. (1980). Within-plant distribution of Banks Grass mite on corn in West Texas. *Environ. Entomol.*, **9**: 546-548.

Goulet, H y Huber, J. 1993. Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Research Branch Agriculture Canada. Publication 1894/E., 668pp.

Grassi, G. 1996. Italia. Caracterización del área de producción. ISF-Caserta. (cit in Pou, 2001)

Gray, M., Pepper, G. y Fredericks, J. 1989. The spider mite outbreak of 1988: Did we learn enough to improve our decision-making capabilities?. In Illinois Agricultural Pesticides Conference `89, pp 31-40. Cooperative Extension Service, University of Illinois, Champaign-Urbana.

Green, R. H. 1966. Measurement of non-randomness in spatial distributions. *Res. Popul. Ecol.*, **8**, 1. (Cit. in: Davis (1994). Statistics for describing populations. In Pedigo, L. P. y Buntin, G. D. (Ed.). *Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture*. CRC Press, Boca Raton, Florida: 33-54.

Green, R. H. 1970. On fixed precision level sequential sampling, *Res. Popul. Ecol.*, **12**, 249 (Cit. in) Davis, P. M. (1994). Statistics for describing populations. In Pedigo, L. P. y Buntin, G. D. (Ed.). *Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture*. CRC Press, Boca Raton, Florida: 33-54.

Green, R. H. 1979. *Sampling design and statistical methods for environmental biologists*. Wiley Ed., New York.

Guerrero, A.1988. Feromonas sexuales de insectos. In: Bellés (Ed.) *Insecticidas biorracionales* C.S.I.C. Madrid, 405 pp.

Gut, L. y Brunner, J. 1996. *Implementing codling moth mating disruption in Washington pome fruit orchards*. Tree Fruit Research and Extension Center. Information Series. Washington State University, n° 1.

Halperin, J. 1990. Arthropod fauna and main insect pests of plane trees in Israel. *Phytoparasitica*, **18**: 309-319.

Hamon, J., Fonfria, R. Bitsch, J.Tussac, M y Dufis, I. 1995. *Inventaire et atlas provisoires des Hymenopteres Scoliidae de France métropolitaine*. Collection Patrimoines Naturels, Série Patrimoine génétique, **21**: 1-52.

Haniotakis, G., Koutroubas, A., Sachinoglou, A. y Lahlou, A. 1999. Studies on the response of the leopard moth, *Zeuzera pyrina* L. (Lepidoptera: Cossidae) to pheromones in apple orchards. *IOBC wprs Bulletin* **22**(9) (<http://phero.net/iobc/dachau/bulletin99/haniotakis>).

Howard, L. y Chittenden, F. 1916 – The leopard moth: a dangerous imported insect enemy of shade trees. U. S. Dept. Agric. Washington, *Farmer`s Bull.* N. **708** (cit in: Campadelli, 1995).

- Hsu, J., Horng, S. y Wu, W. 2001. Spatial distribution and sampling of *Aulacaspis yabunikkei* (Homoptera: Diaspididae) in Camphor Trees. *Plant Prot. Bull.*, **43**: 69-81.
- Hutin, Ch. 1996. Le marché européen de la noix. Infos – CTIFL n° 120, avril 1996.
- Isart, J., Llerena, J., Olmo, M., Valle, M. y Viñolas, A. 1996. Influencia de la captura masiva de *Zeuzera pyrina* L. en la biodiversidad del avellano. *II congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*. Pamplona-Iruña. 251-260 ([www.Agroecologica.net/congresos/Pamplona/22.pdf](http://www.Agroecologica.net/congresos/Pamplona/22.pdf))
- Ives, P. y Moon, R. 1987. Sampling teory and protocol for insects. In Teng, P. S., Crop loss assessment and pest management. American Phytopatological Society: 49-75.
- Jackson, D. J. (1961) Observations on the biology of *Caraphractus cinctus* Walker (Hymenoptera: Mymaridae), a parasitoid of the eggs of Dytiscidae (Coleoptera). 2. Immature stages and seasonal history with a review of Mymarid larvae, *Parasitology*, **51**: 269 – 294.(cit in Richards y Davis, 1984)..
- Jones, V. P. (1990). Developing sampling plans for spider mites (Acari: Tetranychidae): those who don't remember the past may have to repeat it. *J. Econ. Entomol.*, **83** (5): 1656-1664.
- Knipling, E. 1979. The basic principles of insect population suppression and management. *Hagr. Handbook*, 512, U.S.D.A, Washington, 659pp.
- Knight, A Howell, J., McDonough, L.M. y Weiss, M. 1995. Mating disruption of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) with polyethylene tube dispensers: determining emission rates and the distribution of fruits injuries. *J. Agric. Entomol.* **12** (2-3): 58-100.
- Kogan, M. y Herzog, D. 1980. Sampling methods in soybean entomology. Springer-Verlag New York, pp 587.
- Krainacker, D. A. y Carey, J. R. (1990). Spatial and temporal dynamics of twospotted mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *J. Appl. Entomol.*, **109** (5): 481-489.

- Krebs, C. 1989. *Ecological methodology*. Harper Corlins Publishers Inc., New York, 645p.
- Kuno, E. 1991. Sampling and analysis of insect populations. *Annu. Rev. Entomol*, **36**: 285-304.
- Leonardi, G. 1922. Elenco delle specie di Insetti dannosi e i loro parassiti ricordati in Italia fino all `anno 1911. Portici (Napoli), 592 pp (cit in: Campadelli, 1995).
- Leslie, Ch. y McGranahan 1998. The origin of the walnut. Walnut Production Manual. Ch 1. University of California. Pub 3373.
- Li, P. *et al*, 1987. Tests of controlling wood borers with entomopathogenic nematodes. *Chinese Journal of Biological Control* **3** (3):139-140 (cit in: Saleh, M. y Abbas, M. 1998).
- Liota, G. y Giuffrida, I. 1965. Osservazioni biologiche sulla *Zeuzera pyrina* L. in Sicilia (Lepidoptera Cossidae). *Boll. Ist. Ent. Agr. Oss. Fitopat.*, Palermo, **47**: 29-60.
- Lisser, A. 1967. The capnodis and the leopard moth. Sifriath- Hassadem, Tel-Aviv, 156 pp (cit in: Pasqualini *et al.*, 1992).
- Lloyd, M. 1967. Mean crowding. *J. Anim. Ecol.* **36**: 1-30.
- López, C., Fortea, V., Suárez, P. Alonso, R. y Peña, G. (2003). *Sanidad Forestal*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 575pp.
- Lorente, F. 1990. *El nogal, producción de fruto e de madera*, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Madrid.
- Ludwig, J. y Reynolds, J. 1988. *Statistical Ecology – a primer on methods and computing*. John Wiley y Sons, Inc, New York, 337pp.
- Magro, A.; Franco, J., Raimundo, A. 1994 Os coccinelídeos associados aos citrinos. *Actas do 1º Congresso de citricultura*, 20-22 Janeiro 1993, Silves: 443-450.
- Manning, W. E. 1978. The classification within the Juglandaceae. *Ann Mo. Botan. Gan*, **65** (cit in Pou, 2001).
- MAPA 1997. Anuário de Estadística Agrária de España (cit in Pou, 1999).

- MAPA, 2006. Registro de Productos Fitosanitarios <http://www.mapa.es> (ultima información accesible febrero 2006).
- Martins, M. F.; Mendonça, T.; Lavadinho, A. y Vieira, M. M. 2002. Entomofauna num pomar de limoeiros, no Escaroupim (Ribatejo), em Portugal. *Bol. San. Veg. Plagas*, **28**: 435-443.
- Masner, L. 1993. Superfamily Proctotrupeoidea. In: Goulet, H y Huber, J. 1993. Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Research Branch Agriculture Canada. Publication 1894/E, 668pp.
- Metcalf, R. y Luckmann, W. (Eds) 1982. *Introduction on Integrated Pest Management*. John Wiley and Sons, New York, 375pp.
- Mexia, A., Couto, C., Neto, C., Sousa, E., Pires, H., Azevedo, J., Carvalho, J., Clemente, J., Sobreiro, J., Ferreira, M., Amaro, P., y Luz, R. (2000). *A produção integrada da pêra rocha*. Projecto PAMAF 6040, ISA/PRESS, Lisboa, 145pp.
- Mircetich, J. M., Moller, W. J., Teviotdale, B. L. 1993. Diseases. In Flint, M. L. 1993 Integrated Pest Management for Walnuts. University of California. Publication 3270.
- Mircetich, S. M. Browne, G. T., Matheron, M. E., Teviotdale, B. L. 1998 a. Armillaria and phytophthora root and crown rot diseases. Ch 28. Walnut Production Manual. University of California. Publication 3373.
- Mircetich, S. M., Rowhani, A., Civerold, E. L., Ramos, D. E. 1998b. Blackline disease. Ch 29. Walnut Production Manual. University of California. Publication 3373.
- Moller, W. J., Mircetich, J. M., Teviotdale, B. L. 1993. Diseases. In Flint, M. L. 1993 Integrated Pest Management for Walnuts. University of California. Publication 3270.
- Moreno, R., 1977. Revisión de las técnicas de muestreo en entomología aplicada. *Bol. Ser. Plagas*, **3**: 207-217.
- Moreno, I. P. y Moraza, M. L. 1996. Método de muestreo secuencial-enumerativo y binomial para *Calepitrimerus vitis* (Nalepa, 1905) (Acari: Eriophydeae). *Bol. San. Plagas*, **22**: 179-187.
- Morris, M. F. 1955. The development of sampling techniques for forest insect defoliators with particular reference to the spruce budworm. *Can. J. Zool.*, **33**: 225.

- Myers, J. H. 1988. Can a general hypothesis explain population cycles of forest Lepidoptera? *Adv. Ecol. Res.* **18**: 179-242.
- Navon, A. 1977. Rearing of the leopard moth, *Zeuzera pyrina* L., on an improved diet. *Phytopar.*, **5**: 38-40.
- Navon, A., Menachemi, I., Ivri, M. y Abraham, B. 1987. DDVP fumigation strips for control of leopard moth (*Zeuzera pyrina* (Cossidae)) larvae within tree galleries: preliminary trials in apple orchards – *Hassadeh*, **67**: 712-713.
- Ndemah, R., Schulthess, F., Poehling, M. y Borgemeister, C. 2001. Spacial dynamics of lepidopterous pest on *Zea mays* (L.) and *Pennisetum purpureum* (Moench) in the forest zone of Cameroon and their implications for sampling schemes. *J. Appl. Ent.*, **125**: 507-514.
- Nestel, D., Cohen, H., Saphir, N. Klein, M. y Mendel, Z. 1995. Spacial distributions of scale insects: comparative study using Taylor's power law. *Environ. Entomol.*, **24**(3):506-512.
- Neto, C. y Clemente, J. 1998. A broca (*Zeuzera pyrina* L.) em pomares de pomóideas. *4º Enc. Rocha em Flor*. Cadaval, 57-61.
- Nicholls, C.I., Altieri, M., y Sánchez, E.J. 1999. Manual practico de control biológico para una agricultura sustentable. Asociación Vida Sana y Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Barcelona, España.
- Ninot, A. 1999. Las enfermedades más importantes y su control. IRTA.
- Ninot, A. y Aletà, N. 1996. La caracterización de la nuez europea. Características de las áreas de producción: España. Departament d' arboricultura mediterrània, IRTA.
- Nixon, G. 1963. Hymenoptera. Proctotrupoidea. Diapriidae subfamily Belytinae. *Royal Entomological Society of London*, vol.VIII. Part 3 (dii).
- Novicky, S. 1929. On two chalcidoid parasite of *Zeuzera pyrina* L. *Rev. russe Ent.*, **23**, 32-36.
- Pantaleão, F.; Passos de Carvalho, J.; Franco, J. y Magro, A. 1994. Crisopídeos associados ao Citrinos. *Actas do 1º Congresso de citricultura*, 20-22 Janeiro 1993, Silves: 427-431.

Pasqualini, E., Civolani, S., Vergnani, S. y Calzolari, G. 1996. I feromoni nella difesa da *Zeuzera pyrina* e *Cossus cossus*. *L'Informatore Agrario*, **52** (18): 69-75.

Pasqualini, E., Antropoli, A. y Civolani, S. 1996. Recenti esperienze nella difesa da zeuzera con prodotti chimici e microbiologici. *L'Informatore Agrario*, **19**: 67-69.

Pasqualini, E., Antropoli, A. y Faccioli, G., S. 1993. *Zeuzera pyrina* L. sex pheromone: strategies to improve male captures. A.N.P.P. Third Int. Conference on pests in agriculture. Montpellier, 7-9 December 1993.???

Pasqualini, E., Antropoli, A. y Faccioli, G., S. 1996. Attractant Performance of a synthetic sex pheromone for *Zeuzera pyrina* L. (Lep. Cossidae). *Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna*, **46**: 101-108.

Pasqualini, E., Barbara, C. Antropoli, A. y Faccioli, G. 1994. Indagini sulla distribuzione della popolazione, sulla dimensione del campione e sulle tecniche di campionamento per *Zeuzera pyrina* L. (Lepidoptera, Cossidae). *Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna*, **49**: 175-186.

Pasqualini, E. y Natale, D. 1999. *Zeuzera pyrina* and *Cossus cossus* (Lepidoptera, Cossidae) control by pheromones: four years advances in Italy. *IOBC wprs Bulletin* **22** (9): 115 – 124.

Pasqualini, E. Stefano, V, Natale, D., y Accinelli, G. 1997. The use of sex pheromone against *Zeuzera pyrina* L. and *Cossus cossus* L. (Lepidoptera, Cossidae). *IOBC wprs Bulletin* **20** (1): 111 – 117.

Patanita, M. I., Pereira, M. J., Lourenço, I. y Caeiro, S. 2003. A confusão sexual no combate à broca em pomares de nogueiras, no Baixo Alentejo. *6º Encontro Nacional de Protecção Integrada*. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco. Portugal.

Patanita, M. I. (2004). Estudo da eficácia e aplicabilidade do método da confusão sexual no combate ao bichado e às brocas em pomares de nogueiras no Baixo Alentejo. Relatório final do projecto AGRO 46. Escola Superior Agrária de Beja, 62pp.

Pedigo, L. P. (1994). Introduction to sampling arthropod populations. In Pedigo, L. y Buntin, G. (1994) (Eds.). *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. CRC Press, Inc., pp: 1-11.

Pedigo, L. y Buntin, G. 1994. *Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 714 pp.

Pedigo, L. P., Hutchins, S. H. y Higley, L. G. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Ann. Rev. Entomol.*, **31**: 341-368.

Pedigo, L. P., 2002. *Entomology and Pest Management*. Prentice Hall (3rd ed), 679pp.

Pereira, J. 2004. *Bioecologia da cochonilha negra, Saissetia oleae (Olivier), na oliveira, em Trás-os-Montes*. Tese de Doutoramento em Entomologia Florestal. Universidade de Trás-os- Montes e Alto Douro, Vila Real, 277pp.

Perkins, J. F. 1960. Handbooks for the identification of British Insects. Hymenoptera Ichneumonoidea – Ichneumonidae, subfamilies Ichneumininae II, Alomyinae, Agriotypine and Lycorininae. *Royal Entomological Society of London*, vol.**VII**. Part 2 (aii).

Perkins, J.F. 1959. Handbooks for the identification of British Insects. Hymenoptera Ichneumonoidea – Ichneumonidae, key to subfamilies and Ichneumininae I. *Royal Entomological Society of London*, vol.**VII**. Part 2 (ai).

Perry, J. 1981. Taylor's power law for dependence of variance on mean in animal populations. *Applied Statistics* **30**, 254-263.

Pfeiffer, D., Kaakeh, W., Killian, J., Lachance, M. y Kirsch, P. 1993. Mating disruption to control damage by leafrollers in Virginia apple orchards. *Entomol. Exp. Appl.*, **67**: 47-56.

Pielou, D. P. (1960). Contagious distribution in the European red mite, *Panonychus ulmi* (Koch), and a method of grading population densities from a count of mite-free leaves. *Can. J. Zool.*, **38**: 645-653. (Cit. in Sabelis, 1985).

Pino, F. y Haro, A. 1986. Cultivo en el laboratorio en una dieta artificial del taladro de la madera, *Zeuzera pyrina* L. (Lepidoptera: Cossidae). *Bol. Ser. Plagas*, **12**: 281-289.

- Planes, S. y Carrero, J. M. 1989. *Plagas del campo*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 398pp.
- Polito, V. 1998. Floral biology: flower structure, development and pollination. *Walnut Production Manual*, ch 16. University of California. Publication 3373 (cit in Pou, 2001).
- Pou, M. 2001. *El nogal, técnicas de cultivo para la producción frutal*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 299pp.
- Primo, E. y Carrasco, J. 1979. *Química Agrícola II - Plaguicidas y fitorreguladores*. Ed. Alhambra. Madrid.
- Qin, X. *et al.* 1988. Study on application of entomopathogenic nematodes of *Steinernema bibionis* and *S. feltiae* to control *Anaplophora glabripennis* and *Holcocerus insularis*. *Forest Research* **1** (2): 179- 185 (cit in: Saleh, M. y Abbas, M. 1998).
- Raimundo, A. y Alves, M. 1984. Dois coccinelídeos predadores pouco conhecidos em Portugal. *Bol. Soc Port. Entomologia* II-**15** (45): 161-168.
- Ramos, F., Reggiori, F. y Pratizzoli, W. 2002. Timed mating disrupting: a new pheromone-dispensing device for the protection of orchards from *Cydia pomonella*, *C. molesta* and Leafroller. *IOBC wprs working group meeting – Chemical Ecology*. Sicilia, 22 – 27 Septiembre 2002.
- Rapetti, S. 1987. Damage by leopard moth (*Zeuzera pyrina* L.) on Eucalyptus grown for green foliage in Liguria – *La difesa della piante*, **10**: 133 – 137.
- Reboulet. J. 1999. *Les Auxiliares entomophages*. ACTA, Paris, 136 pp.
- Regato, J., Patanita, M., Garcia, F., Nobre, R., y Geadas, M. (1993). *Estudo dos sistemas de Agricultura praticados na zona agrária de Beja*, Beja.
- Ribeiro, F. y Pinto de Abreu, C. 1997. Studies on beneficial insects from the superficial stratum of a walnut orchard soil. *Acta Horticulturae*, **442**: 407-418.
- Richards, O. W. y Davies, R. G. 1984. *Tratado de entomología Imms - Clasificación y Biología*, Ed. Omega, S. A., Barcelona, 998 pp.

- Ritchie, A. J. 1993. Superfamily Ceraphronoidea. In: Goulet, H y Huber, J. 1993. Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Research Branch Agriculture Canada. Publication 1894/E, 668pp.
- Rouskas, D. 1996. Caractéristiques de la production de noix en Grèce. NAGREF (*cit in Pou, 2001*)
- Ruesink, W. H. 1980. Introduction to sampling teory. In: M. Kogan y D.C. Herzog (Eds) *Sampling methods in soybean entomology* Springer Verlang, New York: 61-78.
- Ruesink, W. H. y Kogan, M. 1982. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. In: *Introduction to Insect Pest Management*, 2<sup>nd</sup> ed., Metcalf, R. L. y Luckmann, W. H., Eds, John Wiley and Sons, New York, 315pp.
- Ryugo, K. 1988. Fruit culture: its science and art. J. Wiley, Nova York.
- Sabellis, M. W. (1985). Sampling techniques. In Helle, W. y Sabellis, M. (Ed.) *World Crop Pests – spider mites. Their biology, natural enemies and control*. Vol. 1A, Elsevier Science, Amsterdam, pp. 337-350.
- Saleh, M. Semeada, A. y El-Shazly, E. 1994. Virulence of native and foreign entomopathogenic nematodos to the apple borer, *Zeuzera pyrina*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* **4** (2): 107-112.
- Saleh, M. y Abbas, M. 1998. Suitability of certain entomopathogenic nematodos for controlling *Zeuzera pyrina* L. (Lepidoptera: Cossidae) in Egypt. *International Journal of Nematology* **8** (2): 126-130.
- Sanchez, J., McGregor, R y Gillespie, D. 2002. Sampling plan for *Dicyphus hesperus* (Heteroptera: Miridae) on greenhouse tomatoes. *Environ. Entomol.*, **31** (2): 331-338.
- Sarto, V. 2001. Control of leopard moth, *Zeuzera pyrina* L., in apple orchards in NE Spain: mating disruption technique. *IOBC/WPRS Bull.*, **24** (5): 173-178.
- Scatolini, D. y Penteado-Dias, A. 2003. Análise faunística de Braconidae (Hymenoptera) em três áreas de mata nativa do Estado do Paraná, Brasil. *Hortic. Bras.*, **22** (1) : 90-92.

- Shaw, M. R. y Huddleston, T. 1991. Classification and biology of braconid wasps (Hymenoptera: Braconidae). Handbooks for the identification of British insects, Vol 7, Part 11. Royal Entomological Society of London, London, England, 126pp.
- Silva, L., Vieira, V. y Tavares, J. 2003. Sampling plans for *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Azorean pastures. *Environ. Entomol.*, **32** (5): 1211-1218.
- Simon, S., Corroyer, N, Getti, F, Girard, T. Combe, F., Fauriel, J y Bussi, C. 1999. Organic farming: optimization of techniques. *Arboriculture-Frutièrre*, **533**: 27-32.
- Smith, I. M., Dunez, J., Philips, D. H., Lelliott, R. A. y Archer, S. A. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Mundi-prensa, Madrid.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1981. *Introduction to Biostatistics*. Second edition, W. H. Freeman and Company, New York, 363 pp.
- Southwood, T. 1978. *Ecological methods, with particular reference to the study of insects populations*. Chapman y Hall, London, 524pp.
- Southwood, T. y Henderson, P. 2000. *Ecological Methods*. Blackwell Science. 575pp.
- Stern, V. M. 1973. Economic thresholds. *Ann. Review Entomol.*, **18**: 259-280.
- Stern, V. M., Smith, R., Bosh, R van den y Hagen, K. S. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia*, **29** (1): 81-101.
- Taylor, L. 1961. Agregation, variance and the mean. *Nature Lond.* **189**: 732-735.
- Taylor, L.R., Woiwod, I. P. y Perry, J. N. 1978. The density-dependence of spatial behaviour and the rarity of randomness. *J. Anim. Ecol.*, **47**: 383-406.
- Taylor, L. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insects populations. *Ann. Ver. Entomol.*, **29**: 321-356.
- Teté, J. 2001. A noqueira – uma alternativa para os regadios de Alqueva. Ovibeja, Beja.
- The Craker, 1996. Word consumption and production trends. Global statistical review, April, 1996.

- The Craker, 1999. Word consumption and production trends. Global statistical review, January, 1999.
- The Craker, 2000. Word consumption and production trends. Global statistical review, January, 2000.
- Thompson, W. R. (1947). *A catalogue of the parasites and predators of insects pests*. Belleville Ont., Canada, Part **9**, pp 524-627 (cit in Campadelli, 1996).
- Toole, J. L., Norman, J. M., Holtzer, T. O. y Perring, T. M. (1984). Simulating Banks grass mite (Acari: Tetranychidae) population dynamics as a subsystem of a crop canopy-microenvironment model. *Environ. Entomol.*, **13**: 329-337.
- Torres, L. 1991. *Protecção Integrada da cultura da batata. Estudo de aspectos referentes à luta contra o escaravelho da batateira na região de Trás-os-Montes*. Tese de Doutoramento em Entomologia Agrícola. Universidade de Trás-os –Montes e Alto Douro, Vila Real, 255.
- Torres, L. M. y Macedo, F. W. 1991. Uso dos ensaios sequenciais de Wald para a tomada de decisão em protecção integrada. *I Enc. Nac. Prot. Integrada*. Évora, 10 a 12 de Janeiro de 1991: 141-150.
- Tremblay, E. 1986. Entomologia applicata. Ed Liguori, Ercolano, Napoli. (cit in Pasqualini *et al.*, 1993)
- Trumble, J. T. 1994. Sampling arthropod pests in vegetables. In Pedigo, L.P. y Buntin, G. D. (1994) (Eds.). *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. CRC Press, Inc., pp: 603-626.
- Tsai, J., Wang, J. y Liu, Y. 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange jessamine in Southern Florida. *Florida Entomologist*, **83** (4): 446-459.
- Tz`Opkalo, V. 1928. *Zeuzera pyrina* L., in the forests of southern steppes. *Mitt. Forstl. Versuchswes, Ukraine*, Kiev, **9**: 207-230 (cit in: Campadelli, 1995).
- Van Achterberg, C. 1976. A preliminary key to the subfamilies of the Braconid (Hymenoptera). *Tijdschrift voor Entomologie*, **119**: 33-78 (cit in: Goulet, H y Huber, J. 1993).

















- Van De Vrie, M. 1966. Population sampling for integrated control. *Proceedings of the F.A.O. Symp. on Integrated Control*, **2**: 57-75. (Cit. in Huffaker *et al.*, 1970).
- Van Steenwyk, R. A. y Barnett, W. W. 1998. Insect and mite pest. Ch 31. *Walnut Production Manual*. University of California. Publication 3373.
- Viggiani, G. 1989. La difesa integrate dell' olivo: attualità e prospettive. *Informatore fitopatologico*, **2**: 23-32.
- Vives de Quadras, J. 1988. Control de plagas de insectos. Problemas y alternativas. In: Bellés (Ed) *Insecticidas biorracionales*. C.S.I.C. Madrid: 3-14.
- Wahl, D. B. y Sharkey, M. J. 1993. Superfamily Ichneumonoidea. In: Goulet, H y Huber, J. 1993. *Hymenoptera of the world: an identification guide to families*. Research Branch Agriculture Canada. Publication 1894/E, 668pp.
- Walnut Marketing Board, 1999. The California Walnut Marketing Board. Website: <http://walnut.org>.
- Westerdahl, B. B. y Mckenry, M. M. 1998. Controlling nematodes that parasitize roots. Ch 27. *Walnut Production Manual*. University of California. Publication 3373.
- Wilson, G. F. 1945. The leopard moth. *J. R. Soc.*, **70** : 148-150 (cit in Campadelli, 1996).
- Wilson, L. T., Hoy, M. A., Salmo, F. G. y Smilanick, J. M. 1984. Sampling mites in Almonds: I. Within-tree distribution and clumping pattern of mites with comments on predator-prey interactions. *Hilgardia*, **52** (7): 1-13.
- Wilson, L. y Room, P. 1983. Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling. *Environ. Entomol.*, **12**: 50-54.
- Yang, *et al.* 1989. Infectivity of the nematodo *Steinernerma feltiae* to *Holcocerus insularis* (Lep: Cossidae). *Chinese Journal of Biological Control* **5** (3): 97-100. (cit in: Saleh, M. y Abbas, M. 1998)
- Yufera, E. 1991. *Ecología química – nuevos métodos de lucha contra insectos*. Ediciones Mundi-Prensa, 191pp.

Zalom, F. G., Hoy, M. A., Wilson, L. T. y Barnett, W. W. 1984. Presence – Absence sequential sampling for *Tetranychus* mite species. *Hilgardia*, **52** (7): 14-24.










Zhang, G. F., Sheng, C. F., Han, Y. y Meng, X. Z. 2003. Interference with the mate-finding communication system of the Chinese tortrix *Cydia trasi* (Lep., Olethreutidae) using synthetic sex pheromones. *J. Appl. Ent.* **127**, 282-287.

# Anejos

## Anejo 1 – Estados fenológicos del nogal (*Juglans regia* L.)

Flor masculina		Flor femenina	
	Amr – Amento en vías de diferenciación		Af – Yema en reposo invernal
	Amv – Amento en final del Verano		Af2 – Escamas externas caen
	Amg - Amento en repos Invernal		Bf – Botón blanco o lanoso
	Bm – Retorno del crecimiento		Cf - Desborre
	Cm – Individualización de las flores masculinas		Cf2 – Individualización de las hojas externas
	Dm – Separación de las flores masculinas		Df – Individualización de los folíolos
	Dm2 – Abertura de las flores masculinas		Df2 – Desarrollo de las hojas
	Em – Separación de las anteras		Ef – Aparición de la inflorescencia

Anejo 1 (cont.) – Estados fenológicos del nogal (*Juglans regia* L.)

	Flor masculina	Flor femenina	
	Fm – Inicio de la dehiscencia de las anteras		Ff – Emergencia de los estigmas
	Fm2 – Dehiscencia total de las anteras		Ff1 – Divergencia de los estigmas
	Gm – Anteras desprovistas de polen		Ff2 – Plena floración femenina
	Hm – El amento completamente seco cae		Ff3 – Inicio del ennegrecimiento de los estigmas
			Gf – Estigmas secos y negros

(Adaptado de *Germain et al.*, 1999).

Anejo 2 - Fauna beneficiosa (Clase Insecta y Acarina) referenciada como depredadores en nogal

	Familia	Especie	Referencia
Hymenoptera	Scoliidae	<i>Megascolia maculata</i>	Hamon <i>et al.</i> , 1995
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Adalia</i> <i>decempunctata</i> <i>Oenopia conglobata</i>	Cecilio y Ilharco, 1995
	Lathridiidae	<i>Holoparamecus singularis</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
	Anthicidae	<i>Hirticomus quadriguttatus</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
	Staphylinidae	<i>Oligota pusillima</i> <i>Xantholinus linearis</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
	Cryptophagidae	<i>Cryptophagus perrisi</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
	Elateridae	<i>Drasterius bimaculatus</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
	Mycetophagidae	<i>Typhaeola maculata</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
Diptera	Syrphidae	<i>Meliscaeva auricollis</i> <i>Syrphus</i> sp.	Cecilio y Ilharco, 1995
Neuroptera	Crysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i>	Cecilio y Ilharco, 1995
Heteroptera	Nabidae	<i>Alloeorhynchus putoni</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
	Ligaeidae	<i>Piezoscelis staphylinus</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
	Pyrrhocoridae	<i>Pyrrhocoris apterus</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
Dermaptera	Anisolabiidae	<i>Euborellia annulipes</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
	Forficulidae	<i>Forficula pubescens</i>	Ribeiro y Pinto de Abreu, 1997
Suborden Acari	Phytoseidae	<i>Amblyseius avernas</i> <i>A. andersoni</i> <i>A. concordis</i> <i>Pronematus ubiquitous</i> <i>Typhlodromus rhenanus</i> <i>T. soleiger</i>	Carmona y Dias, 1996 Carmona y Dias, 1996 Carmona y Dias, 1996 Carmona y Dias, 1996 Carmona y Dias, 1996

Anejo 3 – Fauna beneficiosa (Orden Hymenoptera) referenciada como parasitoides de *Z. pyrina*

Familia	Especie	Referencia
Ichneumonidae	<i>Ichneumon abeillei</i>	Balachowsky, 1966, Tz' Opkalo, 1928
	<i>Horogenes gigantea</i>	Balachowsky, 1966
	<i>Horogenes punctoria</i>	Feron y Audemard, 1965
	<i>Pristomerus vulnerator</i>	Liotta y Giufrida, 1965, Campadelli, 1995
	<i>Erioborus terebrans</i>	Pasqualini <i>et al.</i> , 1996, Campadelli, 1995
	<i>Neoxorides nitens</i>	Campadelli, 1995
	<i>Dolicomitus messor</i>	Campadelli, 1995
Braconidae	<i>Microgaster sp.</i>	Balachowsky, 1966
	<i>Apanteles laevigatus</i>	Liotta y Giufrida, 1965 Avidov y Harpaz, 1969
	<i>Apanteles albipennis</i>	Thompson, 1947
	<i>Helcon sp.</i>	Campadelli, 1995
Chalcididae	<i>Dolichogenidae laevigata</i>	Campadelli, 1995
	<i>Elasmus sp.</i>	Balachowsky, 1966
	<i>Enderus sp.</i>	Balachowsky, 1966
	<i>Lithomastix</i>	Balachowsky, 1966
	<i>Shreineria zeuzerae</i>	Balachowsky, 1966, Howard y Chittenden, 1916
	<i>Copidosoma truncatellum</i>	Howard y Chittenden, 1916
Encyrtidae	<i>Elachertus nigrifulus</i>	Avidov y Harpaz, 1969
	<i>Litomastix truncatella</i>	Leonardi, 1922
Perilampidae	<i>Perilampus tristis</i>	Liotta y Giufrida, 1965, Campadelli, 1995
Eulophidae	<i>Euderus sp.</i>	Tz' Opkalo, 1928
Elasmidae	<i>Elasmus sp.</i>	Tz' Opkalo, 1928
	<i>Elasmus albipennis</i>	Novicky, 1929
	<i>Elasmus shmidtii</i>	Novicky, 1929

---

Anejo 4 – Fauna beneficiosa (Orden Diptera) referenciada como parasitoides de *Z. pyrina*





Familia	Especie	Referencia
Phoridae	Megaselia praecusta	Campadelli, 1995
Oдиниidae	Odinia meijerei	Campadelli, 1995

Anejo 5 – Insecticidas homologados para *Zeuzera pyrina* L. en Españã

Sustancia activa	Formulación	Concentración	Intervalo de seguridad	Observaciones
Bifentrin 10%	Polvo mojable	30-40g/ hl	21	Nocivo (Xn)
Bifentrin 10%	Concentrado emulsionable	30-40 cc/ hl	21	Nocivo (Xn)
Deltametrin 2,5%	Concentrado emulsionable	30-50 cc/hl	7	Nocivo (Xn)
Deltametrin 2,5%	Concentrado emulsionable	30-50 cc/hl	7	Nocivo (Xn)
Deltametrin 6,25%	Concentrado emulsionable	12-20 cc/hl	7	Nocivo (Xn)
Fosalon 30 %	Polvo mojable	200g/ hl	21	Nocivo (Xn)
Fosalon 35 %	Concentrado emulsionable	200cc/hl	21	Nocivo (Xn)
Metil azinfos 20 %	Polvo mojable	200-250 g/ hl	28	Tóxico (T)
Triclorfon 80%	Polvo soluble en agua	250-300 g/ hl	10	Nocivo (Xn)

Fuente: MAPA (2006)

Anejo 6 – Toxicidad de los insecticidas homologados para *Zeuzera pyrina* L. con relación a la fauna beneficiosa

Sustancia activa	Efectos secundarios sobre la fauna beneficiosa			
				
Bifentrin 10%	N	C	N	N
Bifentrin 10%	N	C	N	N
Deltametrin 2,5%	C	C	C	C
Deltametrin 2,5%	C	C	C	C
Deltametrin 6,25%	C	C	C	C
Fosalon 30 %	B	A	B	B
Fosalon 35 %	B	A	B	B
Metil azinfos 20 %	N	N	N	N
Triclorfon 80%	A	A	B	B

A– poco tóxico; B – tóxico; C – muy tóxico; N – efecto desconocido.

Fuente: De Liñan, 2003, [www.biobest.be](http://www.biobest.be)