



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

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

**TESIS DOCTORAL**

**El control de los insectos carpófagos del castaño  
(*Castanea sativa*) en Andalucía mediante captura  
masiva con feromona sexual y evaluación de la  
actividad insecticida de hongos entomopatógenos**

DOCTORANDO: ÁNGEL ROMERO PASTOR  
DIRECTOR: PROF. ENRIQUE VARGAS OSUNA

SEPTIEMBRE, 2013

TITULO: *El control de los insectos carpófagos del castaño (Castanea sativa) en Andalucía mediante captura masiva con feromona sexual y evaluación de la actividad insecticida de hongos entomopatógenos*

AUTOR: *Ángel Romero Pastor*

---

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2013  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)  
[publicaciones@uco.es](mailto:publicaciones@uco.es)

---





UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

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

**TESIS DOCTORAL**

**El control de los insectos carpófagos del castaño  
(*Castanea sativa*) en Andalucía mediante captura  
masiva con feromona sexual y evaluación de la  
actividad insecticida de hongos entomopatógenos**

Tesis presentada por Ángel Romero Pastor, para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba, dirigida por D. Enrique Vargas Osuna, Profesor Titular de Universidad.

El Director de la tesis

El Doctorando

Prof. D. Enrique Vargas Osuna

Ángel Romero Pastor

Córdoba, Septiembre de 2013





**TÍTULO DE LA TESIS:** El control de los insectos carpófagos del castaño (*Castanea sativa*) en Andalucía mediante captura masiva con feromona sexual y evaluación de la actividad insecticida de hongos entomopatógenos

**DOCTORANDO/A:** ANGEL ROMERO PASTOR

**INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS**

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

La Tesis Doctoral se ha desarrollado de acuerdo al plan de trabajo previsto y con una adecuada dedicación del doctorando. Se ha revisado convenientemente la literatura científica relativa al tema de Tesis, se han cubierto los objetivos planteados y se han obtenido resultados de indudable valor en el contexto de la Protección Vegetal y el control de las plagas del castaño.

Las primeras aportaciones relevantes del trabajo de Tesis han sido presentadas como comunicaciones en dos Congresos Nacionales de Entomología Aplicada y están siendo elaboradas para su envío en revistas científicas especializadas con índice de impacto.

Por todo ello, la Tesis Doctoral se considera idónea para su presentación.

Córdoba, 11 de Junio de 2013

Firma del director

Fdo.: Enrique Vargas Osuna



*A Patty*

*Por su apoyo durante los momentos más difíciles.*





## Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer al departamento de Ciencias y Recursos Forestales por haberme dado la oportunidad de utilizar sus instalaciones y poder pertenecer al grupo de Entomología Agroforestal durante tanto tiempo.

También quiero agradecer a mi director de tesis Dr. D. Enrique Vargas Osuna por haber confiado en mí, por su ayuda, sin la cual no hubiera sido posible realizar esta tesis doctoral.

Deseo expresar mi agradecimiento a la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, por haber financiado el proyecto “Control de la carpocapsa en las explotaciones de castaños andaluzas” del que formé parte como Contratado durante los años 2008 a 2010.

A los técnicos Judith y Federico, adscritos al Proyecto, sin cuya colaboración no hubiese sido posible realizar los trabajos de campo.

A los propietarios de los castañares y a las cooperativas de Málaga y Huelva, por su interés y empeño durante el desarrollo de la Tesis.

Al Centro de Desarrollo Rural (CEDER) de Ronda y a su gerente, por su apoyo y confianza.

Al profesor Dr. D. Antonio Ortiz de la Universidad de Jaén, por la obtención y aportación de feromonas sexuales de *C. splendana*.

Al grupo de Mejora Genética Vegetal de la Universidad de Córdoba, en concreto al Catedrático D. Luis Miguel Martín y a la doctora Ángela Martín, por haber participado en la última parte de la Tesis, en el marco del proyecto del Plan Nacional I+D “Evaluación, conservación y utilización de los recursos genéticos del castaño” (AGL2010-15147) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

A los doctores Hani K. Aldebis y Adel El-Sayed Hattem, por haberme ayudado y acompañado en tantos viajes, así como a los miembros del Grupo de Entomología Agroforestal por haber hecho que mi paso por el laboratorio sea inolvidable.

A mi familia por todo el apoyo recibido, especialmente a mis padres que siempre me han animado a seguir adelante y me han dado fuerzas para la finalización del trabajo.

Y por último recordar a los que ya no están.



## RESUMEN

El presente estudio se ha realizado en las dos zonas de castaños más significativas de Andalucía: El Valle del Genal y La Sierra de Aracena con objeto de desarrollar métodos biológicos de control de las plagas principales. Los objetivos se pueden concretar en tres apartados: 1) Determinar la incidencia de fitófagos y la importancia relativa de los insectos carpófagos en los castaños; 2) Desarrollar la técnica de trapeo masivo para el control de *Cydia splendana* utilizando la feromona comercial; 3) Estudiar la actividad insecticida de aislados del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* sobre las principales especies carpófagas.

En la incidencia de fitófagos, se ha hecho un estudio durante el año 2007 en fincas representativas de los castaños de ambas zonas para identificar los principales fitófagos que afectan a los castaños. Se determinaron también las curvas de vuelo de las tres especies de tortrícidos que afectan a las castañas usando trampas con las feromonas sexuales de cada una de las especies. Finalmente se obtuvieron los niveles de daños en castañas por cada una de las especies carpófagas, confirmando la importancia predominante de *C. splendana*.

Para el control de *C. splendana* mediante la técnica de captura masiva utilizando trampas tipo Polillero cebadas con feromona sexual, se hizo el estudio durante los años 2008 y 2009, en diferentes localidades de las dos zonas de castaños. Se obtuvieron los datos de capturas y los daños causados por esta especie en comparación con parcelas sin tratamiento. El método de captura masiva obtuvo buena eficacia en cuanto a la reducción de daños, aunque solo en las zonas que tuvieron una incidencia media de daños por *C. splendana*.

En 2009, se hizo un ensayo para comparar la eficacia en el número de capturas entre dos tipos de trampas: Polillero y Delta. El número de capturas en las trampas Delta fue significativamente superior con respecto a las trampas Polillero en Genalguacil y, aunque no hubo diferencias significativas, la tendencia fue también superior en el resto de las localidades de Huelva. También se realizó un estudio de factores relacionados con la colocación de las trampas: altura del árbol, densidad de copa y localización en la parcela. Las trampas colocadas en castaños de menor porte,

menor densidad de copa y situados en las zonas más elevadas son las que capturan más machos de *C. splendana*. Estos resultados permiten recomendar la colocación de las trampas en estas situaciones favorables, con objeto de conseguir un mayor nivel de capturas.

En 2010, se hizo un estudio en la Sierra de Aracena para comparar diferentes compuestos feromonales: cuatro feromonas experimentales obtenidas a partir de adultos de poblaciones naturales de ambas zonas se compararon con la feromona comercial. Una de las feromonas experimentales fue significativamente más eficaz que el resto en la captura de machos. En este mismo año se realizó un estudio para como afectaba la presencia de *Quercus* en los bordes de las parcelas; para ello, se colocaron trampas en las zonas de castaños y otras en las zonas de *Quercus* próximas y se observó que en las zonas de *Quercus* las capturas fueron siempre mayores.

Simultáneamente a los estudios de campo, se realizaron bioensayos de laboratorio para determinar la actividad insecticida de aislados del hongo *B. bassiana*, sobre larvas recogidas en campo de *C. splendana*, *Cydia fagiglandana* y *Curculio elephas*, así como aislados procedentes de muestras de suelo. Se utilizaron suspensiones acuosas de conidias de cada uno de los aislados que fueron aplicadas tópicamente a larvas de cuarto estadio de las tres especies de carpófagos. En base a los datos de mortalidad se estimaron y compararon las rectas de regresión dosis-mortalidad y las concentraciones letales medias. El aislado obtenido de larvas de *C. splendana* fue el más selectivo, con buena infectividad solo para larvas de su hospedador natural. Por el contrario, los aislados procedentes de larvas de *C. elephas* y de *C. fagiglandana* mostraron similar infectividad recíproca entre huéspedes. Teniendo en cuenta que las especies carpófagas pasan parte de su ciclo en el suelo, éste puede ser el lugar apropiado para aplicar los biopreparados a base de *B. bassiana*, constituyendo un buen método preventivo que podría reducir las poblaciones de estos fitófagos y realizar un control biológico natural a largo plazo.

## ABSTRACT

This study was conducted in the two most significant of the chestnut production areas in Andalusia, Genal Valley and the Sierra de Aracena in order to develop biological methods of control of major pests. The objectives can be specified in three ways: 1) determine the incidence of phytophagous and the relative importance of the carpophagous insects in the chestnut; 2) develop the mass trapping technique for control of *Cydia splendana* using commercial pheromone; 3) study the insecticidal activity of isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on major carpophagous species.

The incidence of phytophagous was evaluated on representative farms of the chestnut in both areas to identify the main phytophagous affecting chestnut. Flight curves of the three tortricid species affecting chestnuts were obtained using sex pheromone traps for each species. Chestnut damage levels for each of the species were determined confirming the importance of the *C. splendana* as a key pest of chestnut.

During 2008 and 2009 a study were carry out to control *C. splendana* by mass trapping technique using traps baited with sex pheromone. Experimental plots were performed at different locations in the two areas of chestnut and were obtained data on catches and damage caused by this species compared to untreated plots. The method of mass trapping obtained good effectiveness in reducing damage, but only in areas that had medium incidence of damage by *C. splendana*.

In 2009, a test was done to compare the efficacy in the number of catches between two types of traps: "Polillero" and "Delta". The number of catches was significantly higher in Delta traps regarding Polillero traps at Genalguacil (Huelva) and, although there were no significant differences, the trend was also higher than in the rest of the locations. We also conducted a study of factors related to the setting of traps: tree height, canopy density and location on the plot. The chestnut traps placed in smaller size, lower canopy density and located in higher areas are those that capture more *C. splendana* males. These results allow to recommend the setting of traps in these favorable situations, in order to achieve a higher level of catches.

In 2010, a study in Sierra de Aracena was conducted to compare different pheromone compounds; four experimental pheromone obtained from natural adult populations were compared with a commercial pheromone. One experimental

pheromone was significantly more effective than the rest in the capture of males. In this year we also conducted a study to know if the presence of *Quercus* at the edges of the plots affect to catches in pheromone traps. For that traps were placed in areas of chestnut and *Quercus* and we found that catches in *Quercus* were always higher than in chesnut.

Simultaneously with the field studies, laboratory bioassays were conducted to determine the insecticidal activity of *B. bassiana* isolated from *C. splendana*, *Cydia fagiglandana* and *Curculio elephas* larvae. Conidia suspensions of each of the isolates were applied topically to larvae of fourth instar of the three carpophagous species. Based on mortality data were estimated and compared the regression lines dose-mortality and median lethal concentrations. The isolate from *C. splendana* larvae was the most selective, with good infectivity only for natural host larvae. By contrast, isolates from larvae of *C. fagiglandana* and *C. elephas* showed a similar infectivity interaction between guests. Given that carpophagous species spend part of their life cycle in the soil, it can be the appropriate place to apply based biopesticides based on *B. bassiana*, constituting a good preventive method the could reduce the populations of these species and allow a long-term natural biological control.

## INDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. El castaño.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.1. Generalidades.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.2. Producción de madera de castaño.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.3. Producción de castañas .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.4. Enfermedades y plagas del castaño en España .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.4.1. Enfermedades .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.4.2. Plagas.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.4.2.1. Especies defoliadoras.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.4.2.2. Especies minadoras de hojas.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.4.2.3. Especies xilófagas.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.4.2.4. Especies chupadoras de savia .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.5. Especies carpófagas del castaño .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.5.1. <i>Curculio elephas</i> Gyll. ....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.5.1.1. Situación taxonómica.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.5.1.2. Distribución y plantas hospedantes.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.5.1.3. Morfología .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.5.1.4. Ciclo biológico .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.5.1.5. Enemigos naturales.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.5.1.6. Medidas de control .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.5.2. <i>Cydia splendana</i> Hübner .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.5.2.1. Situación taxonómica.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.5.2.2. Distribución y plantas hospedantes.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.5.2.3. Morfología .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.5.2.4. Ciclo biológico .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.5.2.5. Enemigos naturales.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1.5.2.6. Medidas de control .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.5.3. <i>Cydia fagiglandana</i> Zeller .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1.5.3.1. Situación taxonómica.....</b>	<b>30</b>
<b>2.1.5.3.2. Distribución y plantas hospedantes.....</b>	<b>30</b>
<b>2.1.5.3.3. Morfología .....</b>	<b>30</b>



2.1.5.3.4. Ciclo biológico .....	31
2.1.5.3.5. Enemigos naturales.....	33
2.1.5.3.6. Medidas de control .....	33
2.1.5.4. <i>Pammene fasciana</i> L.....	33
2.1.5.4.1. Situación taxonómica.....	33
2.1.5.4.2. Distribución y plantas hospedantes.....	34
2.1.5.4.3. Morfología .....	34
2.1.5.4.4. Ciclo biológico .....	35
2.1.5.4.5. Enemigos naturales.....	37
2.1.5.4.6. Medidas de control .....	37
2.2. Las feromonas sexuales para el control de plagas. ....	39
2.2.1. Las feromonas sexuales .....	39
2.2.2. Utilización en el control de plagas.....	40
2.2.2.1. Seguimiento de las poblaciones .....	41
2.2.2.2. Trampeo masivo .....	42
2.2.2.3. Confusión sexual.....	43
2.3. Hongos entomopatógenos .....	45
2.3.1. Introducción .....	45
2.3.2. Ciclo de infección .....	46
2.3.2.1. Adhesión.....	47
2.3.2.2. Germinación .....	47
2.3.2.3. Penetración .....	47
2.3.2.4. Multiplicación del hongo en el hemocele.....	48
2.3.2.5. Producción de toxinas .....	48
2.3.2.6. Muerte del insecto .....	49
2.3.2.7. Colonización total.....	49
2.3.2.8. Emergencia del hongo hacia el exterior .....	49
2.3.2.9. Esporulación .....	50
2.3.2.10. Diseminación.....	50
2.3.3. Clasificación de los hongos entomopatógenos.....	50
2.3.4. <i>Beauveria bassiana</i> .....	51
2.3.5. <i>Beauveria bassiana</i> como agente de control de plagas.....	53
3. MATERIAL Y MÉTODOS .....	57
3.1. Área de los estudios de campo.....	57

3.1.1. La Sierra de Aracena y Picos de Aroche .....	57
3.1.2. El Valle del Genal .....	60
3.2. Incidencia de daños por fitófagos .....	62
3.2.1. Método de muestreo.....	62
3.2.2. Métodos para la determinación taxonómica de las especies.....	63
3.3. Control de <i>C. splendana</i> mediante trampeo masivo .....	65
3.3.1. Localización y descripción de las parcelas de experimentación...65	
3.3.1.1. En la Sierra de Aracena y Picos de Aroche.....	65
3.3.1.2. En el Valle del Genal.....	66
3.3.2. Ensayo de eficacia .....	68
3.3.2.1. Parcelas de observación.....	68
3.3.2.2. Colocación de las trampas .....	68
3.3.2.3. Seguimiento del ensayo .....	69
3.3.3. Factores que influyen en la eficacia del trampeo masivo.....	69
3.3.3.1. Localización de las trampas en las parcelas .....	69
3.3.3.2. Tipos de trampa: Polillero y Delta.....	70
3.3.3.3. Presencia de <i>Quercus</i> en los bordes de las parcelas .....	70
3.3.3.4. Comparación de la feromona comercial con preparados experimentales.....	71
3.3.4. Influencia de la variedad en los niveles de daños .....	71
3.3.5. Análisis estadísticos .....	72
3.4. Actividad Insecticida de <i>Beaveria bassiana</i> .....	72
3.4.1. Procedencia de los aislados .....	72
3.4.2. Obtención de cultivos puros.....	73
3.4.3. Titulación de la suspensión de conidias .....	73
3.4.4. Método de bioensayo .....	74
3.4.5. Análisis estadísticos .....	75
4. RESULTADOS.....	77
4.1. Incidencia de fitófagos .....	77
4.1.1. Defoliadores.....	79
4.1.2. Minadores de hojas.....	80
4.1.3. Chupadores .....	80
4.1.4. Perforadores de fruto .....	80
4.1.4.1. Incidencia de los carpófagos en la Sierra de Aracena .....	81

4.1.4.2. Incidencia de los carpófagos en el Valle del Genal.....	84
4.2. Control de <i>C. splendana</i> mediante trampeo masivo.....	86
4.2.1. Eficacia en 2008.....	86
4.2.1.1. Niveles y evolución de capturas .....	86
4.2.1.2. Captura de otros insectos en las trampas de feromona ....	92
4.2.1.3. Niveles de daños.....	94
4.2.2. Eficacia en 2009.....	96
4.2.2.1. Niveles y evolución de capturas .....	96
4.2.2.2. Niveles de daños.....	103
4.2.3. Factores que influyen en la eficacia del trampeo masivo.....	105
4.2.3.1. Localización de las trampas en las parcelas .....	105
4.2.3.2. Tipo de trampa: Polillero y Delta .....	107
4.2.3.3. Presencia de <i>Quercus</i> en los bordes de las parcelas .....	109
4.2.3.4. Comparación de la feromona comercial con preparados experimentales .....	111
4.2.4. Influencia de la variedad en los niveles de daños .....	113
4.3. Actividad insecticida de hongos entomopatógenos .....	115
4.3.1. Infectividad de aislados de <i>B. bassiana</i> procedentes de larvas de carpófagos .....	115
4.3.2. Infectividad de aislados de <i>B. bassiana</i> en hospedadores alternativos.....	117
4.3.2.1. Aislado de <i>C. elephas</i> sobre larvas de <i>C. splendana</i> .....	117
4.3.2.2. Aislado de <i>C. splendana</i> sobre larvas de <i>C. elephas</i> .....	118
4.3.2.3. Aislado de <i>C. fagiglandana</i> sobre larvas de <i>C. elephas</i> ...	118
4.3.3. Infectividad de aislados de <i>B. bassiana</i> procedentes de muestras de suelo.....	119
5. DISCUSIÓN .....	121
5.1. Incidencia de fitófagos .....	121
5.2. Control de <i>C. splendana</i> mediante trampeo masivo.....	125
5.3. Actividad insecticida de hongos entomopatógenos .....	127
6. CONCLUSIONES .....	131
7. BIBLIOGRAFÍA .....	133
8. ANEXO FOTOGRÁFICO	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales enfermedades del castaño .....	11
Tabla 2. Principales plagas del castaño en España.....	15
Tabla 3. Los hongos entomopatógenos y sus hospedantes.....	51
Tabla 4. Fitófagos asociados al castaño en la Sierra de Aracena (Huelva).....	77
Tabla 5. Fitófagos asociados al castaño en el Valle del Genal (Málaga) .....	78
Tabla 6. Principales fitófagos del castaño en las zonas de estudio.....	79
Tabla 7. Número y nivel de capturas de otros insectos en las trampas con feromona sexual de <i>C. splendana</i> en la Sierra de Aracena .....	92
Tabla 8. Número y nivel de capturas de otros insectos en las trampas con feromona sexual de <i>C. splendana</i> en el Valle del Genal.....	93
Tabla 9. Porcentajes de frutos dañados por larvas de <i>C. splendana</i> en los muestreos realizados en la Sierra de Aracena (Huelva) durante 2008.....	95
Tabla 10. Porcentajes de frutos dañados por larvas de <i>C. splendana</i> en los muestreos realizados en el Valle del Genal (Málaga) durante 2008.....	96
Tabla 11. Porcentajes de frutos dañados por larvas de <i>C. splendana</i> en los muestreos realizados en la Sierra de Aracena (Huelva) durante 2009.....	104
Tabla 12. Porcentajes de frutos dañados por larvas de <i>C. splendana</i> en los muestreos realizados en el Valle del Genal (Málaga) durante 2009....	104
Tabla 13. Incidencia de daños por <i>C. splendana</i> en diferentes variedades de castaño en la Sierra de Aracena .....	114
Tabla 14. Mortalidad causada por aislados de <i>Beauveria bassiana</i> por aplicación tópica sobre larvas de su respectivos hospedadores naturales .....	115
Tabla 15. Rectas de regresión Probit y concentraciones letales medias (CL <sub>50</sub> ) de aislados de <i>Beauveria bassiana</i> sobre larvas de sus respectivos hospedadores naturales.....	116
Tabla 16. Mortalidad de larvas de <i>Cydia fagiglandana</i> causada por <i>Beauveria bassiana</i> aislado de <i>Curculio elephas</i> .....	117
Tabla 17. Potencia relativa del aislado de <i>Beauveria bassiana</i> procedente de <i>Curculio elephas</i> en larvas de <i>Cydia fagiglandana</i> respecto de su hospedador natural.....	118
Tabla 18. Mortalidad de larvas de <i>Curculio elephas</i> causada por <i>Beauveria</i>	

<i>bassiana</i> aislado de <i>Cydia splendana</i> .....	118
Tabla 19. Mortalidad de larvas de <i>Curculio elephas</i> causada por <i>Beauveria</i> <i>bassiana</i> aislado de <i>Cydia fagiglandana</i> .....	119
Tabla 20. Potencia relativa del aislado de <i>Beauveria bassiana</i> procedente de <i>Cydia</i> <i>fagiglandana</i> en larvas de <i>Curculio elephas</i> respecto de su hospedador natural .....	119
Tabla 21. Mortalidad de larvas de <i>C. splendana</i> y de <i>C. elephas</i> tratadas tópicamente con aislados de <i>Beauveria bassiana</i> procedentes de muestras de suelo, a la dosis de $5 \times 10^7$ conidias/ml.....	120
Tabla 22. Mortalidad de larvas de <i>C. splendana</i> causada por el aislado 31 de <i>Beauveria bassiana</i> procedente de muestras de suelo .....	120

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo biológico de <i>Curculio elephas</i> .....	23
Figura 2. Ciclo biológico de <i>Cydia splendana</i> .....	29
Figura 3. Ciclo biológico de <i>Cydia fagiglandana</i> .....	32
Figura 4. Ciclo biológico de <i>Pammene fasciana</i> .....	37
Figura 5. Principales zonas productoras de castañas en Andalucía.....	57
Figura 6. Curvas de vuelo de <i>Cydia splendana</i> en tres fincas de la Sierra de Aracena...82	
Figura 7. Curvas de vuelo de <i>Cydia fagiglandana</i> en tres fincas de la Sierra de Aracena (Huelva).....	82
Figura 8. Curvas de vuelo de <i>Pammene fasciana</i> en tres fincas de la Sierra de Aracena (Huelva).....	83
Figura 9. Porcentajes de daños por <i>Cydia splendana</i> en diferentes fincas de la Sierra de Aracena (Huelva) .....	83
Figura 10. Curvas de vuelo de <i>C. splendana</i> en fincas del Valle del Genal (Málaga)....84	
Figura 11. Nivel de daños causado por <i>C. splendana</i> en fincas representativas de los castañares del Valle del Genal (Málaga) .....	85
Figura 12. Niveles totales de capturas de <i>Cydia splendana</i> en las trampas de feromona de la Sierra de Aracena (Huelva) situadas en las parcelas experimentales (subparcelas 1 a 4) y la parcela testigo (T) en el 2008.....	87
Figura 13. Niveles totales de capturas de <i>Cydia splendana</i> en las trampas de feromona del Valle del Genal (Málaga) situadas en las parcelas experimentales (subparcelas 1 a 4) y la parcela testigo (T) en el 2008.....	87
Figura 14. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Cortegana (Huelva) en el 2008 .....	88
Figura 15. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Fuenteheridos (Huelva) en el 2008 .....	88
Figura 16. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Jabugo (Huelva) en el 2008 .....	89
Figura 17. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Los Marines (Huelva) en el 2008 .....	89
Figura 18. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Pujerra (Málaga) en el 2008 .....	90

Figura 19. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Genalguacil (Málaga) en el 2008 .....	90
Figura 20. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Parauta (Málaga) en el 2008 .....	91
Figura 21. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Jubrique (Málaga) en el 2008 .....	91
Figura 22. Nivel de capturas de otros insectos en las trampas con feromona sexual de <i>C. splendana</i> en la Sierra de Aracena.....	93
Figura 23. Nivel de capturas de otros insectos en las trampas con feromona sexual de <i>C. splendana</i> en el Valle del Genal .....	94
Figura 24. Niveles totales de capturas de <i>Cydia splendana</i> en las trampas de feromona de la Sierra de Aracena (Huelva) situadas en las parcelas experimentales (subparcelas 1 a 4) y la parcela testigo (T) en el 2009.....	97
Figura 25. Niveles totales de capturas de <i>Cydia splendana</i> en las trampas de feromona del Valle del Genal (Málaga) situadas en las parcelas experimentales (subparcelas 1 a 4) y la parcela testigo (T) en el 2009.....	98
Figura 26. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Cortegana (Huelva) en el 2009 .....	99
Figura 27. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Fuenteheridos (Huelva) en el 2009 .....	99
Figura 28. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Jabugo (Huelva) en el 2009 .....	100
Figura 29. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Los Marines (Huelva) en el 2009 .....	100
Figura 30. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Pujerra (Málaga) en el 2009 .....	101
Figura 31. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Genalguacil (Málaga) en el 2009 .....	101
Figura 32. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Parauta (Málaga) en el 2009 .....	102
Figura 33. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Jubrique (Málaga) en el 2009 .....	102

Figura 34. Relación de la altura, densidad y altitud de los árboles en las parcelas de la Sierra de Aracena (Huelva) .....	106
Figura 35. Relación de la altura, densidad y altitud de los árboles en las parcelas del Valle del Genal (Malaga) .....	107
Figura 36. Comparación de capturas entre trampas polillero y delta en la Sierra de Aracena (Huelva) .....	108
Figura 37. Comparación de capturas entre trampas polillero y delta en el Valle del Genal (Malaga).....	109
Figura 38. Capturas en trampas con feromona de <i>C. splendana</i> situadas en los límites de castaños y <i>Quercus</i> en Cortegana (Huelva).....	109
Figura 39. Capturas en trampas con feromona de <i>C. splendana</i> situadas en los límites de castaños y <i>Quercus</i> en Los Marines (Huelva).....	110
Figura 40. Capturas en trampas con feromona de <i>C. splendana</i> situadas en los límites de castaños y <i>Quercus</i> en Jubrique (Málaga).....	110
Figura 41. Capturas en trampas con feromona de <i>C. splendana</i> situadas en los límites de castaños y <i>Quercus</i> en Genalguacil (Málaga) .....	111
Figura 42. Nivel de capturas en los cinco tipos de feromonas .....	112
Figura 43. Nivel de daños en porcentaje de castañas con larva de <i>C. splendana</i> en las tres fechas de recogida para cada tipo de feromona .....	112
Figura 44. Niveles de daños causados por <i>C. splendana</i> en diferentes localidades de la Sierra de Aracena en el ensayo de variedades.....	113





# **Introducción y objetivos**



## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El castaño (*Castanea sativa* Millar) ocupa un lugar destacado en las actividades de mantenimiento y recuperación de especies vegetales y proporciona múltiples beneficios al ecosistema forestal por su carácter de árbol caducifolio, de gran valor ecológico, protector, paisajístico y productivo. En Andalucía, los castaños del Valle del Genal (Málaga) y de la Sierra de Aracena (Huelva) constituyen uno de los principales recursos ecológicos y económicos de dichas zonas, cuya sostenibilidad está amenazada por problemas de diversa índole, entre los que se encuentran las pérdidas de producción de castaña (en cantidad y calidad) causadas por daños de insectos perforadores del fruto. Los insectos perforadores de la castaña son considerados el primer problema fitosanitario en los castaños destinados a la producción de castaña.

Los primeros estudios sistemáticos sobre los fitófagos asociados a las masas de castaños de Andalucía se iniciaron en el año 2000 por el grupo de Entomología Agroforestal de la Universidad de Córdoba, en el marco de un Convenio de cuatro años para el desarrollo de un proyecto de investigación sobre los castaños de Andalucía, financiado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía,

Entre los fitófagos del castaño en Andalucía destacan insectos carpófagos cuyas larvas se desarrollan en el interior de las castañas ocasionando graves pérdidas de producción y depreciando comercialmente el fruto. Las especies encontradas en España son los lepidópteros de la familia Tortricidae *Cydia splendana* (Hb.), *Pammene fasciana* (L.) y *Cydia fagiglandana* (Zel.) y el coleóptero de la familia Curculionidae *Curculio elephas* Gyll. Los estudios anteriores en el sur de España indican que los principales daños son causados por *C. splendana*.

Se dispone en el mercado de feromonas sexuales de las tres especies de lepidópteros, por lo que pueden ser utilizadas como atrayentes en trampas para el seguimiento poblacional en programas de control integrado basados en el uso racional de insecticidas químicos. Sin embargo, el control de estas especies mediante la aplicación de insecticidas presenta limitaciones tanto económicas y ecológicas, como legislativas, por lo que se deben desarrollar métodos biológicos que por su seguridad medioambiental permitan la sostenibilidad de estos ecosistemas y, además, cumplan las normas exigidas en parques naturales y castaños ecológicos.

La feromona sexual de *C. splendana* puede ser utilizada como método de control mediante las técnicas de trapeo masivo o confusión. En España, solo hay constancia de ensayos de confusión sexual en castañares de Galicia con resultados poco satisfactorios. Más recientemente, ensayos preliminares de trapeo masivo realizados por el Grupo de Entomología Agroforestal de la Universidad de Córdoba en pequeñas parcelas experimentales del Valle del Genal durante los años 2003 y 2004, dieron resultados prometedores.

Asimismo, los hongos entomopatógenos constituyen una herramienta biológica cuya eficacia es a priori favorecida por las condiciones ambientales de alta humedad del ecosistema y pueden ser aplicados para controlar las poblaciones de estas plagas durante el largo periodo de latencia de las larvas en el suelo. Se cuenta inicialmente de aislados de *Beauveria bassiana* procedentes de insectos y de muestras de suelo en ecosistemas forestales de Andalucía, que pueden ser seleccionados para su uso como bioinsecticidas.

Los objetivos específicos del trabajo han sido:

1. Determinar la importancia relativa de los insectos carpófagos del castaño en las dos zonas principales productoras de castañas en Andalucía.
2. Desarrollar la técnica de trapeo masivo para el control de *C.splendana* con la feromona comercial.
  - 2.1. Influencia de diferentes factores en el nivel de capturas:
    - a) Tipo de trampa.
    - b) Localización de las trampas.
    - c) Comparación con feromonas experimentales.
  - 2.2. Eficacia en términos de reducción de daños.
3. Estudiar la actividad insecticida de aislados de *Beauveria bassiana* en las especies carpófagas del castaño.
  - 3.1. Comparación de la infectividad entre aislados
  - 3.2. Cálculo de la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) de los aislados más activos.

# **Revisión bibliográfica**



## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. El castaño

#### 2.1.1. Generalidades

El castaño, de nombre científico *Castanea sativa* Miller (1768), pertenece al género *Castanea* de la familia Fagaceae del orden Fagales (Castroviejo et al., 1990).

La familia Fagaceae está constituida por árboles, raras veces arbustos ó matas, de hojas caedizas ó persistentes, alternas, de enteras a pinnado-lobuladas, generalmente con estípulas caedizas. Flores unisexuales dispuestas normalmente en amentos ó pequeñas espigas. Perianto de 4-7 brácteas. Flores masculinas con el mismo ó doble número de estambres que piezas del perianto, aunque a veces pueden llegar a 40. Flores femeninas en grupos de 1 a 3, cada una protegida por un involucreo basal. Ovario ínfero con 3-6 cavidades. Fruto en aquenio, en grupos de 1-3, protegidos en la base ó envueltos completamente por una cúpula coriácea (López Lillo et al., 2001; Pardiñas, 1987; Flórez et al., 1997).

Esta familia se divide en tres subfamilias: Fagoideae (*Fagus*, *Nothofagus*), Castanoideae (*Castanea*, *Lithocarpus*) y Quercoideae (*Quercus*) y alrededor de 600 especies, en su mayor parte originarias de zonas templadas y subtropicales del Hemisferio Boreal, salvo el género *Nothofagus*, solamente presente en el Hemisferio Sur (López Lillo et al., 2001).

El género *Castanea* está compuesto por trece especies las cuales están repartidas por las regiones templadas del Hemisferio Boreal. De todas ellas tan sólo está presente en Europa *C. sativa*. En Asia Oriental se encuentran: *C. mollissima* Blume, *C. crenata* Sieb. et Zucc., *C. henryi* Rehder et Wilson, *C. seguinii* Dode y *C. davidii* Dode; y en Norteamérica: *C. dentata* Borkhausen, *C. ozarkensis*, *C. ashei* Sudworth, *C. paucispina* Ashe, *C. pumilla* Millar, *C. floridiana* Ashe y *C. alnifolia* Nuttall (Berrocal et al., 1998).

El castaño es un árbol de la región mediterránea septentrional que se adentra en Centroeuropa y que presenta avanzadas en el Norte de África y en la región del Cáucaso. Su área natural abarca desde la Península Ibérica y Francia hasta la venciudad del Caspio y desde Hungría hasta Argelia y montañas mediterráneas de Marruecos (Beni Hoçmar)



(Ruiz de la Torre, 1979). Su área de distribución se sitúa entre los 36° y los 51° de Latitud Norte. En Europa ocupa más de 1.700.000 ha, cubriendo importantes áreas en Francia, Italia, España, Portugal, Turquía, Reino Unido y Grecia (Pardiñas, 1987).

Cultivado desde la antigüedad, ha sido plantado extensivamente por su fruto y madera, habiéndose asilvestrado en muchas regiones del Oeste, Centro y Norte de Europa. Desde la Península Ibérica se introdujo en las islas de Madeira y Canarias, existiendo pies procedentes de cultivo antiguo en la margen africana del Estrecho de Gibraltar (Sierra de Benzú) (Ruiz de la Torre, 1979).

El origen del castaño se supone oriundo del Asia Menor desde donde fue llevado a Grecia, tierra donde eran conocidas las castañas como “bellotas de Zeus”, su nombre latino *Castanea*, deriva del griego Castaña, ciudad del Ponto donde se cultivó este árbol desde tiempos remotos. Durante la época de los romanos el castaño fue cultivado en Italia y en Europa Central, en donde se ha naturalizado, extendiéndose posteriormente hasta el norte de Francia, el sureste de Gran Bretaña y la Península Ibérica, por los caminos de las legiones (Adua, 1999).

En la península es frecuente en el norte, desde el País Vasco a Galicia, en Cataluña, montañas del centro y occidente y en Andalucía, escaseando mucho hacia el este y sureste, debido al predominio de suelos calizos y climas más secos (Elorrieta, 1949). Aunque se encuentra en casi todas las provincias, pueden señalarse cuatro núcleos fundamentales de la representación del castañar: Noroeste de Galicia, Zamora y León, con Asturias y Santander, hasta Vasconia y Navarra; Cataluña, en Gerona y Barcelona; Centro-Oeste, con los montes de la Peña de Francia, Gredos y valle del Tiétar; finalmente Andalucía, con las Serranías de Aracena y Ronda, Sierra Nevada y Sierra Morena (Ruiz de la Torre, 1979).

Es un árbol que adopta portes majestuosos con las ramas gruesas y rectas extendidas hacia lo alto; las inferiores más ó menos horizontales y, en los cultivados, más cercanas al suelo. El árbol alcanza de 20 a 22 metros de alto, sobrepasando frecuentemente los 25 m pero raramente alcanza los 30 m. Las hojas aparecen a principios de Mayo y en el invierno permanecen secas durante largo tiempo. Florece entre los meses de Mayo y Junio, dependiendo de la altitud del bosque. Fructifica a partir de los 15 años, aunque con injertos se puede adelantar la fructificación bastantes

años; la producción de castañas aumenta entonces con la edad, hasta alcanzar los cincuenta años. A partir de los 150 años la producción decrece de acuerdo con las condiciones del castañar. En los árboles cultivados el tronco es corto, grueso y con gran cantidad de ramas. Por el contrario, en los silvestres el tronco es más esbelto y con menos cantidad de ramas (Flórez et al., 1997).

Las hojas del castaño son simples, alternas y caducas, tienen de 3 a 5 cm de anchura y de 10 a 15 cm de longitud. El peciolo es corto y el limbo oblongo lanceolado, agudo y acuminado, de 15 × 15 cm en los castaños silvestres, y de hasta 25 cm de largo en los cultivados, siendo en estos últimos también más ancho. El color de las hojas varía dependiendo de las variedades, existiendo siempre diferencia entre el haz, de color verde lustroso y el envés, que es más pálido (Pardiñas, 1987; Flórez et al., 1997).

El castaño es monoico, con las flores femeninas y masculinas separadas espacialmente. Las masculinas se disponen en largos amentos, con el cáliz dividido en 5 o 6 piezas y numerosos estambres. Las flores femeninas se encuentran en pequeños grupos, casi siempre en la base de los amentos masculinos. Se reúnen en grupos de 3 a 5, amparadas por una cúpula común, coriácea y espinosa (el futuro erizo) (Pardiñas, 1987; Flórez et al., 1997).

La maduración tiene lugar en otoño, seguida de la apertura de los erizos, que conlleva la caída de la castaña. Para el aprovechamiento del fruto, desde finales de septiembre a noviembre o principios de diciembre, tiene lugar la recogida de las castañas, variando la fecha de recogida con las diferentes condiciones climatológicas de cada localidad, retrasándose en las zonas altas de montaña y cosechándose en cada comarca variedades tempranas y tardías (Elorrieta, 1949).

Su sistema radical es profundo, robusto y extendido, lo que tiende a asegurar el suministro suficiente de agua edáfica en el período seco; la raíz principal parece detenerse cuando cesa el crecimiento en altitud, potenciándose la ramificación lateral del sistema radicular que se empieza ya a formar a los dos años (Berrocal et al., 1998).

Los suelos sobre los que se instala suelen ser sueltos, profundos, húmicos y sin carbonatos ó sales. Aunque el castañar se instala bien en suelos ácidos, también puede hacerlo en suelos neutros o básicos, con tal de que existan bajas concentraciones de caliza activa (como ocurre en la provincia de Huelva que presenta castañares sobre

rocas básicas, que originan suelos neutros), pues una importante absorción de iones calcio le provoca clorosis y muerte. Requiere suelos con cierto aporte de humedad durante todo el año, bien drenados, profundos y con alto contenido de materia orgánica (Flórez et al., 1997; Álvarez et al., 2000).

El castaño se cría desde el nivel del mar en el norte, hasta los 1500 metros en las montañas andaluzas. La altura óptima del castaño se establece en España entre los 500 y 1200 metros sobre el nivel del mar. Se ubica preferentemente en situaciones abrigadas y frescas; no busca el abrigo térmico, pues resiste bastante bien el frío invernal, sino más bien la humedad de las umbrías en el periodo estival. El calor estival es necesario para lograr una buena maduración del fruto; por tanto, el castaño es moderadamente heliófilo. La altitud más apropiada para la producción de castaña se encuentra entre los 200 y 600 m (Flórez et al., 1997)

El castaño vive en zonas de clima subhúmedo, con una precipitación superior a 600 mm. La precipitación anual del área de los castañares es normalmente superior a los 1000 mm/año, pero puede disminuir en algún caso, pues lo que se requiere es humedad edáfica estival suficiente; si el suelo es lo suficientemente profundo, la reserva edáfica puede paliar la menor precipitación estival (Flórez *et al.*, 1997). Admite precipitaciones superiores a los 2000 mm/año, siempre que el drenaje sea excelente.

Los aprovechamientos del castaño son principalmente la producción de madera y la producción de fruto. También ha sido tradicionalmente empleado para la obtención de taninos, siendo en los últimos años desplazado por otras sustancias curtientes de síntesis y naturales; para la obtención de taninos hay que tener en cuenta la edad del castaño, ya que el máximo de taninos se encuentra en un 13,5% entre los 20 y 30 años; el hábitat, castaños más meridionales poseen más taninos; y el órgano del castaño, así en la corteza tenemos una media de 12,5%, duramen con 8,7% y albura 7,4% (Berrocal *et al.*, 1998). Otros usos han sido los medicinales, por sus propiedades como astringente, remedio contra la tos, ligeramente espasmódico y expectorante, entre otras (Berrocal *et al.*, 1998).

### 2.1.2. Producción de madera de castaño

La madera de castaño es de buena calidad (a caballo entre el nogal y el roble), siendo de dureza media, de color algo más oscura que la del roble común, elástica, muy flexible de joven, poco porosa, de grano fino y fácil de trabajar. Su uso es principalmente para tonelería, artesanía (cestas, sillas, sillones,...), fabricación de estacas para cercas y vallados, vigas, apeas y fabricación de palets (si la madera es de poca calidad). Sin embargo su uso en ebanistería y carpintería fina, ha sido sustituido por otras maderas exóticas. (Berrocal *et al.*, 1998).

Para la producción de madera, la capacidad de rebrote del castaño posibilita su tratamiento bajo dos métodos de beneficio: en Monte Alto, donde los pies que conforman la masa proceden de plántulas de semilla (brinzales) y en Monte Bajo o tallar, donde los pies proceden de brote de cepa (chirpiales) (Álvarez *et al.*, 2000). Cuando los árboles proceden de semilla mantienen su vigor durante períodos de tiempo más prolongados, pudiendo alcanzar dimensiones muy importantes. El rebrote, por el contrario, tiene un importantísimo vigor y crecimiento inicial, ya que todo el sistema radical de la cepa está implantado en el terreno, pero a la larga el vigor se reducirá en comparación con el de los árboles que proceden de semilla.

Los turnos en Monte Alto están situados entre los 70 y 90 años, periodos en los que se alcanza la máxima producción media de producto maderable con unos diámetros normales de 50 a 70 cm, no siendo aconsejable el aumento del turno ya que se incrementa el riesgo de ahuecamiento del tronco (Berrocal *et al.*, 1998). El objetivo de este tipo de método de beneficio es la producción de madera de calidad con fustes rectos y sin ramificar hasta alturas de 8 metros, lo cual se consigue con los tratamientos selvícolas pertinentes (Álvarez *et al.*, 2000).

Los castaños en Monte Bajo deben cortarse en secciones practicadas en su base, limpias y sin desprendimiento de corteza de forma que las cepas se mantengan sanas y vigorosas durante mucho tiempo (Berrocal *et al.*, 1998). Antiguamente, los turnos aplicados eran variables con la finalidad del aprovechamiento, de 5-6 años para cestería y aros y de 15 a 25 años para duelas ó taninos. Con la desaparición progresiva de estos usos tradicionales de la madera procedente de los montes bajos, se está produciendo una

tendencia a prolongar los turnos con la finalidad de obtener madera para sierra con destino final para carpintería y ebanistería (Álvarez et al., 2000).

En España el castaño se puede encontrar mezclado irregularmente con otras especies arbóreas en equilibrio biológico, pero sin formar bosques mixtos selvícolamente tratados, estando en la mayoría de los casos acompañado de otras fagáceas como la encina, el alcornoque o el haya (Berrocal *et al.*, 1998).

### **2.1.3. Producción de castañas**

El aprovechamiento actual más importante del castaño es el fruto, cuya producción está afectada por factores de distinta naturaleza que describimos a continuación.

#### **• Factores genéticos**

El castaño silvestre se caracteriza por poseer una buena madera y un fruto de gran tamaño, aunque poco dulce (Berrocal *et al.*, 1998).

Para satisfacer las demandas del mercado cada día más exigentes, es necesaria una producción de castañas de buena calidad en cuanto al tamaño, monosperma y composición estructural y bioquímica. Por ello se eligen variedades de fruto que permitan caracterizar adecuadamente un tipo de fruto con buenas cualidades comerciales. Según Berrocal *et al.* (1998) en España, las variedades de fruto se distinguen según las siguientes características: 1) maduración temprana, intermedia o tardía; 2) tamaño y color de la castaña; 3) sabor dulce más ó menos intenso; 4) facilidad para pelarlas; y 4) conservación.

#### **• Factores culturales**

Los principales factores son revisados en el Manual de selvicultura del castaño (Álvarez et al., 2000).

- **El injerto:** se emplea para injertar en el árbol variedades que produzcan castañas de calidad y también puede ser utilizado para rejuvenecer variedades viejas o sustituir, mediante reinjerto, una variedad que ya no nos interesa. En aquellas zonas en

las que sea previsible la existencia de la Tinta es necesario el uso de patrones híbridos resistentes dicha enfermedad.

En las plantaciones para producción de castaña es aconsejable disponer de árboles injertados con distintas variedades. De esta forma, si la producción de alguna de las variedades no es buena en un año concreto, debido a problemas en la polinización, otras variedades pueden compensar esta pérdida, puesto que la época de polinización no es la misma para todas las variedades.

- **Tallas de formación y podas:** se trata de elevar la copa por lo menos a unos 5 m de altura para conseguir una copa amplia y abierta en el centro, de manera que su producción sea máxima.

- **Trabajos de recuperación:** en fincas con plantaciones envejecidas se realizará un recepado con la elección de brotes más favorables. Si la causa de la degradación es el abandono de las podas una solución sería la limpieza de los chupones, eliminación de ramas secas ó muy sombreadas y podas de cierta intensidad para aclarar el centro del árbol.

- **Trabajos de mantenimiento:** consistentes en dejar el terreno lo más limpio posible, eliminando tanto el matorral como las ramas secas; también se recomienda la eliminación de la hojarasca, tanto para facilitar la recogida de la castaña el año siguiente como para mantener un buen estado sanitario.

- **Fertilización:** teniendo en cuenta las necesidades del crecimiento del árbol y la cantidad de castaña que se extrae cada año, se puede conocer la cantidad de bioelementos que hay que restituir. Se recomienda que la cantidad de materia orgánica en el suelo no baje de 60 tn/ha. Se recomienda también el separar el fertilizante fosfatado del nítrico-potásico, evitando los fertilizantes triples NPK.

#### • **Factores abióticos**

Los factores abióticos más importantes que pueden provocar daños en el castaño y por consiguiente una pérdida de producción, según Berrocal et al. (1998) se resumen a continuación.

- **Agua.** Aunque el castaño se desarrolla muy bien en suelos húmedos, las zonas encharcadas pueden producir la asfixia en las raíces y causar la muerte del árbol. Además un exceso de agua favorece el desarrollo de hongos que pueden ser patógenos.

- **Heladas.** Pueden ser primaverales o invernales, condicionando las primeras la floración y la fructificación. Las heladas tardías de primavera en plantaciones jóvenes suelen originar unos síntomas similares a los de la sequía, como es el ennegrecimiento y muerte de los nuevos brotes que en muchas ocasiones puede provocar la muerte de la planta. Los pies adultos se recuperan más rápidamente que los jóvenes.

- **Golpes de calor.** Al principio del periodo vegetativo los pies jóvenes son muy sensibles a las temperaturas altas. Los golpes de calor causan chancros basales en el tronco, la madera sufre deformaciones debido a las contracciones por los cambios bruscos de temperatura.

- **Sequía.** Este factor debilita al árbol y favorece la infección por agentes fitopatógenos y el ataque de insectos xilófagos. Se produce un estrés hídrico que puede llegar a romper los vasos que transportan la savia, provocando exudaciones de ésta. Los síntomas de la sequía son el crecimiento reducido del árbol, entrenudos cortos, degeneración de raíces, temprana senescencia y caída del follaje, amarillamiento y reducción de las hojas, muerte de ramas y ramillas y brotación de yemas adventicias.

- **Descargas eléctricas.** Los rayos producen heridas acanaladas a lo largo de las ramas principales y el tronco, aunque en algunos casos puede destruir el árbol completo.

- **Nieve y viento.** Pueden partir y desgajar ramas de los árboles; la nieve por su peso y el viento por su fuerza.

- **Granizo.** Puede destruir la floración y la fructificación, produciendo además lesiones que favorecen la entrada de agentes fitopatógenos.

- **Contaminación.** El castaño es un árbol que resiste bien la contaminación, ya que al ser un árbol caducifolio se desprende anualmente de las hojas eliminando con ello las partículas tóxicas existentes en éstas.

## • Factores bióticos

Estos factores son producidos por organismos vivos que se pueden clasificar en dos grandes grupos: los agentes fitopatógenos que producen enfermedades (hongos, bacterias, virus) y los fitófagos que producen daños que pueden alcanzar carácter de plagas (artrópodos). Los principales agentes en España son objeto de revisión en el siguiente capítulo.

### 2.1.4. Enfermedades y plagas del castaño en España

#### 2.1.4.1. Enfermedades

En la tabla 1 se reflejan las principales enfermedades del castaño en España (Trapero *et al.*, 2000).

**Tabla 1. Principales enfermedades del castaño.**

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Síntomas y signos
Podredumbre radicular	<i>Phytophthora cinamomi</i>	Tinta	Deficiencia de nutrición y raíz absorbentes
	<i>Armillaria mellea</i>		Decaimientos, pérdida de vigor y clorosis. Raíces estructurales.
Chancros	<i>Cryphonectria parasitica</i>	Chancro cortical	Enrojecimiento, hinchamiento y grietas de la corteza de tronco y ramas
	<i>Cryptodiaporthe castanea</i>	Chancro	Puntisecado de ramas
Mancha foliar	<i>Mycosphaerella maculiformis</i>	Socarrina, Antracnosis	Manchas en las hojas de color pardo.

La tinta del castaño (*Phytophthora cinnamomi* Rands.) es un hongo ficomiceto causante de una de las enfermedades radiculares más importantes del castaño (Mansilla *et al.*, 2000). Es un hongo edáfico, cuyo micelio vive de un modo saprófito sobre la materia orgánica existente en el suelo. Si este micelio contacta con las raíces del árbol, invade los tejidos vivos actuando de forma parásita. Los géneros más susceptibles a su ataque son *Quercus*, *Junglans*, *Betula* y *Castanea*, siendo este último el que sufre una mayor agresión (Berrocal *et al.*, 1998).



*P. cinnamomi* provoca una pudrición del sistema radicular que afecta en primer lugar a las raíces absorbentes, más desprotegidas, ocasionando una rápida maceración de las mismas a causa de la oxidación de las sustancias fenólicas producidas como una reacción al ataque del hongo, el cual confiere una coloración negro azulada a las zonas afectadas de donde proviene el nombre de Tinta con el que se conoce la enfermedad. La penetración del hongo en el sistema radicular, se produce directamente ó a través de heridas ó lesiones mecánicas que facilitan la misma.

Inicialmente los síntomas son parecidos a los de una deficiencia nutricional provocada por la reducción en el transporte de agua y sales minerales debido a la afectación del sistema radicular. Las hojas amarillean y caen progresivamente, las puntas de algunas ramas se secan mientras y se produce aborto de frutos. El año anterior a la muerte se produce una gran cantidad de castañas sin ningún valor; por otro lado, los erizos no se desprenden, dando al árbol un aspecto llamativo al permanecer adheridos a las ramillas durante la época invernal (Berrocal Del Río, 1998). La podredumbre alcanza el cuello de la raíz agrietándose la corteza en la base del tronco y desprendiéndose con facilidad observándose la exudación de una sustancia gomosa de color negro característica (Urquijo et al., 1971). Existe otra especie de *Phytophthora*, *P. cambivora*, citada como causante de la Tinta del castaño, sola o asociada con *P. cinnamomi*, sin embargo en Galicia esta especie es poco representativa. (Mansilla et al., 2000).

*Armillaria mellea* (Vahl) Kummer es un hongo basiodiomyceto causante también de podredumbres radiculares en numerosas especies leñosas (viña, frutales, árboles y arbustos ornamentales y forestales. Es un parásito facultativo que crece saprófito en el suelo o sobre restos vegetales como raíces o tocones muertos. El hongo ataca principalmente a las raíces gruesas, estructurales, afectando fundamentalmente a los tejidos corticales de la raíz; produce una podredumbre blanda, fibrosa y con fuerte olor a moho y provoca que la corteza de la raíz se separe fácilmente en tiras (Mansilla et al., 2000). A nivel de la raíz del cuello de la planta, entre la corteza y la madera, aparecen placas miceliales blanco-nacaradas en forma de abanico, formadas por rizomorfos, o agrupaciones de micelio en forma de cordones con una capa externa negra y una zona central de micelio blanco, que son los causantes de la dispersión del inóculo extendiendo la enfermedad de unas plantas a otras. En castaño se muestra como un patógeno débil, no colonizando árboles sanos, salvo en condiciones excepcionales de

abundancia de agua y materia orgánica, o sobre árboles debilitados. Los síntomas, como los de cualquier pudredumbre radicular, son bastante inespecíficos: decaimientos, pérdida de vigor, clorosis generalizada y caída prematura de las hojas en otoño. En algunos casos se produce una apoplejía o muerte súbita del árbol durante períodos de estrés hídrico.

Entre los hongos causantes de chancros destaca *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr, responsable del chancro de la corteza del castaño (Mansilla et al., 2000). Es un ascomiceto pirenial de la familia Esferiaceae, que durante bastante tiempo se clasificó en el género *Endothia*. Su forma conídica corresponde al género *Endothiella* Sacc. (Berrocal Del Río, 1998). Las plantas huésped de este hongo pertenecen fundamentalmente a la familia de las Fagaceas (*Castanea*, *Quercus* y *Fagus*), siendo singularmente receptivo el género *Castanea* y presentándose en modo menos dañino sobre especies del género *Quercus*. Otros posibles huéspedes son especies de *Agnus*, *Ostrya*, *Acer* y *Rhus* (Berrocal Del Río, 1998). El síntoma más característico de la enfermedad consiste en la aparición de chancros sobre el tronco, ramas y renuevos. Al principio se observa un enrojecimiento y ligero hinchamiento de la corteza apreciándose mejor sobre troncos y ramas jóvenes donde la corteza es aún lisa y haciéndose más evidente con el paso del tiempo, originándose posteriormente grietas y hendiduras en sentido longitudinal. Finalmente la corteza adquiere un aspecto laminado exfoliándose y apareciendo sobre la superficie del chancro pústulas amarillo-naranjas que se corresponden con las peritecas y los picnidios del hongo. Bajo la corteza y entre las láminas se observa un micelio amarillento muy característico en forma de abanico. El ataque del hongo impide la circulación de la savia, produciéndose la muerte de los brotes ó ramas situadas por encima de la lesión; por ello en algunos castaños durante el período vegetativo se pueden apreciar las puntas secas, observándose también brotes de crecimiento rápido a partir del punto inferior al área anillada.

La Socarrina o Antracnosis del castaño (*Mycosphaerella maculiformis* (Person) Shroet.), que presenta dos formas imperfectas *Phyllosticta maculiformis* Sacc. y *Cylindrosporium castaneicolum* (Desm.) Berl. (Mansilla et al., 2000) afecta a las hojas, tanto en el haz como en el envés, apareciendo manchas de color pardo con el borde amarillo que se extienden y confluyen por todo el limbo dándole a la hoja un aspecto de mosaico característico. Se pueden también observar manchas necróticas, similares a las encontradas sobre las hojas, afectando al pecíolo de la hoja, al pedúnculo de la flor y a

los erizos. Si el ataque es fuerte, como puede suceder en años que presenten veranos lluviosos con temperaturas suaves, las hojas se enrollan y caen anticipadamente quedando así afectado el desarrollo del fruto debido a que los erizos no llegan a madurar.

Otras enfermedades causadas por hongos son de menor importancia dado que su nivel de patogenicidad ha sido muy escaso (Mansilla et al., 2000). Entre ellas cabe mencionar: 1) *Coryneum modonium* [Sacc] Griffon & Maubl, un parásito secundario que solo ocasiona graves daños en árboles debilitados por otras causas como puede ser el ataque de la Tinta; 2) *Cytospora chrysosperma* [Pers.] Fr. que forma pequeños chancros sobre ramas y ramillos en árboles muertos o debilitados; y 3) *Microsphaera alphitoides* (Walt. Ex Fr.) Lev., un oidio de las Fagáceas sobre todo del género *Quercus*, que se caracteriza por la aparición durante la primavera de un polvillo blanquecino sobre el haz de las hojas.

#### **2.1.4.2. Plagas**

Las plagas de insectos que atacan al castaño (excepto aquellas que lo hacen en vivero) no suelen causar la muerte del árbol, como lo hacen las dos enfermedades más importantes que tiene esta especie en España y que se han citado anteriormente, pero sus daños tienen repercusión en el desarrollo del árbol y en la producción de fruto. Puede ocurrir, sin embargo, que el árbol esté debilitado y enfermo por la Tinta, el Chancro, cualquier otra enfermedad, por daños abióticos o antrópicos y entonces, el castaño es más susceptible al ataque de insectos perforadores de la madera, los cuales pueden llegar a causar la muerte del árbol (Mansilla et al., 2000).

Las principales plagas del castaño en España se indican en la Tabla 2, agrupando a los fitófagos implicados según la naturaleza de los daños en: defoliadores, minadores de hoja, perforadores de la madera, chupadores de savia y carpófagos.

**Tabla 2. Principales plagas del castaño en España.**

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Daños
Defoliadores	<i>Lymantria dispar</i>	La lagarta	Alimentación libre
	<i>Phalera bucephala</i>	Falera	Alimentación libre
	<i>Cneorrhinus</i> spp.	Picudo	Perforación del limbo
Minadores de hoja	<i>Lithocolletis roboris</i>		Galerías redondeadas
	<i>Caloptilia alchimiella</i>		
Perforadores de la madera	<i>Zeuzera pyrina</i>	Taladro amarillo	Galerías longitudinales en tronco y ramas
Chupadores de savia	<i>Lachnus roboris</i>	Pulgón negro	Alimentación de savia
	<i>Myzocallis castanicola</i>	Pulgón amarillo	
Carpófagos	<i>Pammene fasciana</i>	Gusanos de las castañas	Perforación y alimentación en el interior la castaña
	<i>Cydia fagiglandana</i>		
	<i>Cydia splendana</i>		
	<i>Curculio elephas</i>	Gorgojo, balanino	

#### 2.1.4.2.1. Especies defoliadoras

Entre los defoliadores la especie que causa mayor daño es *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) de distribución mundial. La oruga es de color dominante negro (en los primeros estados) o gris-amarillento en los restantes, provista de numerosas sedas muy largas y con tubérculos de color azul oscuro en los segmentos torácicos y primer segmento abdominal, y de color rojo en los restantes segmentos abdominales (De Liñan, 1998; Mansilla et al., 2000). La hembra posee un cuerpo muy robusto, peloso y de color amarillento, con antenas finamente dentadas, alas blanquecinas, con algunas manchas negras (una muy característica en forma de V) y abdomen muy abultado y pesado que le impide volar. El macho tiene las antenas plumosas, alas amarillo-terrosas con manchas oscuras dispuestas en zigzag (sobresaliendo una en forma de V) y el abdomen delgado, casi cónico y cubierto de sedas pardo-amarillentas (Romanyk y Cadahia, 1992).

Esta especie tiene una sola generación al año (Romanyk y Cadahia, 1992) con diapausa embrionaria desde Julio hasta Abril del año siguiente. Los adultos emergen en el mes de julio, se aparean de inmediato y las hembras inician la puesta en plastrones, de

200 a 500 huevos, recubiertos con pelos del abdomen, que son colocados con preferencia sobre troncos y ramas gruesas (Bonnemaison, 1976). No se produce el nacimiento de las orugas hasta el mes de abril, adelantándose en las localidades templadas (Romanyk y Cadahia, 1992). Las larvas neonatas se pueden encontrar en un primer momento agrupadas sobre la puesta de la que han nacido; son muy peludas, de manera que al descolgarse pueden ser trasladadas por el viento a distancias muy considerables, supliendo así la incapacidad de dispersión de la especie por el vuelo de las hembras (De Liñan, 1998). Se alimentan en principio de las yemas sin penetrar en ellas; posteriormente, come de las hojas tiernas del brote hasta destruirlo; por último, devora los tallos tiernos y también las hojas de los años anteriores (De Liñan, 1998). Viven algo más de dos meses y durante este tiempo hacen cuatro ó cinco mudas (Romanyk y Cadahia, 1992) y al final de su desarrollo se transforman en crisálidas para lo cual se reúnen en grupos no muy numerosos, sujetas por su parte apical mediante hilos de seda, en las ramillas bajas del árbol, en los troncos y en la cara inferior de las ramas principales (Romanyk y Cadahia, 1992). La fase de crisálida dura unas tres semanas, pasadas las cuales emergen los adultos (De Liñan, 1998).

*L. dispar* es una especie muy polífaga, que produce cíclicamente fuertes defoliaciones en diferentes especies de interés forestal de los géneros *Quercus*, *Populus*, *Ulmus*, *Salix*, *Fagus* y *Castanea*, entre otros (Muñoz et al., 2003). Si los daños son intensos, el crecimiento de los árboles puede llegar a ser nulo y, si la intensidad del ataque se repite varios años sucesivos, los árboles pueden morir aunque esto no suele ser frecuente (Romanyk y Cadahia, 1992).

Una especie defoliadora de mucha menor importancia en el castaño es *Phalera bucephala* (L.) (Lepidoptera: Notodontidae) que se encuentra distribuida por toda Europa y parte de Asia. La hembra tiene antenas débilmente pectinadas y el cuerpo amarillento. Las alas anteriores son grises, salpicadas dorsalmente de color plateado y las alas posteriores de color amarillo pálido, basalmente difuminadas de gris. El macho es similar a la hembra, pero con las antenas fuertemente pectinadas. La oruga tiene forma cilíndrica y alargada con la cabeza negra brillante. El cuerpo, de color amarillo con una ancha banda dorsal negra, carece de tubérculos y posee una pubescencia en forma de pinceles poco tupidos, largos y suaves de color albino ó gris amarillento (De Liñan, 1998).

Los adultos de *Ph. bucephala* emergen en abril, mayo y junio, y las hembras realizan las puestas en grupos numerosos de 200 a 400 huevos sobre el envés de las hojas. Las orugas se alimentan en el envés respetando la nerviación principal; al cabo de unos dos meses alcanzan su máximo desarrollo y pupan en el suelo sin formar capullo, de forma que aparece una nueva generación de adultos en julio y agosto. Las nuevas orugas, cuando llega el otoño pupan y permanecen en este estado hasta la primavera del siguiente año. Es una especie bivoltina en España (De Liñan, 1998). Esta especie es también muy polífaga, causando daños a numerosas frondosas (*Quercus*, *Salix*, *Ulmus*, *Acer*, *Betula*, *Castanea*, *Populus*) (Muñoz et al., 2003).

Algunas especies de coleópteros de la familia Curculionidae causan doble daño, por un lado al alimentarse de las yemas y por otro al producir defoliaciones, sobre todo en repoblados, entre ellos quizás el más abundante sea *Cneorrhinus dispar* Graells. Posee una sola generación al año, apareciendo los adultos desde el mes de Abril a Junio, dependiendo su emergencia de las condiciones climáticas. En estado de larva se alimenta de las plantas herbáceas próximas a los árboles y ya en estado adulto ataca a las yemas del castaño y, posteriormente, de las hojas. La puesta la realizan sobre las hojas, a modo de pellizco lateral o bien doblando el ápice de la hoja, depositando entre medias los huevos; al poco tiempo emergen las larvas que se dirigen al suelo para enterrarse y proseguir su desarrollo (Mansilla et al., 2000). Al mismo tiempo que esta especie aparece *Cneorrhinus hispanicus* (Herbst), similar al anterior es su aspecto y costumbres.

Otras especies defoliadoras de carácter secundario citadas en castaño son: los lepidópteros *Lasiocampa quercus* L., *Orgyia antiqua* L., *Acronicta psi* L., *Dasychira pudibunda* L., *Dicranura ibérica* Templ. et Ort, *Euproctis chrysorrhoea* L. y *Mimas tiliae* L. y los coleópteros *Brachyderes lusitanicus* F., *Phyllobius* sp., *Agelastica alni* L. y *Triodontella aquila* (Castelnau). El daño que ocasionan es de menor importancia y pueden considerarse como fitófagos secundarios (Mansilla, 1984; Cobos Suárez, 1989; Mansilla et al., 2000).

#### 2.1.4.2.2. Especies minadoras de hojas

Dentro de los ataques a hojas nos encontramos también con especies minadoras que se alimentan en estado de larva del parénquima de la hoja en el interior del cual realizan sus mudas larvarias y pupan. El daño en general es de escasa importancia pudiendo observarse entre los nervios manchas más ó menos circulares de aspecto verde claro en principio y posteriormente, cuando se ha producido la emergencia, de aspecto apergaminado. Se trata, pues, de fitófagos secundarios. En Galicia se han citado sobre castaño los microlepidópteros de la familia Tineidae: *Lithocolletis roboris* Z. y *Caloptilia alchimiella* Scop. (Mansilla, 1984).

#### 2.1.4.2.3. Especies xilófagas

La especie xilófaga más importante asociada al castaño es el lepidóptero de la familia Cossidae, *Zeuzera pyrina* L., aunque pueden aparecer otros perforadores secundarios como *Synanthedon vespiforme* L. (Mansilla et al., 2000) y *Cossus cossus* L. (Cobos Suárez, 1989). *Z. pyrina* es una especie de distribución paleártica introducida en EEUU a finales del siglo XIX (Muñoz et al., 2003). Las mariposas son vistosas y grandes, de 5 a 6 cm de envergadura las hembras y bastante menos los machos; las antenas son filiformes en las hembras y plumosas en el macho; las alas anteriores, mucho más largas que las posteriores, son blancas con numerosos puntos de color azul oscuro; el tórax es blanco y peludo y lleva otras seis manchas azules de la misma tonalidad que en las alas; el abdomen es oscuro (Domínguez, 1993). Las larvas en su máximo desarrollo presentan la cabeza y el escudo protorácico de color negro brillante, que también es el tono de las patas y de la placa anal. (De Liñan, 1998).

Puede presentar una ó dos generaciones al año según las condiciones climáticas, extendiéndose el período de vuelo del adulto entre finales de mayo y agosto, con máxima actividad hacia la primera quincena de julio. La hembra, de hábitos crepusculares, hace la puesta en el interior de las viejas galerías practicadas por xilófagos o en resquebrajaduras de la corteza, pudiendo poner entre 1000 y 2000 huevos de color amarillo-rosado. Transcurrido de 7 a 21 días, según la temperatura, se produce la eclosión de los huevos y las larvas neonatas sufren primero una breve fase gregaria en la que atacan peciolos, brotes y yemas, dispersándose posteriormente y

penetrando en los brotes jóvenes, donde excavan galerías longitudinales, de 30-40 cm y sección circular, que se corresponden en el exterior con abundancia de deyecciones de color marrón-rosado. Una vez alcanzan su máximo desarrollo, ensanchan y limpian la galería en la que se encuentran expulsando al exterior los excrementos, y pupan en el interior. Tras la emergencia de los adultos queda un exuvio característico adherido al orificio de salida (Mansilla et al., 2000).

El daño de *Z. pyrina* se debe a la alimentación de sus larvas en la zona medular de las ramas; como consecuencia de ello, la madera pierde resistencia mecánica y puede romper fácilmente por los efectos del viento. (Mansilla et al., 2000). Aunque se conoce que esta especie tiene una amplia polifagia, que abarca desde numerosas especies forestales hasta el olivo, en España solamente causa daños de importancia económica relevante en manzanos y perales, principalmente del área frutícola del valle medio del Ebro. Las especies vegetales atacadas con mayor frecuencia son: peral, manzano, cerezo, ciruelo, olivo, castaño, álamo, sauce, sicomoro, olmo, tilo, etc. (Bonnemaison, 1976).

Otros perforadores de la madera asociados al castaño son los coleópteros escolítidos *Xileborus dispar* Fabr. y *Xileborus saxeseni* Fabr. que atacan árboles muy debilitados y el cerambícido *Phymatodes alni* L. que muestra preferencia por ramas delgadas de castaño (Mansilla et al., 2000), así como otras especies citadas por Cobos Suárez (1989): los bupréstidos *Agrilus* spp. Curtis, *Agrilus angustulus* Illiger, *Agrilus biguttatus* Fabr., *Agrilus cyanescens* Ratzeburg, *Agrilus. hastulifer* Ratzeburg, *Agrilus laticornis* Illiger, *Agrilus olivicolor* Kiesenw, *Agrilus sulcicollis* Lacorf, *Coroebus florentinus* Herbst., *Coroebus undatus* Fabr., *Eurythyrea quercus* Herbst. y *Nalanda fulgidicollis* Lucas.

#### 2.1.4.2.4. Especies chupadoras de savia

Entre las especies que succionan la savia se encuentran frecuentemente los pulgones (Superfamilia Aphidoidea), entre los que destacan el pulgón negro *Lachnus roboris* L. y el pulgón amarillo *Myzocallis castanicola* Baker. Estas especies no son, estrictamente hablando, plagas del castaño dado que en todas las masas donde han sido detectados los árboles presentaban un desarrollo normal, sin más síntomas de su ataque que su propia presencia. No obstante estos chupadores pueden constituir un problema



mayor sobre plantas de vivero al provocar su debilitamiento. *L. roboris* es una especie anual que afecta a los ramillos terminales, sobre los que a partir del mes de noviembre deposita los huevos; por su parte, *M. castanicola* es una especie cosmopolita, también anual, que se establece en el envés de las hojas. Ambos pulgones pueden afectar además del castaño a otras especies forestales, principalmente las del género *Quercus* (Mansilla, 1984; Mansilla et al., 2000).

Sobre árboles aislados o en vivero, se han citado ataques de otros insectos chupadores, como el tisanóptero *Helioptrips haemorrhoidalis* Bch. Este pequeño trips ocasiona fuertes decoloraciones sobre las hojas, las cuales toman una tonalidad amarillenta con puntos negros que son los excrementos de los insectos adultos. Esta especie es eminentemente polífaga atacando a gran cantidad de árboles ornamentales, frutales, etc. (Mansilla, 1984; Mansilla et al., 2000).

Finalmente, se encuentran las especies carpófagas que por sus daños directos, al afectar a la producción de castañas, pueden alcanzar carácter de plagas con grave repercusión económica en las zonas productoras. La revisión sobre estas especies se detalla en el siguiente capítulo.

### 2.1.5. Especies carpófagas del castaño

Las especies fitófagas que causan un daño directo al fruto y pueden alcanzar carácter de plaga en los castañares para producción de fruto, son el coleóptero *Curculio elephas* (Gyll.) y tres especies de lepidópteros de la Familia Tortricidae: *Cydia splendana* (Hübner), *Cydia fagiglandana* (Zeller) y *Pammene fasciana* (L.).

#### 2.1.5.1. *Curculio elephas* (Gyll)

##### 2.1.5.1.1. Situación taxonómica

Según Hoffman *et al.* (1963) la situación taxonómica de esta especie es la siguiente:

ORDEN	Coleoptera
SUBORDEN	Polyphaga
DIVISIÓN	Symphiogastra
SUPERFAMILIA	Curculionoidea
FAMILIA	Curculionidae
TRIBU	Balanini
GÉNERO	Balaninus
ESPECIE	<i>Curculio elephas</i> (Gyll.)

##### 2.1.5.1.2. Distribución y plantas hospedantes

*C. elephas* es una especie de distribución en Europa meridional, encontrándose en el norte de África, Italia, España, centro y sur de Francia, Balcanes, Suiza y Alemania occidental. En Andalucía se ha constatado su presencia en el Parque Natural de los Alcornocales (Cádiz), en la Sierra de Aracena (Huelva), en la Serranía de Ronda (Málaga), en la Sierra Norte (Sevilla) y en los montes de Santa María de Trassierra (Córdoba), entre otras zonas. En el resto de España se encuentra en Extremadura, Galicia y se ha citado también en Asturias (Junta de Andalucía, 2002; Rodríguez

Álvarez, 2002; Mansilla *et al.*, 2000; Alanís, 2003; Jiménez *et al.*, 2005; Torres-Vila *et al.*, 2008).

Esta especie ha sido citada en *Quercus suber* L., *Quercus rotundifolia* Lam, *Quercus petraea* Liebl., *Quercus virginiana* Mill. y *Castanea sativa* Mill. (Soria *et al.*, 1997).

#### 2.1.5.1.3. Morfología

El adulto mide de 6 a 10 mm de longitud y se caracteriza por su largo rostro rojizo, tan largo como el resto del cuerpo en la hembra y algo más corto en el macho (Hoffman *et al.*, 1963; Mansilla *et al.*, 2000). En el extremo de este pico arqueado muy fino se encuentran fuertes mandíbulas capaces de taladrar los frutos. Las antenas se insertan en el rostro, con el primer artejo muy largo. El tegumento es oscuro y recubierto por una espesa pubescencia que le da una coloración pardo-grisácea. Por debajo, el cuerpo está revestido de escamitas apretadas ovales, truncadas en su extremo posterior. Las patas, rosadas ó ferruginosas, son largas y con los fémures del tercer par de patas fuertemente dentados (Junta de Andalucía, 2002).

El huevo es de forma oval, inicialmente de color blanco y después amarillento, midiendo de 0,4 a 0,5 mm (Mansilla *et al.*, 2000). La larva es de color blanco, ápada, de aspecto carnoso y con una característica curvatura en forma de “C”. Evoluciona a lo largo de cuatro estados, alcanzando en la madurez una longitud de 7 a 12 mm; después cae al suelo, donde pasa el invierno (concretamente en el interior de una celda terrosa cuyas paredes endurece con una secreción) hasta que le llegue el momento de pupar (Mansilla *et al.*, 2000).

La pupa es libre y de color blanco marfil que se va oscureciendo con la edad. El cuerpo alcanza una longitud de 8,55 a 9,77 mm. El rostro de la pupa macho casi alcanza el ápice del tarso de las patas protorácicas, mientras que el de la hembra sobrepasa ligeramente el de las patas metatorácicas (Junta de Andalucía, 2002).

2.1.5.1.4. Ciclo biológico

El ciclo de *C. elephas* se puede completar en un sólo año, aunque parte de las larvas pueden tener una diapausa prolongada (Mansilla *et al.*, 2000) de dos, tres e incluso cuatro años, estando influida ésta por las condiciones ambientales del periodo estival (Menu, 1993). El ciclo biológico general se representa en la figura 1.

Los adultos aparecen entre los meses de Agosto y Septiembre (Mansilla *et al.*, 2000), se alimentan durante una semana y realizan la puesta, que consiste en la colocación de uno, a veces, 2 ó 3 huevos en el interior de los frutos. La fecundidad media es de 40 huevos/hembra y el periodo de puesta de unos 25 días comenzando de 8 a 10 días después del acoplamiento (Soria *et al.*, 1997).

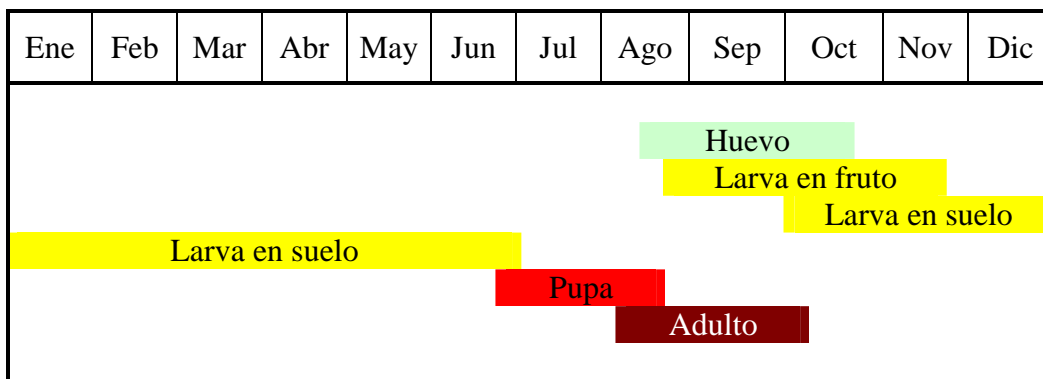


Figura 1. Ciclo biológico de *Curculio elephas*.

Para realizar la puesta, la hembra practica una perforación en el fruto con la ayuda de las mandíbulas que posee en la extremidad de su rostro; después se gira e introduce un huevo mediante su oviscapto telescópico. Varias hembras pueden poner un huevo en un mismo fruto, no existiendo competencia entre sus larvas (Mansilla *et al.*, 2000). No se ha encontrado un comportamiento termófilo o termófugo a la hora de colonizar la copa del árbol (Soria *et al.*, 1997).

A los 10 días el huevo eclosiona y la larva se desarrolla durante 40 días aproximadamente en el interior del fruto para terminar practicando un orificio circular de unos 4 mm de diámetro por el que abandona el fruto (meses de Octubre y Noviembre). En el interior de la bellota se puede encontrar la galería larvaria repleta de

finos excrementos sueltos, no ligados por hilos de seda como ocurre en el caso de los tortricidos (Mansilla *et al.*, 2000).

Una vez en el suelo, la larva se introduce para invernar a una profundidad comprendida entre 10 y 70 cm. La mayoría de estas larvas pupan al año siguiente (meses de Julio y Agosto) y después de dos semanas alcanzan el estado adulto; no obstante, un porcentaje de las larvas permanecen en diapausa hasta incluso cuatro años (Menu, 1993).

Los daños causados por *C. elephas* se debe principalmente a la actividad trófica de la larva, que vive alimentándose durante su desarrollo en el interior de los frutos (Soria *et al.*, 1995); esto provoca la disminución de la capacidad germinativa de las semillas, pérdida de tamaño y peso, y una caída temprana de los frutos.

Los valores de daños observados en *Quercus* son importantes prevaleciendo su ataque frente a la de otras especies carpófagas, como se ha señalado en Extremadura (Vázquez *et al.*, 1990; Torres-Vila *et al.*, 2008). Soria *et al.* (1995) en la Sierra Norte de Sevilla estimaron unos porcentajes de bellotas dañadas del 10,5% en alcornoque y del 10,3% en encina. En el trabajo realizado por López (2001) en dos dehesas del Valle de los Pedroches (Córdoba) se obtuvieron unos porcentajes de daños en encina comprendidos entre el 9,1% y el 13,3%. En alcornoque se han señalado valores de disminución de germinación hasta del 50% y pérdida de peso seco en bellota de más del 35% (Soria *et al.*, 1997; 1999b).

Por el contrario, en castaños de la Sierra de Aracena (Huelva) y del Valle del Genal (Málaga) los porcentajes de castañas dañadas por esta especie son generalmente muy bajos, del orden del 1% (Rodríguez Álvarez, 2002; Alanís, 2003).

#### 2.1.5.1.5. Enemigos naturales

Las poblaciones de esta especie están muy poco controladas por entomófagos, debido a que durante gran parte de su desarrollo se encuentra en el interior del fruto o en el suelo a bastante profundidad. Por ello no es de extrañar que apenas existan registros de especies depredadoras o de parasitoides. En España solo hemos encontrado la

referencia del bracónido *Schizoprymnus longiseta* en encinares de los Montes de Toledo (Ciudad Real) (Fernández Carrillo et al., 2004).

En cuanto a enfermedades, en España se ha aislado el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, que se encontró infectando a larvas de esta especie en el Valle de los Pedroches durante los años 2002 y 2003 (Santoyo, 2005).

#### 2.1.5.1.6. Medidas de control

Como medidas preventivas para evitar las futuras infestaciones, se recomienda la recogida periódica de los frutos caídos al suelo, lo que evita que una parte de las larvas se entierren para invernar. Este control lo puede llevar a cabo el propio ganado que consume las bellotas o castañas afectadas. En este caso hay que tener en cuenta los posibles trastornos que se pueden producir en el ganado debido a la ingestión de gran cantidad de fruto inmaduro (Junta de Andalucía, 2002). Otra medida es la colocación de redes (mallas) de polietileno sobre el suelo para evitar que las larvas que caen al suelo puedan enterrarse (Mansilla *et al.*, 2000).

Como único método curativo eficaz hasta el momento es el tratamiento químico contra adultos. No obstante, ninguno de los productos fitosanitarios recomendados (landa-cihalotrin, metil-azinfos) y que han dado buenos resultados experimentales para el control de la especie en castañares de Galicia, están autorizados actualmente en España. De cualquier manera, el control químico debe ser realizado siguiendo la metodología de control integrado con el fin de compatibilizar al máximo los tratamientos químicos con la conservación del medio ambiente: las intervenciones sólo se realizarán si se detecta la presencia del insecto. En el caso de *C. elephas*, la metodología para determinar el inicio de la actividad de los adultos consiste en el vareo periódico de los árboles ó bien en la colocación de un pupario con larvas (recipiente de 75x10x15 cm enterrado en el suelo y cubierto en su parte superior) que se coloca el año anterior y se revisa semanalmente en verano comprobando cuando emergen los adultos (Mansilla *et al.*, 2000).

### 2.1.5.2. *Cydia splendana* (Hübner)

#### 2.1.5.2.1. Situación taxonómica

La posición taxonómica de esta especie es la siguiente (Bogenschütz, 1991):

ORDEN	Lepidoptera
SUBORDEN	Heteroneura
DIVISIÓN	Dytrisia
SUBDIVISION	Heterocera
SUPERFAMILIA	Tortricoidea
FAMILIA	Tortricidae
SUBFAMILIA	Olethreutinae
TRIBU	Grapholitini
GÉNERO	<i>Cydia</i> Hübner
ESPECIE	<i>Cydia splendana</i> (Hübner)

#### 2.1.5.2.2. Distribución y plantas hospedantes

*C. splendana* se distribuye por toda Europa y sus plantas hospedantes son especies de *Castanea*, *Quercus*, *Fagus* y *Juglans*, de las cuales se alimentan en el interior de sus frutos. En el Sur de Europa principalmente se alimenta de los frutos del castaño (Bogenschütz, 1991).

#### 2.1.5.2.3. Morfología

El estado adulto presenta una envergadura alar de 14 a 22 mm, diferenciándose dos tipos de coloración que se corresponden con sendas formas del imago: en la forma típica, las alas anteriores presentan una tonalidad gris-ceniza a gris-marrón y una zona basal gris oscura bien diferenciada; en la forma reamurana las alas anteriores son más oscuras, sin la zona basal de la forma típica pero con dos bandas plateadas en el ángulo posterior y 4 ó 5 trazos negros en ellas (Mansilla *et al.*, 2000).

El huevo tiene el aspecto de una lentilla ligeramente oval, midiendo 0,72 x 0,55 mm. Al principio es de color blanco marfil y al cabo de unos cuantos días puede apreciarse en el corion un anillo de color rojo púrpura (Mansilla *et al.*, 2000).

La larva evoluciona en 5 estadios larvarios, todos ellos de color blanco a blanco-cremoso. La cabeza es marrón en los dos primeros estadios, marrón-negruzca en el tercero y amarilla-anaranjada en los dos últimos. Se diferencia de la larva de *P. fasciana*, en la ausencia de peine anal y de los anillos verrugosos característicos de ésta. La crisálida de *C. splendana* es de color marrón y su tamaño es algo mayor que la de *P. fasciana* (Mansilla *et al.*, 2000).

#### 2.1.5.2.4. Ciclo biológico

*C. splendana* es una especie univoltina cuyo ciclo biológico se representa en la figura 2. El periodo de vuelo de los adultos es durante Junio-Julio (Europa central) o en Agosto-Septiembre (Sur de Europa y Hungría) (Bugenschütz, 1991). Según Mansilla (2000), en las investigaciones realizadas en sotos de Galicia, la actividad de vuelo de esta especie coincide con la fase de maduración de los frutos, entre los meses de agosto y octubre, presentando varios máximos de vuelo que se sitúan según las condiciones del año y la zona, entre finales de agosto y principios de septiembre. En trabajos realizados por Rodríguez (2002) en la Sierra de Aracena (Huelva) se ha detectado la presencia de adultos desde de junio a noviembre. En el Valle del Genal (Málaga) se han capturado desde Mayo a Octubre (Alanís, 2003), alcanzándose un máximo en el mes de Septiembre.

La cópula comienza al atardecer, intensificándose antes de la media noche. Los machos viven de 10 a 12 días, máximo 21 días, sin alimentarse. Las hembras son menos longevas que los machos (Bugenschütz, 1991). Los huevos son depositados aisladamente sobre los frutos jóvenes, principalmente en las nerviaduras de las hojas cercanas a los frutos jóvenes, no existiendo ninguna cara de la hoja preferente para la puesta (Bugenschütz, 1991). Según este autor la hembra deposita entre 16 y 70 huevos, con un máximo de 140, discrepando del máximo citado en Galicia por Mansilla (2000) de 300 huevos, y con una proporción de sexos siempre favorable al macho.



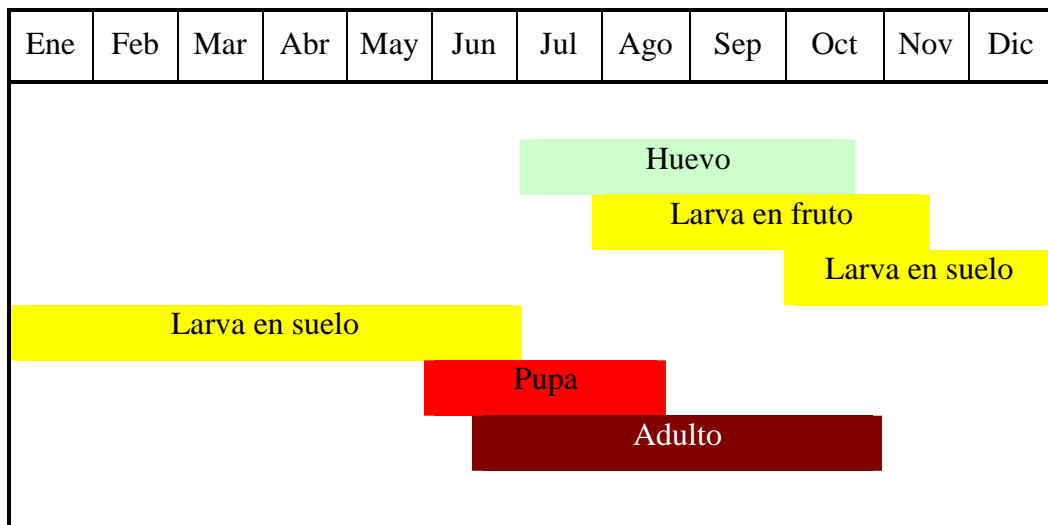
Después de un período de incubación de 10-15 días eclosionan los huevos y las larvas perforan los frutos de los cuales se alimentan hasta dejarlos completamente vacíos, pudiendo encontrar en su interior excrementos granulosos procedentes de las larvas (Bogenschütz, 1991). Generalmente dentro del mismo fruto desarrolla sus cinco estadios larvarios, y tras uno ó dos meses, éste cae al suelo prematuramente. La larva practica un orificio de salida y una vez en el suelo se encierra en capullo sedoso aglutinado de partículas terrosas, donde pasará el invierno y primavera, crisalidando en julio y alcanzando el estado adulto durante el verano (Mansilla, 2000). El estado de pupa dura entre 2 y 4 semanas (Bogenschütz, 1991).

En un mismo fruto se desarrolla una sola larva de esta especie y no suele coincidir con larvas del curculiónido *C. elephas* (Soria et al., 1999 a). Debouzie *et al.* (1996), tras estudiar durante 14 años la relación interespecífica de ambos carpófagos en diferentes variedades de castaño en Francia, concluye que la hembra de *Curculio* elige el fruto para la puesta en función de la no existencia de larvas de *Cydia* en su interior. Por lo tanto, la presencia del lepidóptero parece inhibir la puesta del coleóptero, cuya hembra detectaría la larva de *Cydia* a través de alguna sustancia segregada por la misma, por sus heces o por los sonidos de alimentación.

El daño económico por *C. splendana* es importante en particular en las zonas de producción de castañas. Mansilla (2000) apunta valores de hasta un 50% de pérdidas en Galicia. En el Valle de Genal (Málaga) y en la Sierra de Aracena (Huelva) los porcentajes medios de daños alcanzan niveles relativamente altos, con valores de incidencia comprendidos entre 5 y 40% de las castañas, según la zona (Alanis, 2003; Rodríguez Álvarez, 2002).

#### 2.1.5.2.5. Enemigos naturales

Como enemigos naturales de *C. splendana* se citan en Europa parasitoides de huevos, larvas y pupas, como los icneumonídeos *Itoplectis maculator* (Fabricius), *Pristomerus vulnerator* (Panzer), *Epirus ventricosus* Tschek; los braconídeos: *Ascogaster quadridentatus* Wesmael, *Phanerotoma dentata* (Panzer), *Microdus tumidulus* Nees; los calcidoideos *Trichogramma* sp., *Elachertus* sp.; y los dípteros taquínidos: *Bessa selecta* (Meigen); *Zenillea roseanae* (Brauer y Bergenstamm) (Bogenschütz, 1991).



**Figura 2. Ciclo biológico de *Cydia splendana*.**

#### 2.1.5.2.6. Medidas de control

Una solución parcial para el control de esta especie es la colocación bajo los árboles de una red de luz muy fina antes de que las larvas caigan al suelo para enterrarse (reduciendo con ello la población invernante), lo cual a nivel experimental ha dado buenos resultados en Galicia (Mansilla *et al.*, 2000).

En plantaciones jóvenes la solución más eficaz está en el control integrado, realizando tratamientos insecticidas (lambda-cialotrin, metil acinfos y fosalone) en los momentos en que se registren picos máximos en las curvas de vuelo obtenidas al amparo de trampas de la feromona sexual (E)-8,(E)-10-Dodecadienil-acetato (Bugenschütz, 1991). Sin embargo, en la actualidad no existe ningún insecticida autorizado en España para su utilización contra este tortricido.

Estudios a nivel experimental realizados en la Comarca de Verín (Orense) utilizando difusores de feromona a razón de 400 unidades/ha mediante la técnica de confusión sexual, no encontraron diferencias significativas entre las parcelas sometidas a confusión y las parcelas testigo (Mansilla *et al.*, 2000). En Italia los resultados en cuanto a disminución de daños utilizando esta misma técnica fueron también poco concluyentes (Angeli *et al.*, 1997; Antonarelli, 2000).

### 2.1.5.3. *Cydia fagiglandana* (Zeller)

#### 2.1.5.3.1. Situación taxonómica

Según Bogenschütz (1991) la posición taxonómica de *C. fagiglandana* es la siguiente:

ORDEN	Lepidoptera
SUBORDEN	Heteroneura
DIVISIÓN	Dytrisia
SUBDIVISIÓN	Heterocera
SUPERFAMILIA	Tortricoidea
FAMILIA	Tortricidae
SUBFAMILIA	Olethreutinae
TRIBU	Grapholitini
GENERO	<i>Cydia</i> Hübner
ESPECIE	<i>Cydia fagiglandana</i> (Zeller)

#### 2.1.5.3.2. Distribución y plantas hospedantes

El área de distribución de esta especie es toda Europa (Bogenschütz (1991) atacando los frutos de *Castanea*, *Quercus*, *Fagus* y *Juglans*. En España se encuentra en toda la península (Gómez de Aizpúrua, 1993) habiéndose citado en frutos de castaño, haya, diversas especies de *Quercus* y avellano.

#### 2.1.5.3.3. Morfología

El adulto presenta un tamaño en torno a 13 y 19 mm de longitud, para machos y hembras respectivamente (Mansilla *et al.*, 2000). Tiene las alas de color gris ligeramente tostado, bastante oscuro, encontrando ejemplares más claros (Gómez de Aizpúrua, 1993).

El huevo es de forma lenticular y de pequeño tamaño (Masilla *et al.*, 2000), del que emerge una oruga neonata que no ostenta todavía el color rojo que las distingue

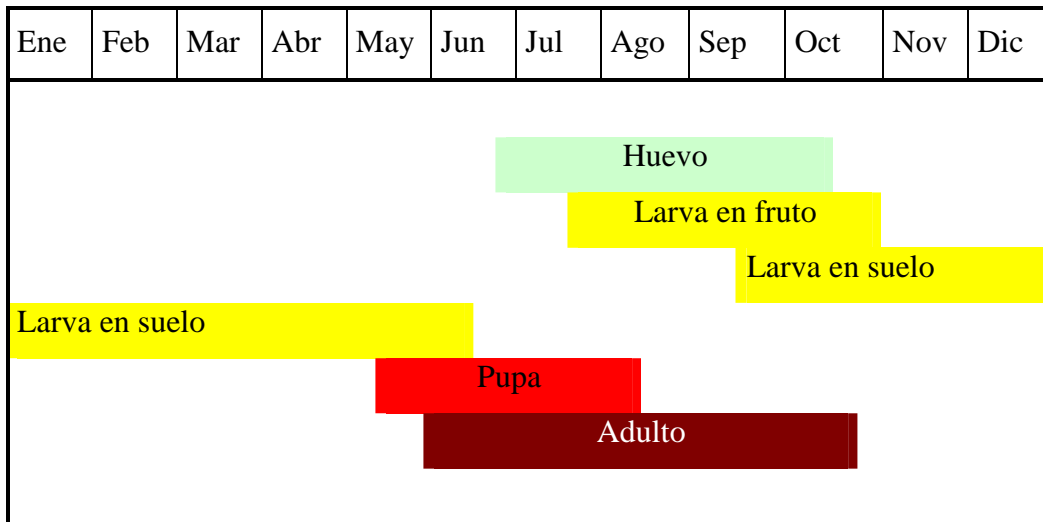
cuando han llegado a su máximo desarrollo. Inicialmente es más bien blanquecina y a medida que realiza las sucesivas mudas van apareciendo unas franjas rojas transversales dorsales y unas placas circulares verrugosas del mismo color, sobre un fondo amarillento o anaranjado que poco a poco va siendo invadido de rojo, permaneciendo el color blanquecino anaranjado o amarillento en la parte ventral (Gómez de Aizpúrua, 1993). La cabeza es relativamente grande, brillante, de color marrón, algo acrácea claro; el escudo protorácico es pardo claro, bastante grande; en cambio el escudo anal siendo del mismo color es muy pequeño (Gómez de Aizpúrua, 1993). La crisálida es de color marrón (Mansilla *et al.*, 2000).

#### 2.1.5.3.4. Ciclo biológico

*C. fagiglandana* es una especie univoltina (Bugenschütz, 1991) y su ciclo biológico general se representa en la Figura 3. La actividad de los adultos es principalmente nocturna y según Gómez de Aizpúrua (1993) en España tiene lugar preferentemente durante los meses de Junio y Julio. En dehesas del Valle de los Pedroches, la mayor actividad de vuelo de adultos es mucho más tardía, correspondiendo al mes de Septiembre y la primera quincena de Octubre (Santoyo, 2005). Investigaciones realizadas en castañares de la Sierra de Aracena (Huelva) se observó la presencia de adultos desde el mes de Julio hasta Noviembre (Rodríguez, 2002) y en el Valle del Genal (Málaga) entre Mayo y Octubre (Alanís, 2003).

Los adultos vuelan principalmente en la parte superior de los árboles (Bugenschütz, 1991). Los huevos son depositados en la base de los frutos recién formados, y las orugas neonatas se introducen en su interior para consumir las semillas en formación (Bugenschütz, 1991; Gómez de Aizpúrua, 1993). El orificio de entrada de la larva en el fruto se vuelve a cerrar, no siendo observable posteriormente; y normalmente sólo se encuentra una larva por fruto infestado (Bugenschütz, 1991). Esta especie no muestra comportamiento termófilo ni termófugo al colonizar la copa del árbol, teniendo una distribución homogénea. Una vez la larva alcanza el máximo crecimiento (aproximadamente 14 mm) sale del fruto a través de un agujero en la zona apical de éste. El fruto ya vacío se encuentra lleno de excrementos de la alimentación de ésta (Bugenschütz, 1991).

En el suelo, la larva teje un capullo de 7-11 mm de longitud y 3-5 mm de anchura (Bugenschütz, 1991), permaneciendo en diapausa invernal hasta el mes de abril. Es entonces cuando se transforma en crisálida, estado en el que permanece alrededor de quince días, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar y del año (Gómez de Aizpúrua, 1993).



**Figura 3. Ciclo biológico de *Cydia fagiglandana*.**

En el trabajo realizado por López (2001) en encinares de dos dehesas del Valle de los Pedroches, se observa un retraso de los ataques de *C. elephas* con respecto a los de *C. fagiglandana*, por desfases entre los ciclos biológicos de ambos insectos, así como por el mayor tamaño de bellota preferido por *C. elephas* para realizar la puesta.

Los niveles de daños causados por *C. fagiglandana* pueden llegar a ser importantes. Así, Bugenschütz (1991) señala ataques del 80% de la cosecha de hayucos en el Noroeste de Europa. Sin embargo, en España los daños son menores. En estudios recientes realizados en la Sierra de Aracena durante el año 2001 se observó una preferencia por el fruto de encinas y alcornoques frente al del castaño (Rodríguez Álvarez, 2002), en donde los niveles de daños son muy bajos (Alanís, 2003).

#### 2.1.5.3.5. Enemigos naturales

Speranza (1999) cita en Italia un único parásito de larvas de *C. fagiglandana*, el himenóptero braconídeo *Ascogaster quadridentatus* Wesm. En un estudio realizado sobre poblaciones del Valle de los Pedroches, Anguita (1999) se encontró también esta especie, además de *Phanerotoma dentata* (Panzer) y *Pristomerus* sp.

En España se ha aislado el hongo entomopatógeno *B. bassiana*, que se encontró infectando a larvas de esta especie en encinares de dehesa del Valle de los Pedroches durante los años 2002 y 2003 (Santoyo, 2005). Los niveles naturales de infección de este aislado en larvas recogidas de bellotas recién caídas fueron muy bajos (enzoóticos), pero no se descarta la posibilidad de que puedan afectar de forma más importante en las larvas que pasan grandes periodos de tiempo bajo la superficie del suelo.

#### 2.1.5.3.6. Medidas de control

Una forma de reducir la población de esta especie es la colocación de redes muy finas debajo de los árboles, para evitar que se entierren las orugas que caen, con lo que se consigue que el insecto no complete su ciclo (Mansilla *et al.*, 2000).

El control químico no es fácil dado que este insecto pasa su vida muy protegido en el interior de los frutos, siendo fundamental elegir el momento óptimo para el tratamiento que irá dirigido contra las larvas recién nacidas. En plantaciones jóvenes se han recomendado insecticidas químicos de síntesis con materias activas como fenitrotion, malation, metilmalation, acefato, diazinon o triclorfon, aplicándolas en verano sobre hojas y erizos (Berrocal *et al.*, 1998). No obstante, actualmente, no están autorizados estos tratamientos en España.

#### **2.1.5.4. *Pammene fasciana* (L.)**

##### 2.1.5.4.1. Situación taxonómica

La posición taxonómica de esta especie es la siguiente (Bogenschütz, 1991):

ORDEN	Lepidoptera
SUBORDEN	Heteroneura
DIVISIÓN	Dytrisia
SUBDIVISION	Heterocera
SUPERFAMILIA	Tortricoidea
FAMILIA	Tortricidae
SUBFAMILIA	Olethreutinae
TRIBU	Grapholitini
GÉNERO	<i>Pammene</i> Hübner
ESPECIE	<i>Pammene fasciana</i> (Linnaeus)

#### 2.1.5.4.2. Distribución y plantas hospedantes

Esta especie está distribuida en casi toda Europa llegando hasta el Sur de Inglaterra y Escandinavia, está igualmente señalada en Dalmacia, Asia Menor y Crimea. Se encuentra en las regiones meridionales hasta el Sur de Francia (Alpes Marítimos y Bajos Pirineos) y en Italia hasta Campania; Sureste de Bulgaria, en Suiza y en el cantón de Tessin (Bovey, 1966; Mansilla *et al.*, 2000).

El espectro de hospedantes está formado por especies de los géneros *Quercus*, *Fagus*, *Acer* y *Castanea* (Bogenschütz, 1991).

#### 2.1.5.4.3. Morfología

El tamaño del adulto oscila entre los 13 y 17 mm de envergadura alar. Las alas anteriores son de color gris plomizo en cuyo centro se distingue una mancha blanco marfil que va desde el borde basal hasta el ápice alar. En el borde costal se observan pequeñas manchas blancas y grises alternadas. El *speculum* tiene dos bandas laterales de una tonalidad gris plomizo que encuadran un espacio marrón sobre el que se ven cuatro trazos oscuros. Por el contrario las alas posteriores son de color gris marrón (Mansilla y Salinero, 1993; Mansilla *et al.*, 2000).

El huevo se localiza en el limbo de las hojas (sobre todo en el haz) y en su apariencia es similar al de *C. splendana*, midiendo 0,69x0,61 mm (Mansilla y Salinero, 1993; Mansilla *et al.*, 2000).

La larva neonata es de color blanquecino, mide de 1,5 a 2 mm de longitud y adquiere, conforme evoluciona, una coloración rosada, alcanzando 10 a 13 mm de longitud en su quinto y último estadio (Mansilla *et al.*, 2000). La cabeza es de color marrón, siendo su placa anal y torácica de un marrón más claro y con puntitos oscuros. El resto del cuerpo es blancuzco, con tonalidades vinosas. A partir del segundo estadio presenta en el dorso lateral unas grandes verrugas marrones en cada uno de los anillos abdominales, situándose estas verrugas del siguiente modo: cuatro en el centro y dos laterales, y otra en la falsa pata, así pues, cada anillo abdominal presenta ocho verrugas. Tiene cinco pares de falsas patas de las cuales, las cuatro primeras y en la zona ventral tiene tres coronas concéntricas de pequeños ganchitos, en las dos primeras coronas estos ganchos son alargados y curvados y en la tercera los mismos son más pequeños. En el último par de falsas patas estas coronas concéntricas sólo se observan en un semicírculo en la parte anterior de la falsa pata. Una característica diferencial de *P. fasciana* es que poseen un peine anal de color marrón con diez dientes (Mansilla y Salinero, 1993).

La crisálida mide entre 7 y 9 mm y su coloración va desde un marrón amarillento a un marrón rojizo, oscureciéndose a medida que avanza su desarrollo (Mansilla y Salinero, 1993; Mansilla *et al.*, 2000).

#### 2.1.5.4.4. Ciclo biológico

El periodo de vuelo de los adultos en zonas de castaños se da en los meses de Junio y Julio. Según Bogenschütz (1991) es una especie univoltina (Figura 4). Esto último parece no estar tan claro en otros trabajos revisados, como los de Bovey (1966) y Mansilla (2000), en los que se afirma que aunque lo más normal es que se de una sola generación al año, cabe la posibilidad de que se puedan completar dos generaciones. En el trabajo realizado por Mansilla (2000) en sotos de Galicia, el vuelo de adultos se inicia a finales de Junio, alcanzando un pico máximo a finales de Julio o principios de Agosto y descendiendo hasta finales de Septiembre o principios de Octubre, según las

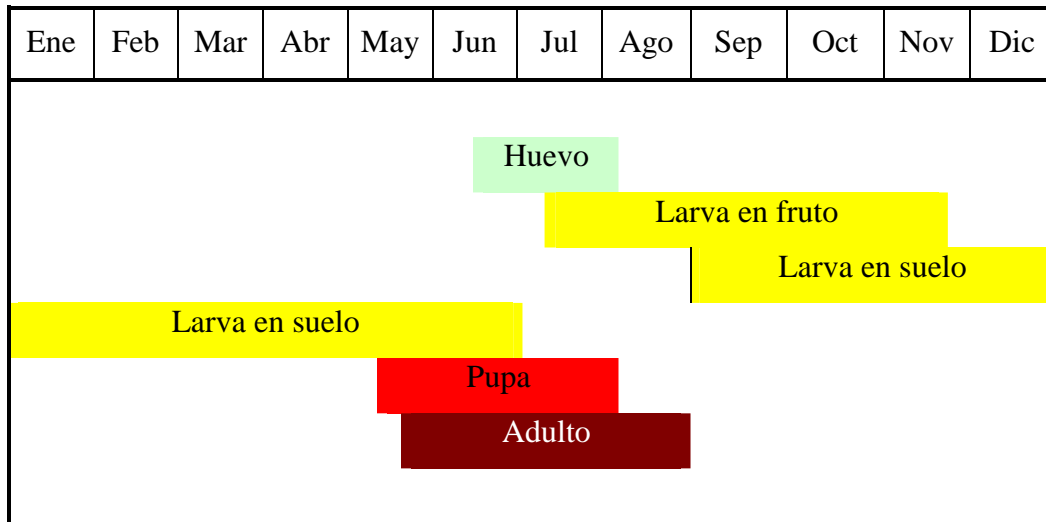


condiciones del año y la zona. En la Sierra de Aracena (Huelva) y en el Valle del Genal (Málaga), en los estudios realizados por Rodríguez (2002) y Alanis (2003) respectivamente, se han obtenido picos máximos en diferentes fechas, poniendo de manifiesto la importancia de las variables año y zona.

Los adultos tienen costumbres crepusculares. El acoplamiento se produce rápidamente, comenzando la puesta 4 o 5 días después (Bogenschütz, 1991; Mansilla y Salinero, 1993). Las hembras viven 12 días y los machos mueren a los 8-10 días (Bogenschütz, 1991). Las hembras ponen una media de 18 huevos, con un máximo de hasta 300, e incluso más (Mansilla y Salinero, 1993). Los huevos son depositados aisladamente en las hojas a lo largo de las nerviaduras o cerca de los frutos. El desarrollo embrionario dura unos 10 días a 20°C, transcurrido dicho tiempo nace la larva y empieza a alimentarse primero de la epidermis y parénquima de la hoja y pasados 2-3 días penetra en los frutos en formación (Bogenschütz, 1991; Mansilla y Salinero, 1993).

Cuando la larva ha destruido total o parcialmente el fruto, sale de éste para dirigirse a otro sano, que por lo general será el más próximo al anterior. En los castaños se puede hablar de hasta seis erizos dañados por cada larva hasta llegar al quinto y último estadio (Mansilla y Salinero, 1993).

Desde finales de Julio hasta la segunda quincena de Agosto las larvas se introducen en las resquebrajaduras del tronco y ramas para invernar dentro de capullo formado por excrementos y restos de madera unidos por hilos sedosos. La larva queda en diapausa hasta la primavera siguiente en la que comenzará la pupación (Mansilla y Salinero, 1993) que dura unos 19 días a 20° C (Bogenschütz, 1991).



**Figura 4. Ciclo biológico de *Pammene fasciana*.**

#### 2.1.5.4.5. Enemigos naturales

Speranza (1999) cita como parásitos de *P. fasciana* a los himenópteros ichneumónidos *Gelis inimicus* (Gravenhorst), *G. areator* (Paanzer), *Lissonota buoliana* Den. et Schiff. y *Trichomma enecator* Rossius; y el braconídeo *Ascogaster quadridentatus* Wesm. También hace referencia al hongo *Paecilomyces farinosus* (Holm, Grag).

#### 2.1.5.4.6. Medidas de control

En la actualidad, se recomienda la estrategia de control integrado, siguiendo el vuelo del tortricídeo mediante trampas con feromona sexual y realizando los tratamientos cuando se alcancen los picos máximos de la curva de vuelo, eliminando así las larvas antes de que penetren en el fruto.

La aplicación de insecticidas químicos y de *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki*, cuando las larvas se encuentran en su primer estadio puede dar buenos resultados (Bogenschütz, 1991). Se han utilizado una amplia variedad de insecticidas de síntesis, principalmente organofosforados y piretroides: lambda-cihalotrin, metil-azinfos, fasolone (Mansilla y Salinero, 1993; Mansilla *et al.*, 2000), pero estas materias activas no se encuentran actualmente registradas en España para el control de tortricídeos. En

Italia se citan las materias activas bromofos, carbaril, fenitrotion y malation, y en Francia se ha utilizado fention, fenitrotion y metil-azinfos (Mansilla y Salinero, 1993).

Otro método de lucha para reducir la población invernante, es la colocación de bandas de cartón ondulado en torno a los troncos en otoño, para capturar a las larvas que buscan refugio para pasar el invierno, y su posterior eliminación y quema en primavera (Mansilla *et al.*, 2000).

## 2.2. Las feromonas sexuales para el control de plagas

### 2.2.1. Las feromonas sexuales

Las feromonas cuya etimología procede del griego *pherein* (transportar) y *hormon* (excitar), son compuestos químicos que emitidos por un organismo provocan una reacción específica de comportamiento en otros miembros de la misma especie. Las feromonas representan por su sensibilidad, especificidad y no toxicidad, una alternativa a la aplicación de insecticidas convencionales para el control de plagas de insectos.

Las feromonas pueden producir un efecto inmediato y reversible en el comportamiento del receptor, o bien un efecto retardado y duradero (Wilson, 1965). Un efecto inmediato es el producido por las feromonas sexuales.

Se definen las feromonas sexuales como compuestos semioquímicos que emitidos generalmente por las hembras, inducen un comportamiento de atracción y de cópula en los machos de la misma especie. Esta respuesta puede ser debida a un compuesto químico específico o, como ocurre a menudo, a una mezcla determinada de sustancias. Es este último caso la mezcla global constituye la feromona, mientras que los compuestos químicos individuales son los llamados componentes feromonales.

Se ha avanzado de forma espectacular desde la identificación de la primera feromona sexual, en el gusano de seda por Butenandt et al. (1959), y del descubrimiento de los receptores olfativos en *Drosophila* (Clyne et al. 1999; Krieger et al. 2005). Actualmente, la base de datos de feromonas de insectos y atrayentes relacionados, contienen cientos de compuestos químicos (El-Sayed, 2008; Arn et al., 1992). Un gran número de feromonas han resultado ser mezclas de varios compuestos. Muchas especies de lepidópteros utilizan mezclas precisas de isómeros geométricos.

La especificidad que presentan las feromonas sexuales es tal que una determinada especie puede desarrollar diferentes mezclas feromonales en función de diferentes entornos ambientales. Además, se han encontrado compuestos que, evaporados conjuntamente con el atrayente natural, hacen incrementar (sinérgicos) o disminuir (inhibidores) el nivel de capturas. Puede ocurrir también que un determinado compuesto sea inhibidor ó sinérgico según la composición de la mezcla con la feromona natural (Guerrero, 1998).

En general, las feromonas actúan a largas distancias y son emitidas por glándulas situadas en las alas o desde agrupaciones de sedas situadas en el extremo del abdomen del adulto. La percepción olfativa de los insectos se lleva a cabo a través de unos complejos receptores, generalmente localizados en las antenas, aunque también se han encontrado en los palpos maxilares (Kellogg, 1970) o labiales (White et al., 1974).

Las feromonas sexuales producidas por las hembras de lepidópteros han sido hasta el momento las más estudiadas. Son compuestos alifáticos de cadena lineal y su diversidad estructural viene determinada por el número de átomos de carbono, número y posición de insaturaciones y su grupo funcional. En general son acetatos, aldehídos, alcoholes, hidrocarburos y algunos epóxidos y cetonas. El número de carbonos oscila entre 10 y 21, siendo los más corrientes los de 14, 16 y 18 (90% del total). Las insaturaciones son de tipo doble enlace, siendo las posiciones más frecuentes la 7, 9, 11. Las feromonas producidas por machos han sido menos estudiadas y son también aldehídos, ésteres, alcoholes, lactosas, etc. de estructura variable. La actividad de éstas puede variar desde inhibir la aproximación de otro macho hasta actuar como compuestos afrodisíacos, es decir, induciendo un cierto comportamiento de cópula, aceptación y respuesta en las hembras, una vez que éstas han atraído al macho mediante su atrayente sexual (Guerrero, 1998).

### **2.2.2. Utilización en el control de plagas**

Las feromonas presentan cualidades destacadas para su uso en el control de plagas, tales como su selectividad a nivel de especie, actividad a muy pequeñas concentraciones y nula toxicidad para otros animales (Witzgall et al., 2010). Por tanto, las feromonas sintéticas afectan solo al insecto diana, con la posible excepción de especies muy relacionadas taxonómicamente (Cardé y Haynes, 2004). Muchas feromonas han sido registradas para el control de plagas y no hay evidencia de sus efectos adversos para la salud pública y organismos beneficiosos. Los residuos de feromonas de lepidópteros, en cultivos agroalimentarios tratados con feromonas, no han sido detectados (Tinsworth, 1990).

Las feromonas como método de control de plagas son muy eficientes por disminuir la densidad de población de insectos sin afectar a los enemigos naturales y, a

largo plazo, producen una reducción de las poblaciones de insectos. En aquellas especies que no se pueden controlar adecuadamente mediante insecticidas convencionales, como es el caso de los insectos de hábitat oculto o con hábitos endófitos, el uso de las feromonas puede ser método más apropiado puesto que su efecto va dirigido al estado adulto y previene la oviposición.

En Europa, las feromonas se han usado ampliamente durante las últimas dos décadas, como por ejemplo contra las polillas del racimo en la vid (*Lobesia botrana* y *Eupoecilia ambiguella*) (Varner et al., 2001) y contra *Cydia pomonella* en frutales de hueso (Waldner, 1997). Una de las especies de importancia forestal para la que se ha desarrollado un programa de control con feromona sexual (pityolure) es la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) (Montoya y Hernández, 1998).

Hoy en día las feromonas son usadas ampliamente como herramientas biotecnológicas para el seguimiento de las poblaciones de adultos y, además, se aplican en grandes superficies como método de control, mediante las técnicas de trampeo masivo y confusión sexual.

#### **2.2.2.1. Seguimiento de las poblaciones**

El uso más inmediato de las trampas de feromona consiste en la estimación de la densidad de población de la plaga a combatir. Cuando el número de insectos en vuelo es bajo, las trampas con la feromona sexual pueden ser usadas de manera cualitativa para un aviso temprano sobre la presencia de la plaga. Este método se está utilizando habitualmente para el seguimiento de poblaciones de plagas agrícolas y forestales.

Además, la utilización de trampas de seguimiento del vuelo de los adultos permite reducir el uso de insecticidas al aplicarlos sólo cuando sea estrictamente necesario y predecir el período de puesta de huevos, lo que implica una optimización de la eficacia de las aplicaciones insecticidas sobre las larvas más jóvenes. Esto ocurre, por ejemplo, con el tortricido *Adoxophyes orana*, cuyo control en Holanda se ha logrado reduciendo los tratamientos insecticidas de 5-7 a solo 3-4 (Guerrero, 1988).

Un problema a tener en cuenta radica en la atracción de machos procedentes de parcelas vecinas que no disponen de trampas, por lo que la predicción puede no ser tan

fiable. Por otro lado, la predicción de infestación en un área extensa puede resultar engañosa si no se hace una adecuada distribución de las trampas, dado que la densidad de población, las características ecológicas locales y el microclima pueden variar considerablemente. Alford et al. (1979), en pruebas de campo en Inglaterra, no pudieron establecer una correlación entre nivel de capturas en trampas y daños en frutos. Por el contrario, para el control de la carpocapsa del manzano *C. pomonella* se han demostrado correlaciones significativas entre el número de capturas y el nivel de daños en frutos, estableciendo un umbral mínimo para el uso de insecticidas de 5 machos por trampa y semana (Guerrero, 1988).

#### **2.2.2.2. Trampeo masivo**

Esta técnica consiste en la colocación de trampas con el atrayente sexual altamente específico para asegurar la captura de un gran número de adultos de la plaga a combatir, al objeto de reducir el incremento de la población a niveles económicamente aceptables.

Las trampas con feromona sexual de lepidópteros solo capturan machos de la especie y éstos generalmente copulan más de una vez, por lo que el objetivo es eliminar una alta proporción de machos para reducir el número de apareamientos. La protandría, o emergencia de los machos antes de las hembras, mejoraría el efecto deseado (Witzgall et al., 2010).

La eficacia del trampeo, entendida como el número de machos que se capturan en relación con el número de machos que hay en vuelo debe ser satisfactoria. Aquí interviene el poder de atracción de la feromona sintética, el tipo de difusor, el número de trampas por unidad de superficie, su distribución, entre otros factores. Entre las características biológicas y ecológicas de la especie fitófaga que determinan la eficacia del trampeo masivo se encuentran: la duración del ciclo biológico, el número de generaciones anuales o el número de horas de vuelo. Insectos univoltinos con un corto periodo de vuelo y un reducido espectro de plantas hospedadoras son más fáciles de controlar. La eficacia se puede mejorar por la incorporación de atrayentes cebo para hembras o ambos sexos o incluyendo feromonas de agregación o compuestos volátiles de plantas o flores que atraen a las hembras para la oviposición (Witzgall et al., 2010).

En lo que se refiere al número de trampas por hectárea necesario para conseguir el control de la plaga dependerá de la densidad de población, de los costes económicos de las trampas y del trabajo subsiguiente de supervisión de capturas. Además, para obtener buenos resultados es importante que las áreas a tratar estén aisladas o, en su defecto, sean suficientemente extensas para reducir la posibilidad de migración de adultos procedentes de zonas adyacentes no tratadas. Experiencias realizadas en Israel con *Spodoptera littoralis* con 1-2 trampas/ha en zonas de hasta 20.000 ha resultaron parcialmente efectivas reduciendo de forma significativa en el número de aplicaciones insecticidas (Guerrero, 1988). Sin embargo en experiencias realizadas en Egipto y Grecia, donde se colocaron 1, 3 y 5 trampas/ha en el cultivo de algodón, no se contabilizó un número de puestas y larvas significativamente inferior al registrado en dos zonas de control (Hosny et al., 1979). Por el contrario, otra plaga del algodón, *Pectinophora gossypiella*, fue tratada en EEUU) usando de 5 a 10 trampas/ha en 3.000 ha de cultivo, obteniendo una reducción significativa del nivel de daños, si bien las densidades de población fueron relativamente bajas (Huber et al, 1979).

La utilización de feromona sexual para combatir la procesionaria del pino, *T. pityocampa*, ha conducido desde 1982 a una reducción significativa del empleo de insecticidas en pinares levemente infestados (Montoya y Hernández, 1988).

### **2.2.2.3. Confusión sexual**

En muchos casos no es económicamente viable el trampeo masivo por el número elevado de trampas necesario para controlar una o más especies. Una alternativa es inundar la atmósfera con concentraciones bajas de feromona para conseguir la disfunción del sistema de apareamiento entre ambos sexos. El mecanismo mediante el cual se consigue el efecto de confusión puede ser 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, o bien por enmascaramiento de la fuente natural de feromona (la hembra), con lo que la orientación del insecto hacia la misma sería prácticamente imposible (Guerrero, 1988).

En la técnica de confusión es importante el mantenimiento de un umbral mínimo de concentración de feromona en la atmósfera. Sea cual sea el nivel de vuelo del insecto,



es importante tratar áreas tan extensas como sea posible o semiaisladas al objeto de reducir la posibilidad de inmigración de hembras copuladas desde zonas adyacentes no tratadas.

Se han desarrollado experiencias de confusión sexual con distintas especies de importancia agrícola y forestal, algunas de ellas con resultados satisfactorios (Witzgall et al. 2010; Guerrero, 1988). Así, por ejemplo, la lagarta peluda, *Lymantria dispar*, ha sido objeto de numerosas experiencias de control mediante formulaciones en fibras, copos o microencapsulados que en todos los casos redujeron los apareamientos durante 30 días (Caro et al., 1981).

## 2.3. Los hongos entomopatógenos

### 2.3.1. Introducción

Los hongos entomopatógenos constituyen un grupo con más de 750 especies, pertenecientes a casi 100 géneros, que tienen capacidad de provocar infecciones en las poblaciones de insectos (Bielikova et al., 2002). Dentro de los más importantes se mencionan los géneros: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium*, pertenecientes a las clases Zygomycetes e Hyphomycetes (López y Hans Börjes, 2001).

La primera cita sobre hongos entomopatógenos data de 1726, por Reaumur sobre el hongo *Cordiceps sinensis*; sin embargo, la patología de insectos como ciencia experimental comienza con los trabajos de Agustino Bassi, quién demostró en 1834 que *Beauveria bassiana* era el agente causal de una enfermedad en el gusano de seda *Bombyx mori* (Lecuona, 1996).

Los hongos entomopatógenos tienen la particularidad de infectar a diferentes tipos de artrópodos (insectos y ácaros) y de encontrarse en los hábitats muy variados, ya sean acuáticos ó terrestres, y dentro de éstos, en cultivos anuales, semiperennes y perennes. Además, su característica de penetrar al hospedante vía tegumento, no es muy común entre el resto de los entomopatógenos

El aislamiento e identificación de los hongos entomopatógenos, especialmente de *B. bassiana*, ha promovido la investigación y producción de éstos en distintos países, debido a su gran potencial y efectividad para el control de numerosas plagas de insectos. La posibilidad de producirlos en masa, el poder aislarlos de las zonas afectadas y su adaptabilidad al manejo en laboratorio, hace de estos organismos uno de los agentes de control biológico de plagas agrícolas y forestales con mayor proyección de futuro.

Algunas de las ventajas de los hongos entomopatógenos son:

- Especificidad: cada aislado puede infectar sólo una especie o un grupo de especies muy relacionadas, sin afectar a otras que no son plaga ni a los enemigos naturales.

- Persistencia: si el hongo encuentra las condiciones adecuadas para infectar a su huésped, se reproduce y persiste en el ecosistema.
- Compatibilidad: se pueden aplicar mezclas de hongos entomopatógenos, o bien combinaciones de éstos con dosis subletales de insecticidas para lograr efectos superiores a los logrados con aplicaciones por separado de cada producto.
- Inocuidad ambiental: no contaminan el medioambiente ni afectan al hombre y otros animales superiores.

Algunas de los aspectos que han limitado su desarrollo comercial son:

- Factores ambientales: son sensibles a temperaturas extremas, desecación y luz ultravioleta. Estas limitaciones están siendo contrarrestadas mediante el uso de aditivos (protectores solares, aceites, antidesecantes).
- Almacenamiento: requieren de condiciones de conservación más exigentes que las moléculas inorgánicas. En años recientes, se han citado períodos de almacenamiento de 7 años, conservando su viabilidad y capacidad infectiva.
- Menor velocidad de acción: en general, no matan instantáneamente y alcanzan buenos niveles de control entre una y tres semanas después de la aplicación, dependiendo de la plaga y del ambiente. Sin embargo, el insecto deja de alimentarse mucho antes de morir, disminuyendo el daño.

### **2.3.2. Ciclo de infección**

El proceso de infección de los hongos entomopatógenos en un hospedador susceptible comienza por la adhesión al tegumento y la germinación de las conidias o esporas sobre éste. Luego se produce la penetración a través de la cutícula, la multiplicación del hongo en el hemocele y producción de toxinas. Sobreviene entonces la muerte del insecto y el hongo coloniza completamente el interior del hospedador. Posteriormente, el micelio sale hacia el exterior atravesando el tegumento, tras lo cual se produce la esporulación y la dispersión de los propágulos en el medio (Lecuona, 1996; Burges, 1981). Cada una de las etapas del proceso infeccioso han sido revisadas por Lecuona (1996) y se comentan a continuación.

#### 2.3.2.1. Adhesión

Es un fenómeno que permite la fijación de los propágulos o unidades infectivas sobre la cutícula del hospedador mediante mecanismos donde intervienen propiedades físicas, químicas y electrostáticas del hongo y del hospedador. El contacto entre las unidades infectivas con el tegumento es el prerequisite para el establecimiento y continuación de la micosis. Se distinguen tres etapas dentro de este proceso: 1) adsorción o inmovilización del microorganismo sobre la superficie; 2) contacto; y 3) adhesión. La adhesión es un paso importante en el proceso patogénico y ha sido correlacionada con la especificidad hospedador-patógeno. Sólo las cepas más virulentas son capaces de adherirse al tegumento del insecto. Además, existen sitios preferenciales del tegumento del hospedador donde las conidias se adhieren, germinan y penetran; estos lugares corresponden a las regiones intersegmentales del insecto, en donde la composición y estructura de la cutícula es sensiblemente diferente al resto del tegumento. A pesar de ello, los hongos poseen la capacidad para penetrar tanto por regiones membranosas como por las áreas más esclerotizadas del tegumento.

#### 2.3.2.2. Germinación

Tras la adhesión e hidratación de la espora o conidia sobre el tegumento, ésta emite un tubo germinativo, con la formación en algunos casos de un apresorio, para posteriormente penetrar en el insecto. Esta estructura puede faltar en los géneros *Beauveria* y *Nomuraea* cuando el tubo germinativo penetra por aberturas naturales.

Las conidias de *B. bassiana* requieren para la germinación una humedad relativa del 92%, y la temperatura óptima de crecimiento se encuentra en el intervalo de 23-25° C (Ferrón, 1981).

#### 2.3.2.3. Penetración

La penetración del hongo en la cutícula del hospedante implica una acción combinada de dos procesos principales: físico, debido a la presión de la hifa que rompe las áreas membranosas ó esclerotizadas; y enzimático, debido a la elaboración de

enzimas (proteasa, lipasa, quitinasa) que facilitan la penetración por descomposición del tejido. La abertura bucal, ano, regiones intersegmentales y tarsos son probablemente las áreas más comunes de penetración (Ferrón, 1981).

#### 2.3.2.4. Multiplicación del hongo en el hemocele

Ya en el interior del insecto, el hongo se multiplica principalmente por gemación, dando formas miceliales libres y unicelulares llamada blastosporas en los Deuteromicetos e inexistentes entre los Entomoftorales. Sin embargo, también se producen en el hemocele hifas y protoplastos o células sin pared.

Según Carruthers y Soper (1987), citado por Araújo de A. (2003), el crecimiento vegetativo en el hemocele permite al hongo dispersarse por el sistema circulatorio del insecto e incrementar la superficie fúngica en contacto con los nutrientes del medio. La duración del periodo de incubación varía entre especies, sin embargo el desarrollo de la enfermedad durante la etapa vegetativa es típicamente dependiente de la temperatura.

#### 2.3.2.5. Producción de toxinas

No todos los hongos o todas las cepas de una misma especie fúngica producen toxinas en el hemocele. Estas toxinas son sustancias que pueden, en algunos casos, originar la muerte del insecto debido a sus propiedades insecticidas, pero además, actúan como inhibidores de las reacciones de defensa del hospedador por alteraciones de los hemocitos y retardo de agregación de estas células en la hemolinfa.

Las toxinas que producen los hongos entomopatógenos son de dos tipos:

- Macromoléculas proteicas: enzimas extracelulares secretadas en cantidades significativas en medio de cultivo o en el interior del insecto.
- Toxinas de bajo peso molecular: moléculas de tamaño medio a pequeño, de peso molecular menor de 2000.

#### 2.3.2.6. Muerte del insecto

La muerte del insecto infectado ocurre generalmente antes de que el hongo colonice todo el hemocele; se origina, en parte, por la acción de las toxinas producidas por el hongo durante la infección.

La muerte del hospedador marca el final de la fase infectiva para continuar el hongo creciendo saprofiticamente por todos los tejidos. El tiempo necesario para causar la muerte dependerá de la cepa, la especie hospedadora y los factores ambientales.

#### 2.3.2.7. Colonización total

Tras la muerte del hospedador, el micelio invade todos los órganos y tejidos, comenzando en algunos casos por el tejido graso y respetando a veces algunos tejidos como glándulas de seda, músculos y tráqueas. Después de la colonización total el cadáver se transforma en una momia resistente a la descomposición bacteriana, aparentemente debido a la acción de antibióticos liberados por el hongo. Estas momias sirven como reservorio del hongo durante condiciones climáticas adversas (Ferrón, 1981).

#### 2.3.2.8. Emergencia del hongo hacia el exterior

La emergencia del hongo hacia el exterior se da cuando encuentra condiciones ambientales favorables, especialmente húmedas y cálidas. De esta forma los micelios atraviesan el tegumento desde el interior al exterior del insecto aprovechando las regiones menos esclerotizadas. En esta fase los Deuteromicetos pueden producir hifas modificadas llamadas clamidosporas, como es el caso de los géneros *Beauveria* y *Metarhizium*.

#### 2.3.2.9. Esporulación

Las hifas, una vez atravesado el tegumento, pueden quedar en esta etapa vegetativa o pasar a la reproductiva dentro de las 24 a 48 h, formando conidias o esporas si las condiciones de humedad relativa son altas. El insecto momificado pasa a tomar una coloración que será característica para cada especie de hongos; por ejemplo, blanco (*Beauveria* y *Verticilium*), verde claro (*Nomuraea*), verde oliva o ceniciento (*Metarhizium*), blanco amarillento, rosa o rojo (*Paecilomyces*), blanco grisáceo con un halo blanco alrededor del cadáver (Entomoftorales).

#### 2.3.2.10. Diseminación

Las conidias o esporas formadas sobre el insecto se diseminan por acción del viento, agua, el propio hombre u otros organismos.

### 2.3.3. Clasificación de los hongos entomopatógenos

Siguiendo la clasificación clásica propuesta por Ainsworth *et al.* (1973), los hongos se agrupan en dos divisiones:

- Myxomycota: que presentan estructuras similares en su ciclo de vida.
- Eumycota: que carecen de esas estructuras.

Dentro de Eumycota se encuentran las subdivisiones: Mastigomycotina, Zygomycotina, Ascomycotina, Basidiomycotina y Deuteromycotina.

En la tabla 3 se presenta una adaptación de la citada clasificación (Araújo de A., 2003), donde se indican los principales grupos de hospedadores de los hongos entomopatógenos.

**Tabla 3. Los hongos entomopatógenos y sus hospedadores (adaptada de Ainsworth et al., 1973, por Araújo de A., 2003).**

<i>Subdivisión</i>	<i>Clase</i>	<i>Entomopatógeno</i>	<i>Hospedador</i>
Mastigomycotina	Chytridiomycetes	<i>Coelomyces</i>	Larvas mosquitos
	Oomycetes	<i>Leptolegnia</i> <i>Lagenidium giganteum</i>	Larvas mosquitos
Zygomycotina	Zygomycetes	<i>Mucor</i> Entomophthorales	Varios por heridas Diversos
Ascomycotina	Plectomycetes	<i>Ascospaera</i>	Abejas
	Pyrenomycetes	<i>Cordyceps</i>	Varios
Deuteromycotina	Coelomycetes	<i>Aschersonia</i>	Cochinillas y moscas blancas
	Hyphomycetes	<i>Beauveria</i>	Varios
		<i>Culicinomyces</i>	Mosquitos
		<i>Hirsutella</i>	Ácaros
		<i>Metarhizium</i>	Varios
		<i>Nomuraea</i>	Noctuidos
		<i>Paecilomyces</i>	Varios
		<i>Tolypocladium</i>	Larvas mosquitos
<i>Verticillium</i>	Cochinillas, moscas blancas, pulgones		

#### 2.3.4. *Beauveria bassiana*

La especie *Beauveria bassiana* Vuill. pertenece a la subdivisión Deuteromycotina (Deuteromicetos), clase Hyphomycetes, orden Moniliales, familia Moniliaceae (Noyd, 2000).

Los Deuteromicetos es un grupo “artificial” de unas 20000 especies de hongos imperfectos (esto es, hongos cuyo estado sexual o perfecto no es conocido). Indudablemente los estados perfectos de muchos de estos hongos serán descubiertos, pero otros posiblemente no tengan un estado sexual, bien porque nunca lo han poseído o porque lo han perdido en el curso evolutivo (Roberts y Boothroyd, 1978). La mayoría de estos hongos imperfectos en realidad son Ascomicetos o Basidiomicetos (Roberts y Boothroyd, 1978; Griffin, 1994).

Dentro de los hongos Deuteromicetos, se encuentra el mayor número de hongos entomopatógenos. Se conocen alrededor de 30 géneros que contienen una o más especies que infectan insectos (Samson, 1981).



Los Hifomicetos han sido estudiados desde hace un siglo, si bien durante los últimos 30 años se han encontrado nuevos métodos de aislamiento, producción y aplicación para su uso como agentes de control biológico de plagas. Algunos de los géneros más importantes son *Beauveria*, *Aspergillus*, *Metarhizium*, *Akanthomyces*, *Nomuraea*, *Paecilomyces*, *Aschersonia*, *Fusarium*, *Hirsutella* y *Verticillium*.

El género *Beauveria* causa enfermedades a gran número de artrópodos, pues se ha encontrado afectando a más 200 especies de ácaros e insectos de diferentes Órdenes (Dalla et al., 2005).

Morfológicamente la especie *B. bassiana* está conformada por hifas septadas, de donde se forman conidióforos simples raramente agrupados, con apariencia de jarrón, los cuales sostienen las conidias, originados de forma simpoidal o acrópeta, dando al raquis su apariencia típica en zig-zag. Las esporas, llamadas blastosporas, son esféricas y levemente ovaladas en medios aerobios, pero más ovaladas en medios anaerobios. Tanto las conidias como las hifas no son pigmentadas (hialinas), por lo que para el ojo humano presentan color blanco (Barron, 2001). Se conocen al menos seis especies, aunque las más importantes son *B. bassiana* y *B. brongniartii*, que se diferencian entre ellas por las características de sus conidias (Leucona, 1996).

- *B. bassiana*: Presenta conidias globosas ó subglobosas (2-3 x 2,0-2,5  $\mu$  m). Las estructuras conidióforas forman densos racimos.
- *B. brongniartii*: Presenta conidias elipsoides (2-3 x 1,5-2,5  $\mu$  m). Las estructuras conidióforas son escasas y raramente forman racimos.

*B. bassiana* fue descrita por primera vez por Jean Beauverie en el año 1911 y un año más tarde Vuillemin la clasificó dentro de los Deuteromicetos. Recientemente ha sido reclasificada como un Ascomiceto, orden Hypocreales, a partir del descubrimiento de su teleomorfo (forma sexual) en Asia, recibiendo éste el nombre de *Cordyceps bassiana* (Huang et al., 2002). No obstante, la amplia utilización de su nombre como anamorfo (forma asexual) hace más conveniente seguir denominando a este hongo como *B. bassiana*.

Esta especie presenta la habilidad de vivir de forma parasítica o saprofítica, lo que le permite sobrevivir tanto en presencia como en ausencia de los insectos huéspedes.

Se encuentra distribuida en suelos alrededor de todo el mundo. Araújo de A. (2003) realizó una prospección de suelo en algunas zonas de Andalucía, Extremadura, Islas Canarias y Portugal para la búsqueda de Hifomicetos; la especie predominante fue *B. bassiana* con una aparición en el 73,19 % de las muestras de suelo. La presencia de *B. bassiana* no guarda relación con el pH del suelo y se ve desfavorecida en suelos de bajo contenido de materia orgánica.

### **2.3.5. *Beauveria bassiana* como agente de control de plagas**

El empleo de los hongos entomopatógenos, al igual que otros agentes biológicos de control, puede enfocarse de forma general según tres estrategias: importación, conservación y aumento (Shah y Pell, 2003).

El control biológico clásico generalmente se refiere al uso de un hongo no presente en el ecosistema para el control de plagas importadas. Es importante analizar entre el conjunto de aislados fúngicos para encontrar al mejor candidato capaz de establecerse en el nuevo ecosistema. En general el éxito de un programa de lucha biológica clásica permite un control a largo plazo sostenible y económico.

Es muy frecuente que el hongo entomopatógeno esté presente en el medio y en las poblaciones del insecto a niveles tan bajos que pos sí solo no puede paliar el daño causado por el fitófago. La estrategia de la conservación y potenciación de los inóculos consiste en la adecuación y modificación de las practicas culturales (Fuxa, 1998) que incrementen la humedad ambiental o conserven la biodiversidad para favorecer la supervivencia de hospedadores alternativos.

En otros casos la población del hongo puede ser aumentada mediante inoculación o inundación. Las aplicaciones inoculativas de hongos suelen realizarse en pequeñas cantidades con la intención de establecer el inóculo y que éste permanezca el tiempo suficiente para producir epizootias que puedan mantener la plaga por debajo del umbral de daños. Las aplicaciones inundativas se realizan en grandes cantidades para obtener un control a corto plazo de la plaga sin esperar reinfecciones (Weiser *et. al.*, 1976), usando el hongo como un insecticida convencional. Los hongos Deuteromicetos se prestan muy bien a ambos tipos de aplicaciones por la facilidad de su producción en

masa y formulación, pudiendo ser aplicados con los equipos convencionales de pulverización (Shah y Pell, 2003).

Un ejemplo en el uso de hongos entomopatógenos para el control de lepidópteros es el de *L. dispar* ha sido revisado por Pérez Guerrero (2008). Esta especie fue introducida accidentalmente en Boston (noreste de Estados Unidos) hacia 1860 y en tan sólo 10 años aumentó su población de forma espectacular. En la primera década del siglo XX se intentó introducir el hongo *Entomophthora maimaiga*, procedente de Japón, colocando cadáveres infectados en los troncos de los árboles pero el resultado no fue considerado satisfactorio (Hajek et al., 1990). En 1989 se encontraron en Estados Unidos larvas de *L. dispar* infectadas por *E. maimaiga*. Este hongo era similar al de Japón aunque todavía no está claro si procede de las inoculaciones de principios del siglo XX o de alguna introducción accidental posterior (Hajek et al., 1995). Desde 1989 la presencia de este hongo fue confirmada en una amplia zona en los bosques del noreste de Estados Unidos manteniendo las poblaciones de *L. dispar* bajo control (Elkinton et al., 1991; Hajek et al., 1996). La expansión del hongo ha sido gracias a la combinación del transporte de conidias por el aire y la manipulación humana. *E. maimaiga* no es fácil de cultivar en medio artificial así que se han utilizado dos métodos para llevar el hongo hasta las poblaciones del insecto. Por un lado, la recogida de suelo de la base de los árboles que contienen abundantes cadáveres infectados y por consiguiente abundantes esporas. Por otro la recogida de cadáveres procedentes de epizootias naturales y su redistribución en otras zonas (Hajek et al., 1998a, 1998b). Actualmente *E. maimaiga* se encuentra repartido por la mayor parte del área de distribución de *L. dispar*, aunque sigue habiendo demanda de este hongo en zonas donde las poblaciones del insecto se disparan (Pell et al., 2001) y se están llevando a cabo estudios para su producción en masa (Sha y Pell, 2003).

En 1950 los países de Europa del Este iniciaron investigaciones con *B. bassiana* para el control del escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata*) que permitieron el desarrollo del producto Boverin para aplicaciones insecticidas en programas de lucha biológica contra esta especie (Ferrón, 1981); en tratamientos realizados en la antigua Unión Soviética se alcanzaron mortalidades medias del 92% (85,7-97,6%) durante cuatro años consecutivos. La infección también apareció en las larvas enterradas en el suelo, lo cual causó una reducción considerable del número de adultos supervivientes.

Este mismo producto también se puede utilizar en la lucha contra el gusano de las peras y manzanas (*Cydia pomonella*) (Sikura, 1974; citado por Ferrón, 1981).

Además de los dos ejemplos descritos anteriormente, numerosos ensayos de campo revelan el uso potencial de los hongos del género *Beauveria*, con una eficacia comparable a la de los insecticidas químicos, con la ventaja adicional del posible control de la plaga a largo plazo. Un ejemplo concreto es el caso del coleóptero *Melolontha melolontha*, donde la aplicación en suelo de *B. brongniarti*, a la dosis de  $2 \times 10^{14}$  conidias/ha causó una epizootia un año después coincidiendo con el final del estado larvario del hospedador. Asimismo, durante la siguiente generación, unos cuatro años después del tratamiento, el hongo apareció en la misma aérea causando una evidente disminución de la plaga (Ferrón, 1978).

La eficacia de insecticidas a base de *B. bassiana* ha sido evaluada también en mezclas con insecticidas químicos (Anderson et al., 1989), en diferentes formulaciones, dosis y métodos de aplicación (Bing y Lewis, 1991; Maniana, 1993; Storey y Gardner, 1988). En la actualidad son ya muchos los países en donde se comercializan bioinsecticidas de *B. bassiana*, incluida España (de Liñán, 2012).

En los últimos años se están desarrollando nuevos formulados a base de *B. bassiana* para el control de plagas agrícolas. Varios autores, por ejemplo, han probado la infectividad de aislados de *B. bassiana* contra especies de lepidópteros, como los noctuidos *Helicoverpa armigera* (Nguyen et al., 2007) y *Spodoptera littoralis* (Quesada-Moraga et al., 2006).

Aunque los ecosistemas forestales reúnen condiciones de humedad, temperatura y protección solar que deben favorecer el desarrollo de las infecciones fúngicas, los estudios para el uso de hongos entomopatógenos en lepidópteros de importancia forestal son más escasos, pudiendo citar los trabajos realizados con *Malacosoma americanum* (Leathers y Gupta, 1993) o *L. dispar* (Hajek et al., 1997; Shah y Pell, 2003) y en España los estudios del grupo de Entomología Agroforestal de la Universidad de Córdoba (Santoyo, 2003; Linares, 2005; Pérez Guerrero, 2008; Navarro, 2009) que muestran la patogenicidad de aislados autóctonos de *B. bassiana* sobre especies de lepidópteros, tanto defoliadores como carpófagos.



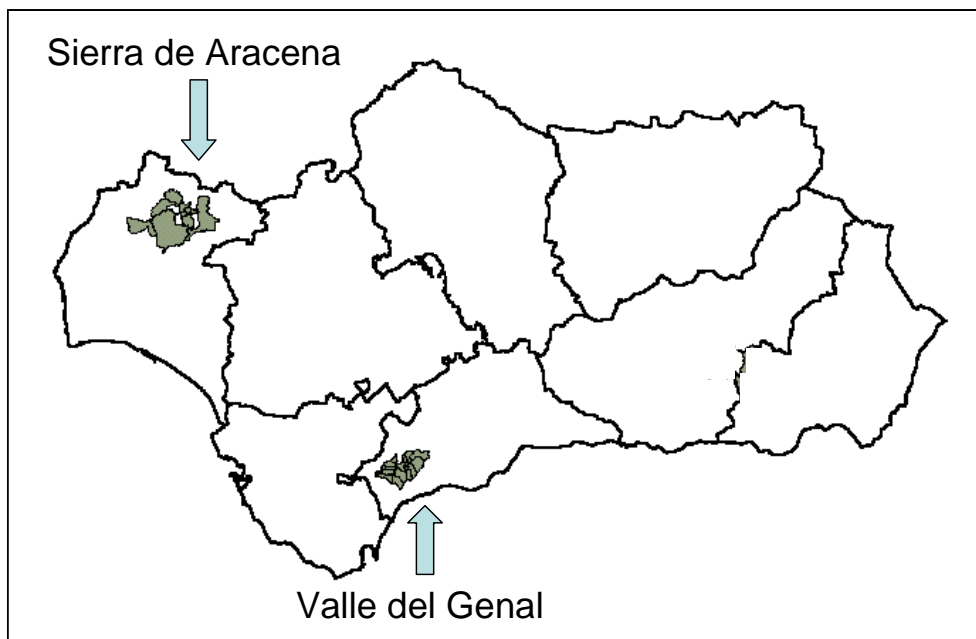
# **Materiales y métodos**



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Áreas de los estudios de campo**

Los estudios de campo se han realizado en las comarcas de la Sierra de Aracena en Huelva y el valle del Genal en Málaga, las dos principales zonas de producción de castañas en Andalucía (Figura 5).



**Figura 5. Principales zonas productoras de castañas en Andalucía.**

##### **3.1.1. La Sierra de Aracena y Picos de Aroche**

La información que se presenta a continuación para la descripción de esta zona se ha extraído de Núñez Granados (1998).

El Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche se extiende en el norte de la provincia de Huelva, en los 37° 53´ de latitud norte y los 6° 41´ de latitud oeste. Está situado en la zona de encuentro de las Altas Presiones Subtropicales y de las Bajas Presiones Subpolares que dominan con alternancia estacional en la región.

La configuración altitudinal de la Sierra, con un sector culminante en su parte central, provoca el gradual incremento de las precipitaciones al aumentar la altura



(isoyeta de 1000 mm, concéntrica en torno a Alájar, Galaroza, Aracena y Almonaster) y, paralelamente, a la suavización de las temperaturas. Toda la Sierra se encuentra situada entre las isoyetas de 700-800 mm, a excepción de algunos sectores suroccidentales, marginales, que presentan características similares al Andévalo onubense.

El ritmo estacional de las precipitaciones concentra los máximos pluviométricos en invierno, siendo diciembre, enero y febrero los meses más lluviosos y Alájar la estación que más cuantía recoge. El verano se caracteriza por una acentuada sequía que en julio y agosto es prácticamente total (inferior a 5 mm), siendo junio y septiembre, con precipitaciones inferiores a 50 mm, meses de transición hacia las estaciones intermedias de otoño y primavera. La aridez se atenúa en el triángulo central de la Sierra, más elevado, y se acentúa hacia sur y norte.

El año pluviométrico presenta, en consecuencia, entre 3 y 6 meses con más de 1000 mm, siendo la estación lluviosa más larga en la zona central de la Sierra (Aracena y Almonaster superan los 100 mm mensuales de octubre a marzo) y acortándose progresivamente al aproximarnos al Andévalo o a la Meseta.

Las temperaturas en la Sierra de Huelva dibujan un diagrama inverso al de las precipitaciones, en función de la influencia de la altitud sobre las mismas. Mientras que las precipitaciones aumentan progresivamente al elevarse la altitud, al acercarnos al triángulo central de la Sierra, la temperatura disminuye en el mismo sentido, oscilando las medias anuales más extremas entre los 13,6°C de Galaroza y los 17,6°C de Cortegana.

La distribución estacional de las temperaturas es propia del ámbito regional en el que se ubica la Sierra, siendo la estación mejor definida el verano, con julio y agosto como meses más cálidos (con temperaturas que oscilan entre 21°C de Galaroza y 27°C de Cortegana) y el invierno, que alcanza en diciembre, enero y febrero las temperaturas más bajas, oscilando entre los 8 y 10°C, aunque pueden llegar a descender a 4-6°C en Aracena (de mayor altitud).

El número de días de heladas varía de 0,1 en Zufre a los, difícilmente explicables, 40 días de Galaroza, aunque la media se establece en 15-20 días anuales.

En la Sierra de Aracena predominan los materiales plutónicos (rocas ígneas intrusivas), y ésta conecta al oeste con Picos de Aroche. Se puede decir que este es el núcleo central de la comarca, donde confluyen los grandes ejes viarios (este-oeste y norte-sur). La abundancia de rocas resistentes como calizas, mármoles, rocas metamórficas, etc., así como un menos desarrollado sistema de incisión fluvial, entre otros aspectos, individualizan un macizo montañoso de gran continuidad y orientación este-oeste.

Las altitudes máximas son de 962 m en la Sierra del Castaño (Castaño del Robledo) y de 917 m en San Cristóbal (Almonaster la Real), con altitudes medias en torno a los 650-700 m. y pendientes medias en las zonas altas del 30-40%, rebajándose al 10-20% en torno a la zona sur.

De forma muy general las características de los rodales de castaños presentes es la siguiente:

- Los castaños están orientados a la producción de fruto y generalmente se trata de ejemplares viejos y trasmochos, injertados con diversas variedades locales.
- Laboreo intenso de las fincas en producción.
- Rodales ligados mayoritariamente a orientación norte.
- Exclusivamente sobre suelos de reacción ácida.
- Casi exclusivamente de propiedad privada.
- Sensación general de declive debido a fenómenos de enfermedades por la edad del arbolado y escasa rentabilidad económica. En algunos casos se prefiere su sustitución por alcornoque si surge la oportunidad, en otros casos se produce el abandono y la invasión por matorral o plantaciones.

Son numerosas las denominaciones de las variedades de castañas características de la comarca, existiendo una gran confusión sobre la identidad de las mismas debido a los nombres locales que se utilizan para identificarlas. Las más abundantes son las denominadas: Ancha de Alaja, Helechal o Helechosa, Vazqueña y Comisaria, siendo esta última la más ampliamente distribuida.

### **3.1.2. El Valle del Genal**

La información contenida en este apartado se ha obtenido de Torremocha (2001), quien ha realizado un estudio de la importancia económica y social de los castaños del Valle del Genal.

La Serranía de Ronda se encuentra situada en la provincia de Málaga, entre el Campo de Gibraltar, la Costa del Sol Occidental, la Hoya de Málaga, la Depresión de Antequera y las Sierras de Ubrique.

El Valle del Genal es una zona accidentada de 21.265 ha (delimitación administrativa) que se extiende a lo largo de 50 km y cuya anchura media es de 10 km. Unas cimas que culminan a más de 1000 m aíslan a este paraje del resto de la provincia. El valle tiene dos orientaciones distintas, en su cabecera discurre de Este a Oeste entre la Sierra del Oreganal que lo delimita al Norte y la Sierra Bermeja que lo delimita al Sur. Llegando a su parte media se orienta en dirección Norte-Sur donde queda cerrado por el Este por la Sierra Bermeja y por el oeste por las sierras de Atajate-Sierra Espartina-Cerro de las Maravillas que crean una frontera física entre este valle y el río Guadiaro, donde desemboca el Genal. El Valle se puede dividir en tres partes las cuales incluyen los siguientes municipios:

- El Valle Alto, donde se ubican los núcleos urbanos de Parauta, Cartajima, Júzcar, Alpandeire, Faraján, Igualeja y Pujerra.
- El Valle Medio, donde se ubican las localidades de Atajate, Benadalid, Benalauría, Algatocín, Genalguacil y Jubrique.
- El Valle Bajo, donde tan sólo se encuentran los de Benarrabá y Gaucín.

Los castaños del Valle del Genal se instalan en las vertientes Norte y Noroeste en la parte alta del valle; en la parte media, más expuesta al sol del mediodía, suelen crecer en las cañadas más frescas. Están plantados, o asilvestrados, a una altura comprendida entre 400 y 1000 m y siempre en zonas cuya pluviometría supera los 1000 mm anuales.

Los municipios que cuentan con más cultivos son los de Parauta, Pujerra e Igualeja; formaciones menores se encuentran en los municipios más occidentales. El

clima demasiado suave de la parte baja del Valle no es adecuado para el cultivo de *C. sativa* por lo que los castaños son anecdóticos en Benarrabá.

El cultivo del castaño ocupa unas 3500 ha para una producción de 5000 toneladas de castañas aproximadamente. Existen plantaciones recientes que suelen llevarse a cabo en terrenos con pendientes muy fuertes en las que las prácticas agrarias favorecen la erosión del suelo e impiden la regeneración de especies forestales mediterráneas que también pueblan el valle (*Quercus suber*, *Quercus faginea*, *Quercus ilex*, *Pinus pinaster*).

En cuanto a la geología se puede decir que es poco compleja, el valle está en el punto de contacto de tres placas tectónicas: la africana, la mediterránea y la ibérica. En el Valle Alto existe una gran variedad de suelos, en la parte alta y en la ladera septentrional se yuxtaponen materiales carbonatados, que se encuentran en las cotas más altas y que constituyen una pendiente más fuerte, con esquistos, ambos materiales permiten tener buenas condiciones de cultivo. En el Valle Medio, en la vertiente del Guadiaro se encuentran flysch en las partes más bajas, y calizas en las cimas, mientras que en la vertiente occidental del Genal las calizas se superponen a esquistos. En ambas situaciones las características del suelo permiten implantar cultivos con resultados aceptables. En cuanto a la vertiente oriental, la de Sierra Bermeja, predominan los esquistos y las peridotitas, rocas éstas que limitan la superficie de cultivo.

En cuanto a las precipitaciones, el Valle del Genal es una región húmeda por las influencias que recibe del océano Atlántico y del Mediterráneo, a las que se suma el efecto de la altitud. Las precipitaciones de la cuenca son siempre superiores a 1000 mm anuales. Se aprecia un periodo de sequía estival típico del clima mediterráneo.

De acuerdo a la información facilitada por los propietarios de las fincas se ha caracterizado la zona en base a lo siguiente:

- Fincas de tamaño pequeño a muy pequeño generalmente de superficie menor de una hectárea de propiedad privada familiar.
- Arbolado con la base de castaño autóctono, sobre el que se han injertado otras variedades más productivas. Variedad Pilonga, como principal de la zona.
- Castaños orientados exclusivamente a la producción de fruto.

- Distintos tipos de tratamientos de la vegetación herbácea: desbroce, laboreo y herbicidas.

- Ausencia de estrato arbustivo y regenerado.

### **3.2. Incidencia de daños por fitófagos**

El estudio se lleva a cabo en las dos comarcas más importantes de producción de castaña en Andalucía (Sierra de Aracena en Huelva y Valle del Genal en Málaga).

Se seleccionaron fincas en cada zona con el objetivo de procurar que todo o por lo menos la mayoría de la tipología del área del castañar estuviese englobada. La selección de las fincas se hizo gracias a la colaboración del Centro de Desarrollo Rural (CEDER) de Ronda y de técnicos de las Cooperativas, así como de los propietarios de las fincas en las que desarrollamos el estudio. Las fincas se indican a continuación:

Zona	Termino Municipal	Denominación del sitio	Nº pies/ha (aprox.)
Sierra de Aracena	1. Castaño del Robledo	Las Urraleras	70
	2. Cortegana	Valdegallegos	75
	3. La Nava	Barranco de los Nogales	75
	4. Los Marines	Los Marines	80
Valle del Genal	1. Igualaja	Junta de los Ríos	75
	2. Pujerra	Las Loberas	70
	3. Parauta	Manzanera	65
	4. Jubrique	Los Hoyones	95
	5. Jubrique	Loma Benajarán	90

#### **3.2.1. Método de muestreo**

Durante el año 2007 se llevaron a cabo prospecciones en las fincas seleccionadas, con objeto de recoger muestras de los insectos asociados al castaño y reconocer las especies causantes de daños.

En cada una de las fincas se inspeccionaron árboles tomados al azar en los que se realizaron las observaciones, durante un tiempo mínimo de 10 minutos por árbol, y se recogían muestras de los insectos presentes, tanto adultos como formas inmaduras

(larvas, ninfas y pupas). La recogida se hacía utilizando pinzas, manga o pértiga telescópica y capturando los ejemplares que se encontraban en cualquier órgano del árbol (yemas, hojas, ramas, erizos). Para el caso de los perforadores de ramas y tronco se recogieron muestras del árbol afectado. Los insectos que se observaban asociados a algún tipo de daño en la planta merecieron una especial atención; además de recoger los ejemplares se anotaba la naturaleza y características de sus daños y la gravedad e intensidad de los mismos.

Para el cálculo de las curvas de vuelo de los tortricidos carpófagos, se colocaron trampas tipo Polillero cebadas con la correspondiente feromona sexual comercial y que contenían también una pastilla del insecticida DDVP. En cada finca se colocaron 2 trampas de cada especie, dejando una separación mínima de 50 metros entre trampas para evitar interferencias entre las feromonas. Las trampas se situaban a unos dos metros del suelo en el interior de un castaño en una zona lo más sombreada posible. Cada 30-45 días se renovaban las feromonas y las pastillas de DDVP. La observación de las capturas se hacía semanalmente.

Para evaluar los daños en frutos en las parcelas de estudio, se procedió a la recogida de castañas en diferentes fechas, aproximadamente cada 15 días, a partir del mes de Agosto y hasta la recolección. La toma de muestras consistió en cortar aleatoriamente 25 erizos de cada árbol de un total de 4 árboles por finca. La última recogida se realizó coincidiendo con la caída de la castaña, por lo que las muestras se tomaron del suelo debajo de la copa de cada árbol. Las muestras eran etiquetadas, diferenciando trasladadas en bolsas al laboratorio para proceder a abrir los erizos y determinar sus daños.

### **3.2.2. Métodos para la determinación taxonómica de las especies**

Los ejemplares recogidos fueron llevados al laboratorio. Los adultos se prepararon para si identificaron mediante las técnicas adecuadas para cada grupo de insectos. Las larvas fueron observadas en sus características morfológicas y después mantenidas en cría para su desarrollo hasta adulto con objeto de proceder entonces a su posterior identificación.

La determinación taxonómica de las especies se ha basado en las correspondientes claves taxonómicas de cada uno de los grupos de insectos: Coleópteros (Perrier, 1971 a,b; Portevin, 1935), Dípteros (D'Assis, 1978; Richard y Davies, 1970; Séguy, 1965), Hemípteros (Perrier, 1971c; Remaudiere y Seco Fernandez, 1990), Himenópteros (Berland, 1965; Docavo, 1960 y 1964; Gauld, 1984; Richards, 1980), Lepidópteros (Calle, 1982; Gómez Bustillo y Arroyo Valera, 1981; Horak y Brown, 1991; Réal y Balachowsky, 1966), Ortópteros (Perrier, 1970), Neurópteros (Díaz-Aranda y Monserrat, 1995).

Las larvas de insectos carpófagos, encontradas en las castañas y erizos, eran caracterizadas morfológicamente, de acuerdo con los caracteres señalados en la revisión bibliográfica para cada una de las especies, y una vez obtenidos los adultos, éstos eran identificados mediante las claves taxonómicas y, en el caso de que fueran lepidópteros, se realizaban preparaciones de las genitalias de los machos para su determinación a nivel de especie (Chambon, 1999), siguiendo la metodología descrita por Calle (1982).

### 3.3. Control de *C. splendana* mediante trampeo masivo

Los ensayos de campo se desarrollaron durante los años 2008, 2009 y 2010, con el objetivo de determinar la viabilidad y eficacia de la técnica trampeo masivo con feromona sexual como método de lucha contra *C. splendana*.

#### 3.3.1. Localización y descripción de las parcelas de experimentación

Se seleccionaron cuatro zonas en la Sierra de Aracena (Fotos 1 a 4) y otras cuatro en el Valle del Genal (Fotos 5 a 8), atendiendo al criterio de ser representativas del castañar y abarcar la variabilidad orográfica (pendientes, orientaciones) y de cultivo (técnicas, variedades, edad). En cada una de las zonas se delimitaron cuatro parcelas de experimentación de aproximadamente 25 ha cada una, que se sometieron a tratamiento de trampeo masivo con feromona sexual para el control de *C. splendana*.

##### 3.3.1.1. En la Sierra de Aracena y Picos de Aroche

Las cuatro parcelas de experimentación fueron las siguientes:

###### **Parcela Cortegana**

Superficie: 30 ha.

Localización: Termino Municipal de la Nava.

Nº Propietarios: Uno. No es socio de cooperativa.

Variedades: Pelona del Barranco de los Nogales

Observaciones: presencia de *Quercus* en las proximidades, algunos focos de Tinta (*Ph. cinnamomi*).

###### **Parcela Fuenteheridos**

Superficie: 30 ha.

Localización: Término municipal de Fuenteheridos

Nº Propietarios: dos. Pertenecen a la Cooperativa Castañera Serrana

Variedades: Ancha de Alajar, Comisaria, Helechal.



Observaciones: Daños en pies injertados por ramoneo de ciervos, algún foco de Tinta (*Ph. cinnamomi*).

### **Parcela Jabugo**

Superficie: 30 ha.

Localización: Termino Municipal de Santa Ana la Real, Jabugo y Almonaster la Real.

Nº Propietarios: tres. Socios de la Cooperativa Castañera Serrana.

Varietades: Temprana, Comisaria, Helechal y Ancha de Alajar.

Observaciones: algún foco de Tinta (*Ph. cinnamomi*) y chancro cortical (*C. parasitica*). Daños en pies injertados por ramoneo de ciervos.

### **Parcela Los Marines**

Superficie: 30 ha.

Localización: Términos municipales de Aracena y los Marines. Fincas de buen acceso entrada directa desde N 433

Nº Propietarios: doce. Todos ellos socios de la Cooperativa la Esperanza. Dos terceras parte de la superficie pertenece a dos de los propietarios.

Varietades: Ancha de Alajar, Comisaria, Helechal, Temprana. Árboles envejecidos, tangencia de copas, gran porte.

Observaciones: algún foco de Tinta (*Ph. cinnamomi*), presencia de *Quercus* en las proximidades

### **3.3.1.2. En el Valle del Genal**

En la Serranía de Ronda se seleccionaron 4 parcelas repartidas por los términos municipales de Jubrique y Genalguacil (Valle Medio) y Pujerra y Parauta (Valle Alto). En general, todas ellas cuentan con pendientes pronunciadas, alta densidad de castaños y ejemplares no muy envejecidos:

**Parcela Pujerra**

Superficie: 27,8 ha.

Localización: Termino Municipal de Pujerra.

Nº Propietarios: cuatro.

Variedades: Pilonga.

**Parcela Genalguacil**

Superficie: 36,7 ha.

Localización: Termino Municipal de Genalguacil.

Nº Propietarios: nueve.

Variedades: Rubia Temprana, Pilonga y Gorda tardía.

Observaciones: los castaños en ésta zona suele estar acompañada de rodales de alcornosques y almendros.

**Parcela Parauta**

Superficie: 22,98 ha.

Localización: Termino Municipal de Parauta.

Nº Propietarios: veinte.

Variedades: Pilonga y Tardía colorá.

**Parcela Jubrique**

Superficie: 29,12 ha.

Localización: Termino Municipal de Jubrique.

Nº Propietarios: uno.

Variedades: Temprana, Rubia Pilonga y Tomasa.

Observaciones: los castaños suelen estar acompañadas de otros tipos de cultivos claramente separados como cerezos, almendros y alcornosques.

### 3.3.2. Ensayo de eficacia

#### 3.3.2.1. Parcelas de observación

En cada parcela experimental se delimitan 4 subparcelas contiguas (señaladas con cinta de color en los árboles del borde) a efectos de la posterior toma de muestras y registro de datos, a las que denominamos parcelas de observación.

Como parcela testigo se utiliza una superficie de alrededor de 5 ha situada en las proximidades de cada parcela experimental. En el primer año se guardó una distancia mínima de 500 m entre ambas parcelas.

#### 3.3.2.2. Colocación de las trampas

El tipo de trampa utilizado fue de tipo Polillero Lapisan ® (Foto 9) cebadas con las feromona comercial de *C. splendana* (suministrada por Econex). La elección de esta trampa se hizo principalmente porque permite recoger en buen estado los ejemplares capturados que se pueden ser posteriormente identificados en laboratorio.

Las trampas fueron distribuidas homogéneamente en las parcelas experimentales a razón de 5 trampas/ha; numeradas del 1 al 125 y que se colgaron de una rama a una altura de 2 m aproximadamente (Foto 10), en una situación intermedia bajo la copa del castaño, con la ayuda de una pértiga telescópica terminada en gancho.

En las parcelas testigo se colocaron un máximo de 4 trampas de feromona (0,8 trampas/ha) que nos sirvieron para realizar el seguimiento del vuelo de la especie y estimar la abundancia de adultos en la zona.

La fecha de colocación de las trampas fue durante la primera quincena de julio y se mantuvieron en las parcelas hasta la recolección de la castaña.

### **3.3.2.3. Seguimiento del ensayo**

A partir de la semana siguiente de la colocación de las trampas, y con periodicidad semanal, comenzaron las observaciones y toma de muestras de las capturas de insectos. En cada subparcela se realizó el recuento de capturas que eran vaciadas cada semana, diferenciando parcela, subparcela y árbol.

En el primer año de ensayo (2008), todas las capturas de 5 trampas elegidas al azar de cada subparcela fueron depositadas en botes de plástico, diferenciando entre parcela, subparcela y árbol. Los botes se trasladaron al laboratorio para la posterior determinación taxonómica de los insectos, con objeto de conocer el posible efecto de las trampas sobre la entomofauna presente en el castañar.

Para determinar los daños en las parcelas experimentales y en las del testigo se procedió a la recogida de castañas en diferentes fechas, aproximadamente cada 15 días a partir del mes de Agosto y hasta la recolección. Un último muestreo se realizó recogiendo las castañas del suelo, inmediatamente antes de la cosecha.

Las muestras consistieron en 25 erizos/árbol de 4 árboles elegidos al azar en cada subparcela. Los erizos fueron recogidos aleatoriamente alrededor del árbol. Las muestras se etiquetaron, diferenciando entre parcela, subparcela y árbol, y se trasladaron al laboratorio para proceder a abrir los erizos y determinar el porcentaje de daños y las especies causantes de los mismos. En los casos del muestreo de las castañas del suelo, algunas presentaban los orificios de salida típicos (Foto 30), cuyas características sirvieron como criterio para la identificación de las larvas de los carpófagos, junto al tipo de galería y excrementos de la larva.

### **3.3.3. Factores que influyen en la eficacia del trampeo masivo**

#### **3.3.3.1. Localización de las trampas en las parcelas.**

En el año 2009, todos los castaños en donde se habían colocado las trampas de feromona se caracterizaron de acuerdo a tres factores: altura del árbol, densidad de copa y situación en la parcela. Para ello, se establecieron las siguientes escalas categóricas:

- Escala de alturas: 1) menor de 5 m; 2) entre 5 y 10 metros; 3) más de 10 metros.
- Escala de densidades de copa: 1) baja; 2) intermedia; y 3) alta.
- Escala situación en la parcela: 1) altitud baja; 2) altitud media; 3) altitud alta.

Con objeto de establecer relaciones entre estos factores y los niveles de capturas, los correspondientes valores medios de las variables categóricas de cada parcela se compararon con los datos de capturas de *C. splendana*.

### **3.3.3.2. Tipo de trampa: Polillero y Delta**

En un ensayo específico realizado en 2009, se compararon dos tipos de trampas (Polillero y Delta) (Fotos 9 a 12) colocadas de forma intercalada en el castañar. Se seleccionó para el ensayo subparcelas de 8 ha aproximadamente situadas en cada una de las parcelas de experimentación del valle del Genal (Málaga) y de la de Sierra de Aracena (Huelva). En las subparcelas se colocaron 5 trampas de cada tipo por hectárea. Las fechas de colocación fueron del 16 al 27 de Julio en Málaga y del 20-30 de Julio en Huelva.

A partir de la semana siguiente de la colocación de las trampas, y con una periodicidad semanal se realizó el recuento de capturas de *C. splendana* en cada una de las trampas.

### **3.3.3.3. Presencia de *Quercus* en los bordes de las parcelas**

Debido a la existencia de *Quercus* en algunas de las zonas donde se ubican los castaños, en el año 2010 se realizó un estudio de los niveles de captura en trampas situadas en los bordes de las parcelas de experimentación que lindaban con áreas de encinas y alcornoques. Para ello, se colocaron cuatro trampas tipo polillero cebadas con la feromona sexual de *C. splendana*, dos en *Quercus* y las otras dos en castaños. El ensayo se hizo en Cortegana y Los Marines (Huelva) y en Jubrique y Genalguacil (Málaga).

Las trampas se colocaron en la primera semana de junio y se tomaron periódicamente los datos de capturas hasta mitad de octubre.

#### **3.3.3.4. Comparación de la feromona comercial con preparados experimentales**

En una parcela de 6 ha localizada en Los Marines (Huelva) se compararon, en trampas tipo Polillero, cinco feromonas sexuales de las cuales una fue la comercial usada en los ensayos anteriores y que se usó como testigo (T) y cuatro de nueva síntesis (Referencias A,B,C,D). Estas feromonas experimentales fueron obtenidas por el Dr. Antonio Ortiz Hernández del Laboratorio de Química de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén, a partir de hembras de *C. splendana* procedentes de larvas recogidas en los ensayos del 2009, que fueron mantenidas en el laboratorio hasta su pupación y enviadas al Dr. Ortiz para la síntesis de los componentes feromonales.

La parcela se dividió en cinco franjas de terreno y en cada una de ellas se colocaron, el 12 agosto de 2010, 6 trampas tipo polillero cebadas con la correspondiente feromona. A partir de la semana siguiente de la colocación de las trampas, y con una periodicidad de 10 días, se realizaron las observaciones del número de capturas de *C. splendana* en cada trampa, hasta un total de 5 recuentos que finalizaron el 6 de octubre. Así mismo, se evaluaron los daños mediante el muestreo de erizos siguiendo la metodología ya descrita.

#### **3.3.4. Influencia de la variedad en los niveles de daños**

En 2011 se inició un estudio sobre la influencia de la variedad de fruto en los daños por carpófagos en la Sierra de Aracena (Los Marines, Fuenteheridos y Cortegana) y en el Valle del Genal (Parauta y Benalauría). En estas localidades se disponía de castaños georreferenciados de variedades caracterizadas morfológica y genéticamente por el grupo investigación en Mejora Vegetal del Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba. En Huelva se disponía de las variedades Comisaria (n=4), Helechal (n=4), Planta Alájar (n=6) y Temprana (n=12), mientras que en Málaga las variedades eran Pilonga de Parauta (n=2), Pilonga (n=6), Peluda tardía (n=2) y Tomasa (n=1).

Para determinar los daños en frutos se realizaron muestreos en la copa de cada árbol, tomando aleatoriamente 25 erizos en las distintas orientaciones con la metodología anteriormente descrita. Las muestras eran llevadas al laboratorio para

extraer las castañas y realizar el recuento de daños asociados a los carpófagos. En Huelva el muestreo se realizó el 29 de septiembre y en Málaga el 15 de septiembre.

### **3.3.5. Análisis estadísticos**

Los datos de niveles de capturas y de daños fueron sometidos a análisis de varianza y, en los casos en los que se obtuvieron diferencias significativas, se procedió a la comparación de medias, usando el test LSD (mínima diferencia significativa) protegido de Fisher al nivel de probabilidad del 5%. Los análisis fueron realizados en el programa STATISTIX 8.

## **3.4. Actividad insecticida de *Beauveria bassiana***

### **3.4.1. Procedencia de los aislados**

En este trabajo se han utilizado tres aislados de *B. bassiana* obtenidos a partir de larvas que murieron por infección de este hongo; dos de ellos proceden de larvas de *C. fagiglandana* y *C. elephas* recogidas en dehesas de la provincia de Córdoba en las fincas Viñuela Alta y La Rozuela en el periodo octubre-noviembre de 2002 (Santoyo, 2005). El tercer aislado procede de larvas de *C. splendana* obtenidas en prospecciones de campo en castañares del Valle del Genal (Málaga) en el año 2002.

Además se utilizaron aislados de *B. bassiana* obtenidos de muestras de suelo de dehesa (Molina, 2009) y que forman parte de la Colección de aislados de hongos entomopatógenos del Laboratorio de Entomología Agroforestal.

### **3.4.2. Obtención de cultivos puros**

En primer lugar se preparó medio de cultivo Sabouraud Malta Agar (Cultimed) enriquecido con extracto de levadura al 2% (SMA+Y), ya que este medio favorece la esporulación de los hifomicetos. Para ello se preparó un matraz de 1 litro de agua destilada en el que se añadió y mezcló por agitación el Sabouraud Malta Agar y la levadura, tras lo cual se introdujo en autoclave durante 20 minutos a 121°C.

En cámara de flujo laminar se procedió a llenar placas de Petri con el medio de cultivo, volteándolas cuando se enfriaron, y se conservaron en cámara frigorífica a 4°C.

El cultivo del hongo se realizó tomando directamente un poco del hongo con pinzas finas y colocándolo sobre el medio de cultivo. Las placas se incubaron a 28°C hasta que se produjo la esporulación, momento en el cual se realizó la recolección de las conidias. Para ello se procedió al lavado de las placas con agua destilada estéril a la que se añadió un mojante (Tween 80) al 0,1%. La suspensión se centrifugó durante 15 minutos a 5000 rpm y pasado este tiempo se desechó el sobrenadante y se volvió a añadir agua para repetir el proceso dos veces con objeto de eliminar posibles exotoxinas. El precipitado final se resuspendió en una mínima cantidad de agua destilada estéril, resultando una suspensión acuosa de conidias a la que la llamamos suspensión madre que se conservó en cámara frigorífica a una temperatura de 4°C.

### **3.4.3. Titulación de la suspensión de conidias**

A partir de la suspensión madre, se procedió al conteo de conidias en cámara Neubauer bajo microscopio óptico en campo claro. Para ello, se prepararon diluciones en agua destilada con Tween 80 al 0,1% y mediante una micropipeta se depositó sobre la cámara una gota de 8 µl de la suspensión. Se realizaron los conteos de conidias en 5 campos de la cámara para obtener la concentración de esporas de cada aislado. El número de conidias por ml se calculó utilizando la siguiente fórmula:



$$\text{Concentración (esporas/ml)} = N \times 1/V \times 1/d$$

N = número de conidias por cuadrado

V = volumen de la cámara  $4 \times 10^{-6}$  ml

d = dilución

Las suspensiones madre se conservaron en cámara frigorífica a 4°C.

#### **3.4.4. Método de bioensayo**

Se utilizaron larvas de *C. splendana*, *C. fagiglandana* y *C. elephas* recogidas en prospecciones de campo que fueron mantenidas en condiciones de insectario (T=26±2°C, HR=60±5% y fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad) y alimentadas con trozos de castaña.

Larvas de cuarto estadio de cada especie se individualizaron en cajas de plástico transparente (3 cm de diámetro y 1,5 cm de altura) y sobre cada una de las larvas se depositó, mediante micropipeta (Foto 13), una gota de 8 µl de la suspensión de conidias con mojante al 0,1%. Para cada especie se utilizó una serie de cuatro concentraciones de conidias del inóculo correspondiente, obtenidas por diluciones de 1/10 a partir de la suspensión original, junto a un tratamiento testigo en el cual las larvas se trataron de la misma forma pero sólo con agua y mojante. Se usaron de 25 a 30 larvas por tratamiento y cada bioensayo se repitió dos veces. Después de la inoculación, las larvas se mantuvieron en las condiciones de insectario alimentándolas con trozos de castaña y se realizaron observaciones hasta el cese de la mortalidad larvaria. Las larvas muertas fueron trasferidas a cámara húmeda para favorecer el desarrollo del hongo y confirmar la causa de la muerte por la infección fúngica.

### **3.4.5. Análisis estadísticos**

Los datos de mortalidad larvaria se sometieron a análisis de regresión lineal Probit para estimar las rectas dosis-mortalidad (Finney, 1971). La bondad de los ajustes se determinó con un test  $\chi^2$  al 5% de significación. A partir de las ecuaciones de las rectas se calcularon las correspondientes concentraciones letales medias ( $CL_{50}$ ) con sus respectivos límites fiduciales al 95%. Para la comparación de las rectas de regresión se llevó a cabo un test  $\chi^2$  de paralelismo, que en el caso de no ser significativo permitió realizar una nueva estimación de las rectas con la condición de pendiente común. Todos los análisis se realizaron mediante el Programa POLO (LeOra Software Inc. Berkeley, CA, USA) basado en el modelo de Finney (1971).



# **Resultados**



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Incidencia de fitófagos

En función de la naturaleza del daño que causan, los fitófagos del castaño pueden ser agrupados en: defoliadores, minadores de hoja, perforadores de la madera, chupadores y perforadores del fruto (carpófagos). En las Tablas 4 y 5 se reflejan las especies recogidas en los muestreos realizados en las zonas de estudio durante el año 2007.

**Tabla 4. Fitófagos asociados al castaño en la Sierra de Aracena (Huelva).**

Tipos de daños	Orden	Familia	Especie	Nº muestras
<b>Defoliadores</b>	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Melasoma</i> sp.	1
			<i>Lema</i> sp.	1
			<i>Crioceris</i> sp.	1
			<i>Longitarsus</i> sp.	15
			<i>Phyllotreta</i> sp.	1
			<i>Psylliodes</i> sp.	1
		Curculionidae	<i>Apion</i> sp.	15
			<i>Brachyderes</i> sp.	2
			<i>Cneorrhinus dispar</i> Graells	25
			<i>Cneorrhinus hispanus</i> Herbst	28
			<i>Sitona</i> sp.	1
			<i>Lixus</i> sp.	1
	Lepidoptera	Lymantriidae	<i>Lymantria dispar</i> Linnaeus	41
			<i>Phalera bucephala</i> Linnaeus	6
		Notodontidae	<i>Phalera bucephala</i> Linnaeus	6
			<i>Phalera bucephala</i> Linnaeus	6
<b>Minadores</b>	Lepidoptera	Gracillariidae	<i>Litocolletis</i> sp.	101
<b>Carpófagos</b>	Coleoptera	Curculionidae	<i>Curculio elephas</i> Gyll.	13
	Lepidoptera	Tortricidae	<i>Cydia splendana</i> Hubner	305
<b>Chupadores</b>	Hemiptera	Aphididae	<i>Lachnus roboris</i> Linnaeus	19
			<i>Myzocallis castanicola</i> Baker	14
		Pentatomidae	<i>Asopus</i> sp.	4
			<i>Eurydema ornatum</i> Linnaeus	2
		Scutelleridae	<i>Eurygaster maura</i> Linnaeus	2
			<i>Graphosoma lineatum</i> Laporte	1
<b>Perforadores</b>	Lepidoptera	Cossidae	<i>Zeuzera pyrina</i> L.	1

Tabla 5. Fitófagos asociados al castaño en el Valle del Genal (Málaga).

Tipos de daños	Orden	Familia	Especie	Nº muestras
<b>Defoliadores</b>	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Clytra</i> sp.	20
			<i>Lema</i> sp.	1
			<i>Orsodacne</i> sp.	1
		Coccinelidae	<i>Subcoccinella</i> sp.	1
			<i>Epilachna</i> sp.	1
		Curculionidae	<i>Cneorrhinus</i> sp.	5
	<i>Acalles</i> sp.		5	
	Lepidoptera	Geometridae	<i>Enomos</i> sp.	4
		Lymantriidae	<i>Lymantria dispar</i> Linnaeus	2
		Noctuidae	<i>Catocala</i> sp.	3
			<i>Dysgonia algira</i>	2
		Oecophoridae	<i>Dasycera</i> sp.	1
	Sphingidae	<i>Mimas</i> sp.	1	
Orthoptera	Tettigoniidae	No identificado	9	
<b>Minadores</b>	Lepidoptera	Gracillariidae	<i>Lithocolletis</i> sp.	243
		Nepticulidae	<i>Nepticula</i> sp.	15
		Tischeriidae	<i>Tischeria</i> sp.	25
<b>Chupadores</b>	Hemiptera	Aphididae	<i>Alyrthosiphon</i> sp.	2
			No identificado	2
			<i>Amphorophora</i> sp.	1
			<i>Chaetosiphon</i> sp.	1
			<i>Forda</i> sp.	1
			<i>Lachnus roboris</i>	109
			<i>Myzocallis castanicola</i>	79
			<i>Myzus</i> sp.	3
			<i>Rhodobium</i> sp.	1
		Aphrophoridae	<i>Bursinia</i> sp.	6
			<i>Philaenus</i>	1
		Capsidae	<i>Capsus</i> sp.	1
		Cicadellidae	<i>Cicadula</i> sp.	5
		Dictyopharidae	<i>Eiptera</i> sp.	2
		Scutelleridae	<i>Graphosoma</i> sp.	1
		Coccidae	<i>Kermococcus</i> sp.	3
			<i>Pulvinaria</i> sp.	1
			<i>Lecanium</i> sp.	3
		Pentatomidae	<i>Palomena</i> sp.	8
		Coreidae	<i>Theraphia</i> sp.	1
<i>Verlusia</i> sp.	3			
<b>Carpófagos</b>	Coleoptera	Curculionidae	<i>Curculio elephas</i>	26
	Lepidoptera	Tortricidae	<i>Cydia splendana</i>	766
			<i>Cydia fagiglandana</i>	3
			<i>Pammene fasciana</i>	16
<b>Perforadores</b>	Coleoptera	Cerambycidae	<i>Grammoptera</i> sp.	6
			<i>Stenidea</i> sp.	1
			<i>Leptidea</i> sp.	1
		Buprestidae	<i>Coroebus</i> sp.	1

En la Tabla 6 se indican las especies de fitófagos más importantes, seleccionadas por la mayor frecuencia, distribución y gravedad de sus daños, resultado de las prospecciones realizadas en las masas de castaños.

**Tabla 6. Principales fitófagos del castaño en las zonas de estudio**

Tipo de daños	Orden	Familia	Especie
DEFOLIADORES	Lepidoptera	Lymantriidae	<i>Lymantria dispar</i>
	Coleoptera	Curculionidae	<i>Cneorrhynus spp.</i>
MINADORES	Lepidoptera	Lithocolletidae	<i>Lithocolletis sp.</i>
CHUPADORES	Hemiptera	Aphidae	<i>Lachnus roboris</i>
			<i>Mizocallis castanicola</i>
PERFORADORES DE FRUTOS	Coleoptera	Curculionidae	<i>Curculio elephas</i>
	Lepidoptera	Tortricidae	<i>Cydia splendana</i>
			<i>Cydia fagiglandana</i>
			<i>Pammene fasciana</i>

#### 4.1.1. Defoliadores

Las especie más frecuente es el lepidóptero *Lymantria dispar* (Fotos 14 y 15), al que acompañan a veces algunos noctuidos (*Catocala spp*) y geométridos (*Enomos spp.*). Se han encontrado también dos especies de la Familia Curculionidae cuyos adultos se alimentan de las hojas de castaño durante los meses de abril y mayo. Estas especies han sido identificadas como *Cneorrhinus dispar* Graells y *Cneorrhinus hispanicus* (Herbst). *C. dispar*, que suele ser el más abundante, posee una sola generación al año, apareciendo los adultos desde el mes de Abril a Junio. En estado de larva se alimenta de las plantas herbáceas próximas a los árboles y ya, en estado adulto, causa daños en las yemas de los castaños y posteriormente de las hojas. *C. hispanicus* es similar al anterior en su aspecto y costumbres, variando la coloración de los adultos, pues mientras *C. dispar* es de tonalidad grisácea con escamación salmón, sobre todo en los laterales de los élitros, *C. hispanicus* es de color negro con pequeñas escamas puntuales sobre los élitros de color salmón brillante.



#### 4.1.2. Minadores de hoja.

Dentro de los ataques a hojas nos encontramos con las especies minadoras. Estos insectos, en estado de larva, se alimentan del parénquima foliar entre las dos epidermis en donde realizan sus mudas larvarias y la pupación. El daño en general es de escasa importancia, pudiendo observarse entre los nervios manchas más o menos circulares de aspecto verde claro en principio que posteriormente toman un aspecto apergaminado cuando se ha producido la emergencia del adulto. Se trata, pues, de fitófagos de importancia secundaria. Se ha encontrado varios tipos de galerías causadas por microlepidópteros; las más frecuentes se ven como manchas más o menos ovales de aspecto verde claro en principio y posteriormente apergaminado (Fotos 16 y 17) que corresponden a las galerías típicas del género *Lithocolletis*. Otros géneros encontrados han sido *Nepticula* (Foto 18) y *Tischeria* (Foto 19).

#### 4.1.3. Chupadores.

En las masas de castaño estudiadas se han encontrado dos homópteros de la Superfamilia Aphidoidea: el pulgón negro *Lachnus roboris* L. (Fotos 20 y 21) y el pulgón amarillo *Myzocallis castanicola* Baker. Su frecuencia y distribución es bastante amplia, encontrándose en todas las fincas en estudio de la Sierra de Aracena y del Valle del Genal. En todas las zonas donde han sido detectados los árboles presentaban un desarrollo normal, sin más síntomas de su ataque que su propia presencia.

#### 4.1.4. Perforadores del fruto.

Entre las especies perforadoras del fruto, se han identificado cuatro especies carpófagas cuyas larvas se alimentan en el interior de la castaña durante todo su desarrollo larvario. Estas especies son: los lepidópteros tortricidos *C. splendana* (Fotos 22 y 23), *C. fagiglandana* (Fotos 24 y 25) y *P. fasciana* (Fotos 26 y 27) y el coleóptero curculiónido *C. elephas* (Fotos 28 y 29). La mayor parte de los daños fueron causados por *C. splendana* y en una proporción mucho más baja por el curculiónido *C. elephas*.

Las otras dos especies de tortrícidos, a pesar de que fueron capturados un número abundante de machos en las trampas de feromonas, apenas se detectaron larvas en el interior de las castañas muestreadas.

#### **4.1.4.1. Incidencia de los carpófagos en la Sierra de Aracena**

El estudio de las distintas curvas de vuelo de *C. splendana* (Figura 6), *C. fagiglandana* (Figura 7) y *P. fasciana* (Figura 8) no mostró predominio de ninguna de las especies sobre las demás en el conjunto de las parcelas estudiadas. En cuanto a la variación existente entre las distintas fincas de estudio se observa una importante variabilidad, relacionada probablemente por las características de orientación, estructura del arbolado o variedades, entre otras.

Por lo que se refiere a la variación del número de capturas por fecha de recogida, se aprecian diferencias entre *C. fagiglandana*, con un máximo de vuelo del 22/8 al 5/9 y para *P. fasciana*, entre el 25/7 y el 22/8. Probablemente parte de la actividad de vuelo de esta última especie no ha sido detectada en nuestros resultados debido a la precocidad de esta especie.

El porcentaje medio de daños en árbol en el conjunto de las parcelas estudiadas alcanzó casi el 10 % de las castañas, lo que puede considerarse un nivel relativamente alto. Entre las cuatro fincas estudiadas se apreció diferencias importantes en los niveles de daños (Figura 9), en dos de ellas los daños fueron bastante altos (20 %) mientras en las otras dos fueron muy bajos. En las fincas de mayor incidencia de daños en árbol se observa claramente el aumento de los daños con el tiempo, lo que indica un período prolongado de puesta debido a la emergencia escalonada de los adultos.

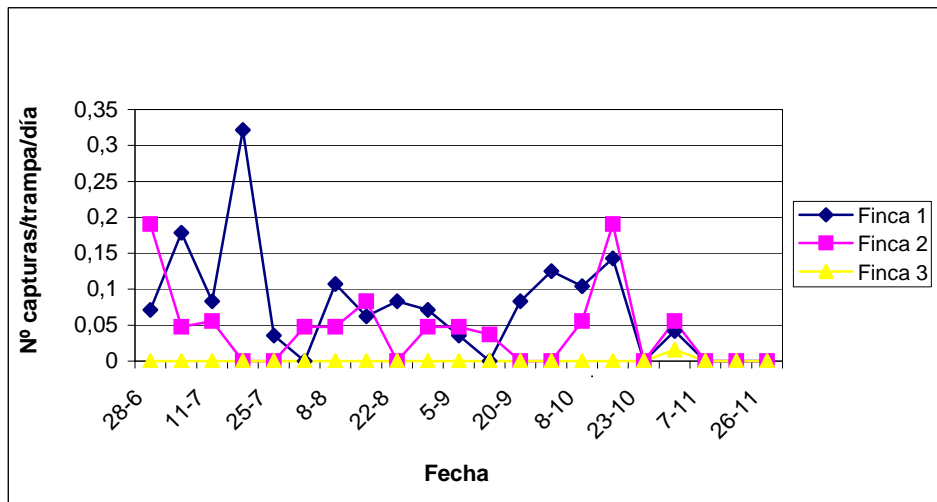


Figura 6. Curvas de vuelo de *Cydia splendana* en tres fincas de la Sierra de Arcena (Huelva).

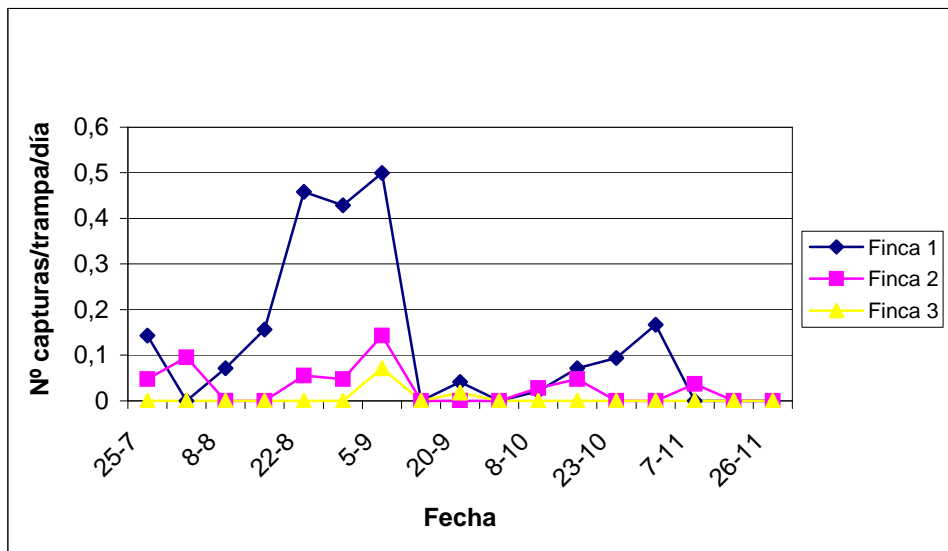


Figura 7. Curvas de vuelo de *Cydia fagiglandana* en tres fincas de la Sierra de Arcena (Huelva).

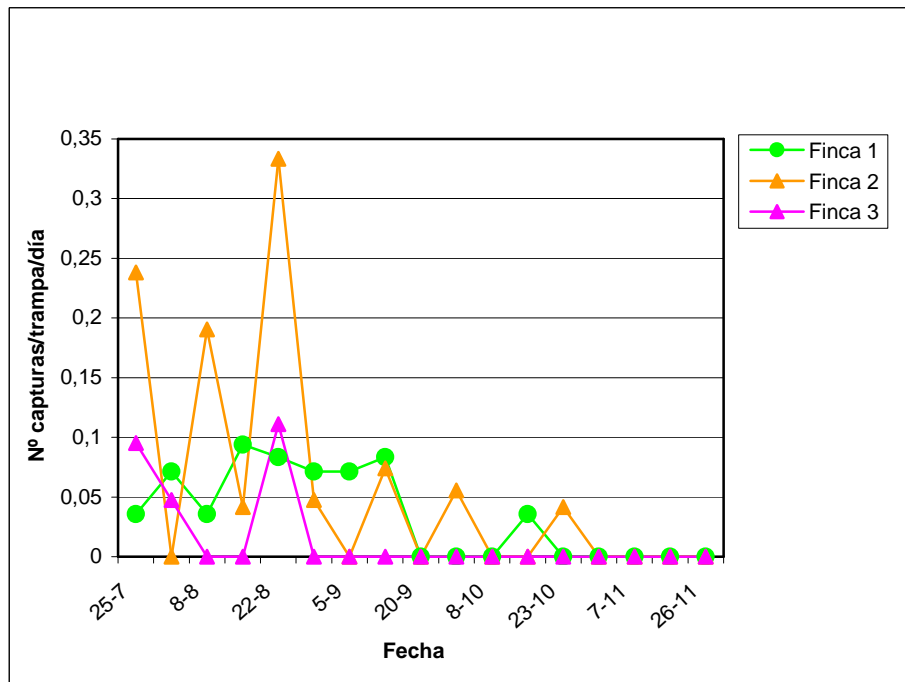


Figura 8. Curvas de vuelo de *Pammene fasciana* en tres fincas de la Sierra de Aracena (Huelva).

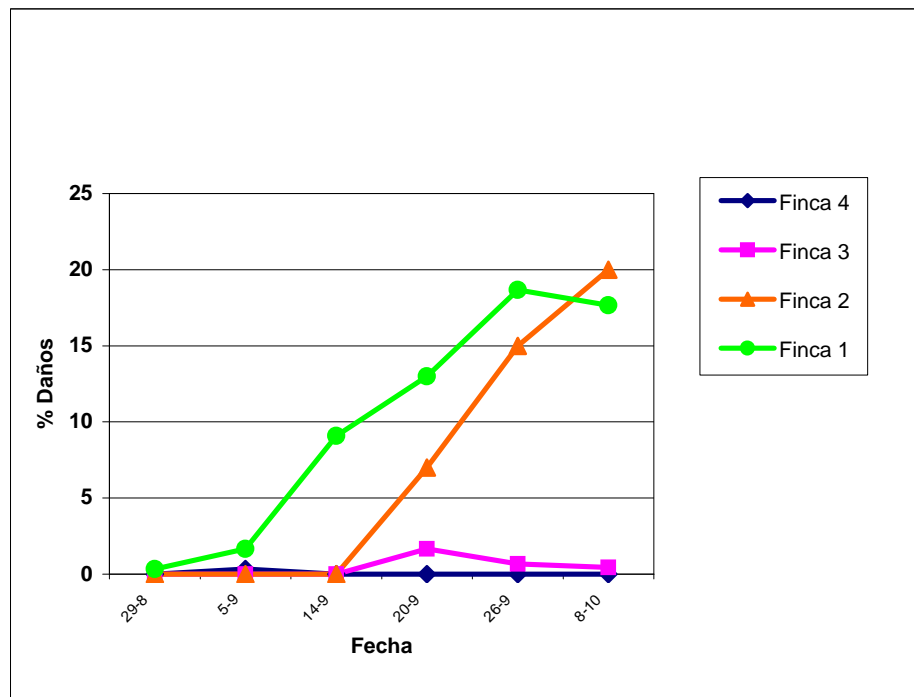
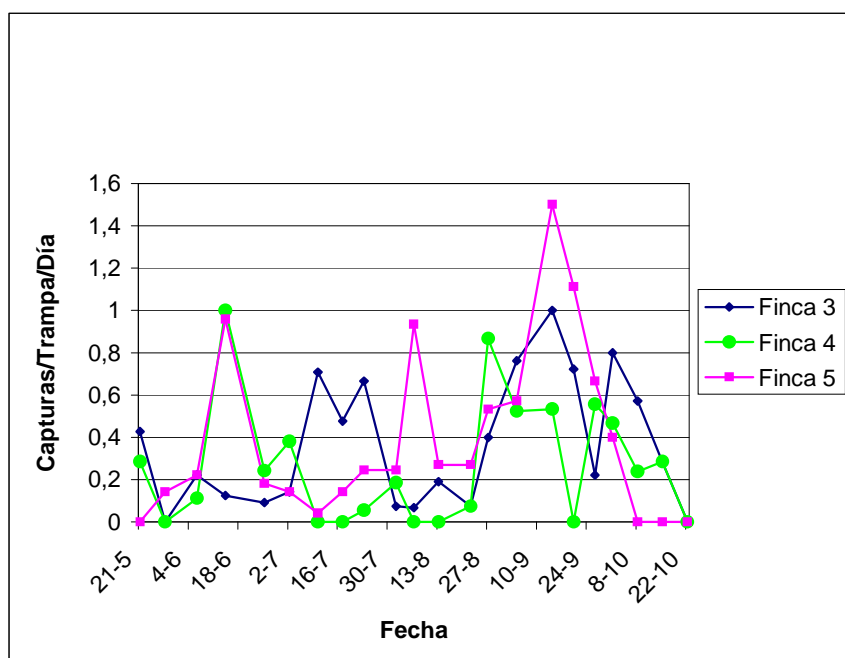


Figura 9. Porcentajes de daños por *Cydia splendana* en diferentes fincas de la Sierra de Aracena (Huelva).

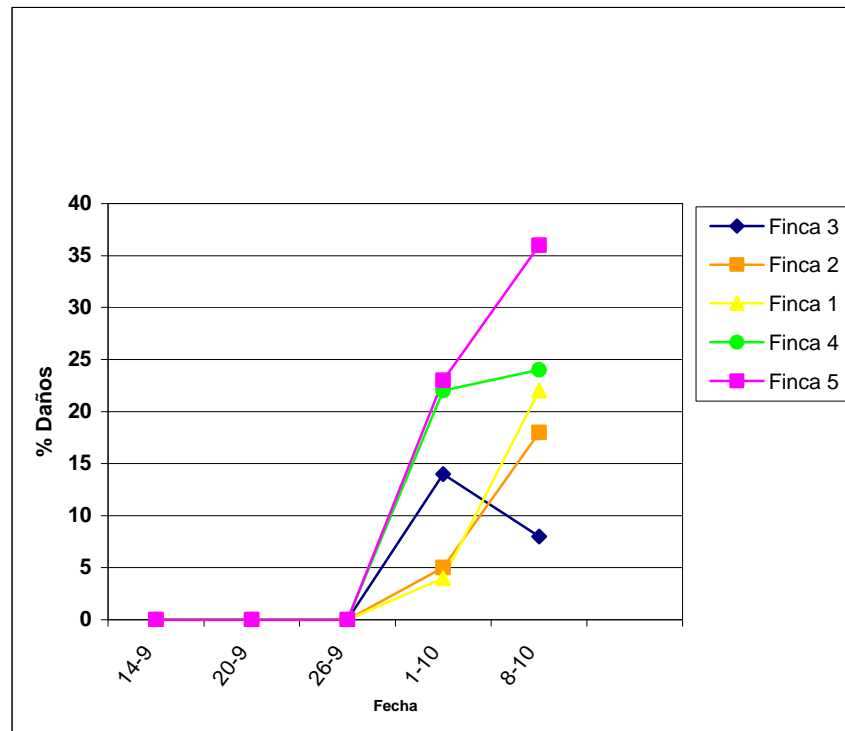
#### 4.1.4.2. Incidencia de los carpófagos en el Valle del Genal (Málaga)

Las capturas de adultos en trampas de feromona sexual en las fincas del Valle del Genal, siguió una pauta diferente según la finca y la especie de tortricido, tanto en cantidad de capturas como en la distribución de las mismas a lo largo del tiempo. En cuanto a los máximos de vuelo, se ha observado que en el caso de *C. fagiglandana* las capturas se han producido uniformemente a lo largo del tiempo, mientras que en *C. splendana* (Figura 10) y *P. fasciana* se ha obtenido máximos de vuelo, que para la primera de estas especies estuvo entre el 27/08 al 20/09, mientras que para la segunda entre el 27/05 al 28/05. Con esto comprobamos que los periodos de actividad de estas especies están escalonados en el tiempo, siendo más temprana la especie *P. fasciana* y la más tardía *C. splendana*.

Para el conjunto de las parcelas estudiadas el porcentaje medio de daños llega a ser el 22,6 %, existiendo una parcela (Figura 11) en donde se alcanzan porcentajes del 42%, lo cual son porcentajes muy altos ya que se llega a casi la mitad de la cosecha dañada, con una pérdida de calidad considerable.



**Figura 10. Curvas de vuelo de *C. splendana* en fincas del Valle del Genal (Málaga).**



**Figura 11.** Nivel de daños causado por *C. splendana* en fincas representativas de los castañares del Valle del Genal (Málaga).

## **4.2. Control de *C. splendana* mediante trampeo masivo**

Los estudios de la eficacia del trampeo masivo corresponden a los ensayos de realizados durante los años 2008 y 2009, siguiendo la metodología que se indica en el apartado de Material y Métodos. Los resultados se presentan separadamente para cada uno de los años.

### **4.2.1. Eficacia en 2008.**

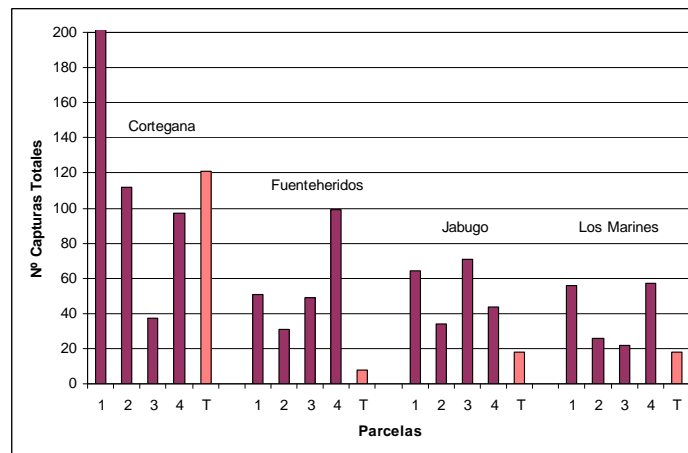
#### **4.2.1.1. Niveles y evolución de capturas**

En la Sierra de Aracena, las capturas durante la campaña en las trampas de feromona oscilaron entre 0 a 43 capturas/trampa. La observación de los datos de cada parcela muestra grandes diferencias entre trampas, destacando la existencia de una proporción relativamente alta de trampas sin capturas, concretamente 47 de 118 en Cortegana, 36 de 125 en Fuenteheridos, 51 de 124 en Jabugo y 59 de 125 en Los Marines.

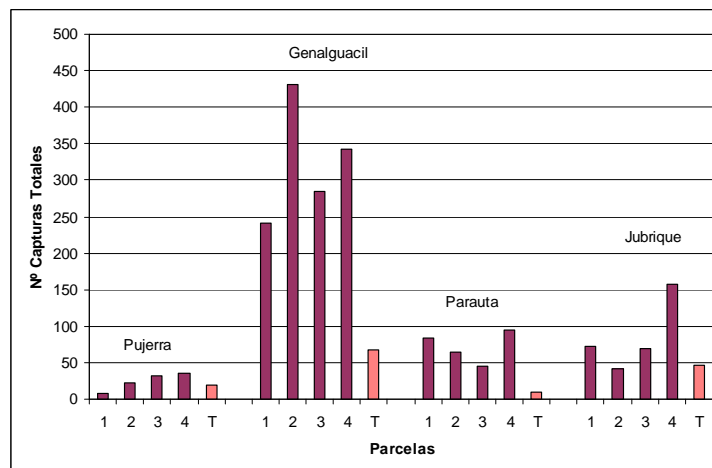
La comparación de número de capturas totales entre parcelas se refleja en la Figura 12, en donde se observa que el mayor nivel de capturas correspondió a Cortegana y que el número de capturas en las parcelas con trampeo masivo fueron siempre mayores que en el testigo (entre 2 y 6 veces en capturas/ha, según la zona). Cabe reseñar que capturas en la parcelas Testigo de Fuenteheridos fueron las más bajas.

En Málaga, los niveles de capturas totales oscilaron entre 0 y 98 capturas/trampa. Los datos entre trampas muestran también grandes diferencias y con alta proporción de trampas sin ninguna captura, 57 de 111 en Pujerra, 13 de 122 en Genalguacil, 45 de 122 en Parauta y 40 de 121 en Jubrique.

En cuanto a las capturas totales en las parcelas de Málaga (Figura 13), los mayores valores corresponden a las parcelas de Genalguacil. Por otro lado, las capturas en las parcelas con trampeo masivo fueron siempre mayores que los del testigo (entre 2 y 5 veces en capturas/ha, según zona).



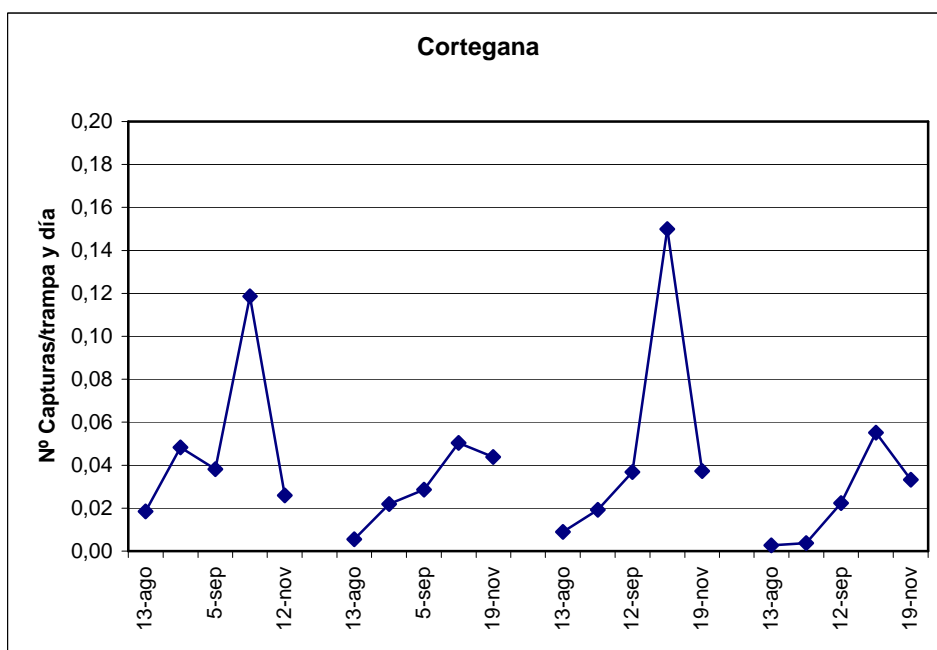
**Figura 12.** Niveles totales de capturas de *Cydia splendana* en las trampas de feromona de la Sierra de Aracena (Huelva) situadas en las parcelas experimentales (subparcelas 1 a 4) y la pacerla testigo (T) en el 2008.



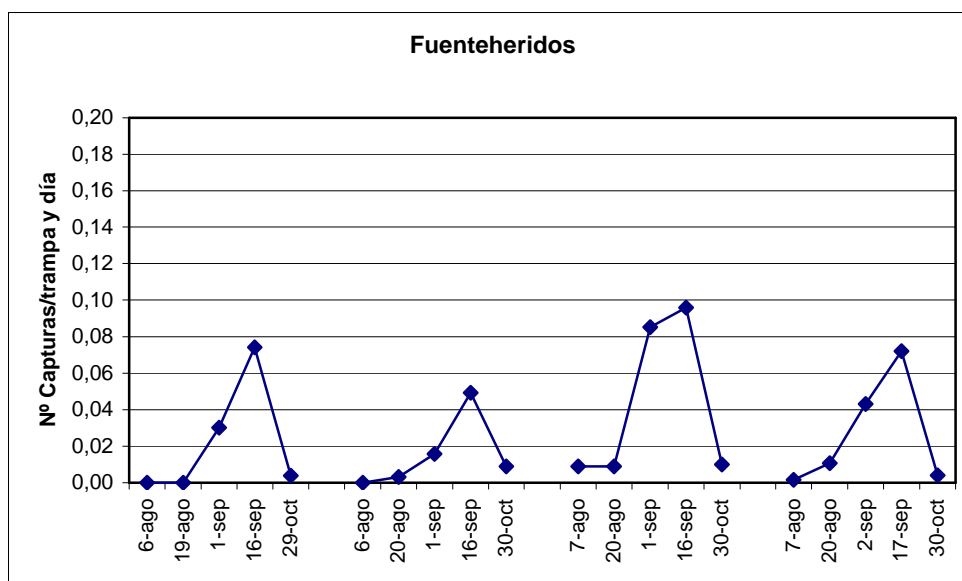
**Figura 13.** Niveles totales de capturas de *Cydia splendana* en las trampas de feromona del valle del Genal (Málaga) situadas en las parcelas experimentales (subparcelas 1 a 4) y la pacerla testigo (T) en el 2008.



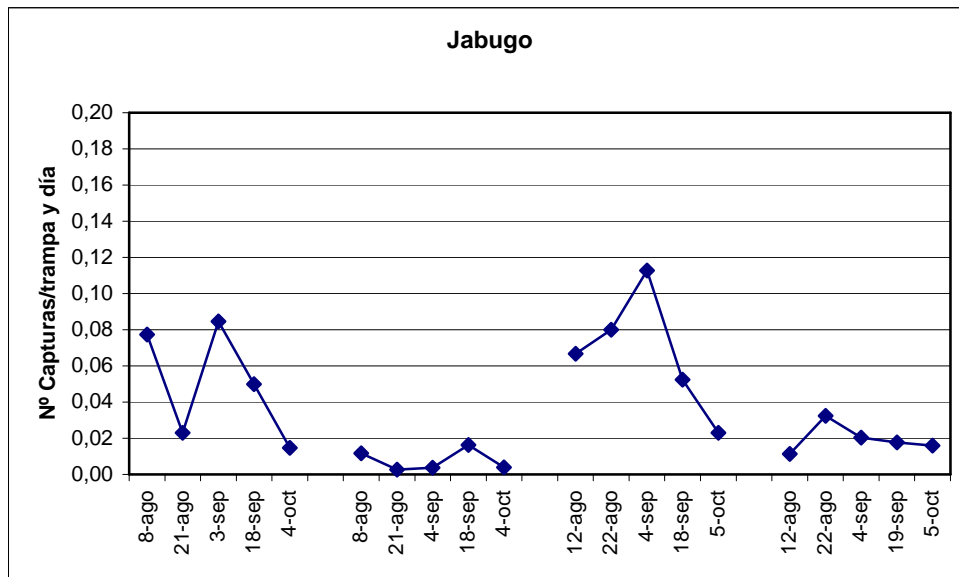
En las figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 se reflejan para cada zona los valores de capturas en cada fecha de observación. Aunque la evolución de capturas difiere entre localidades, en las parcelas de Huelva los máximos de capturas en general se producen entre mitad y final de septiembre, mientras que en Málaga se puede apreciar un adelanto, con valores máximos situados entre segunda mitad de agosto y primera semana de septiembre.



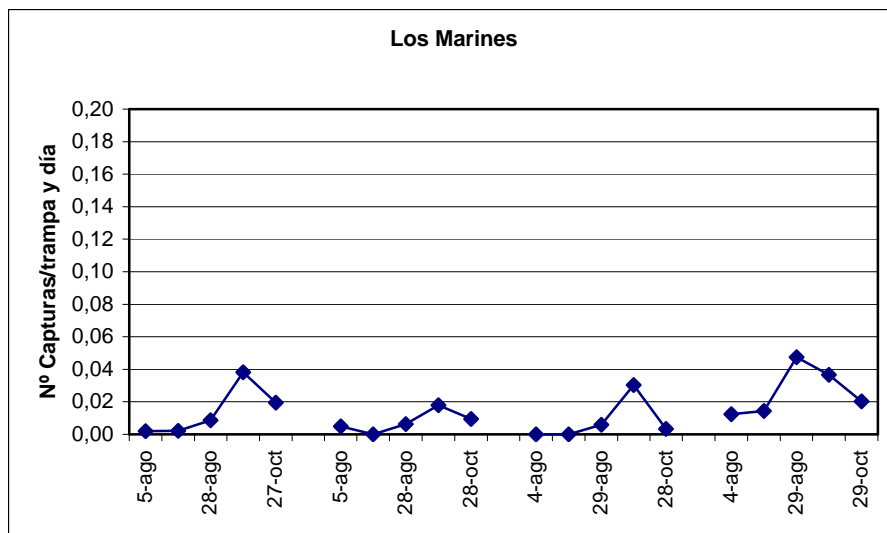
**Figura 14. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Cortegana (Huelva) en el 2008.**



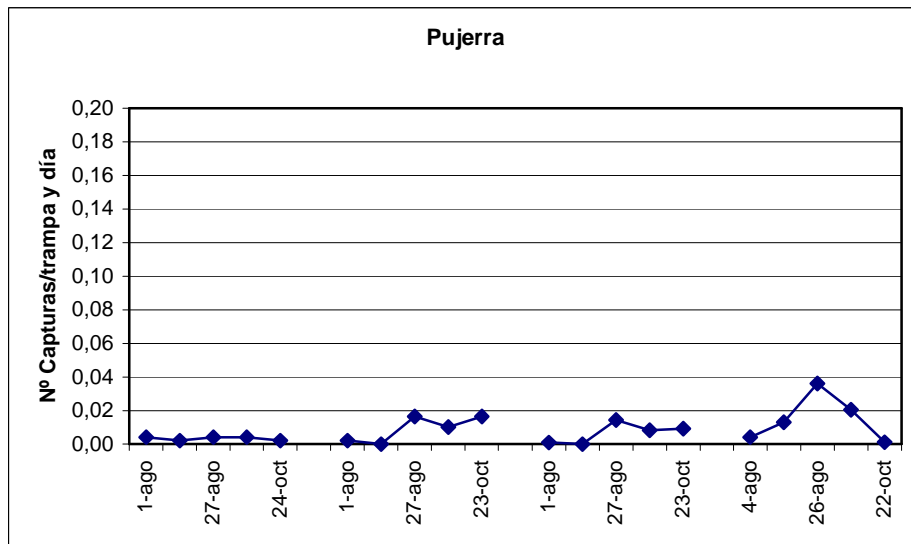
**Figura 15. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Fuentehieridos (Huelva) en el 2008.**



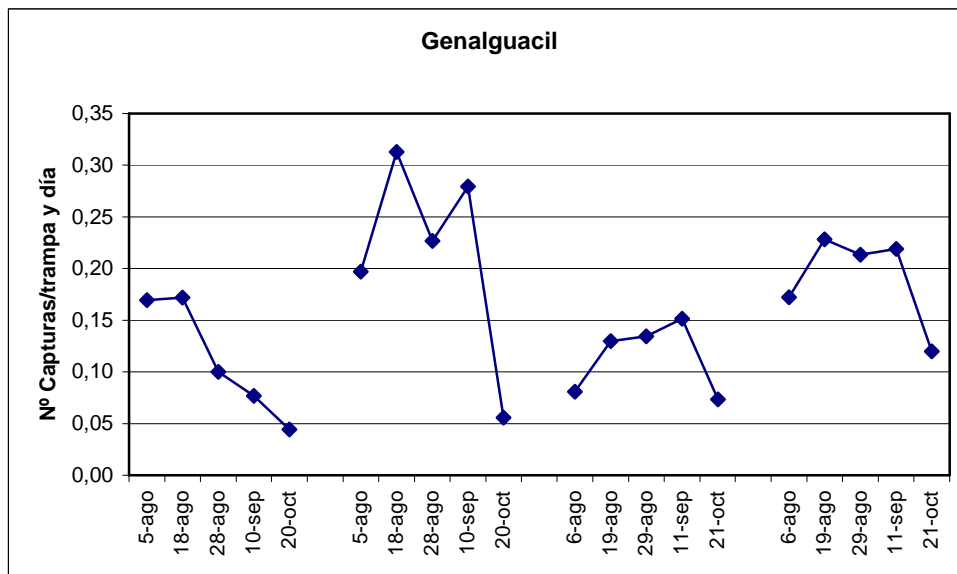
**Figura 16. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Jabugo (Huelva) en el 2008.**



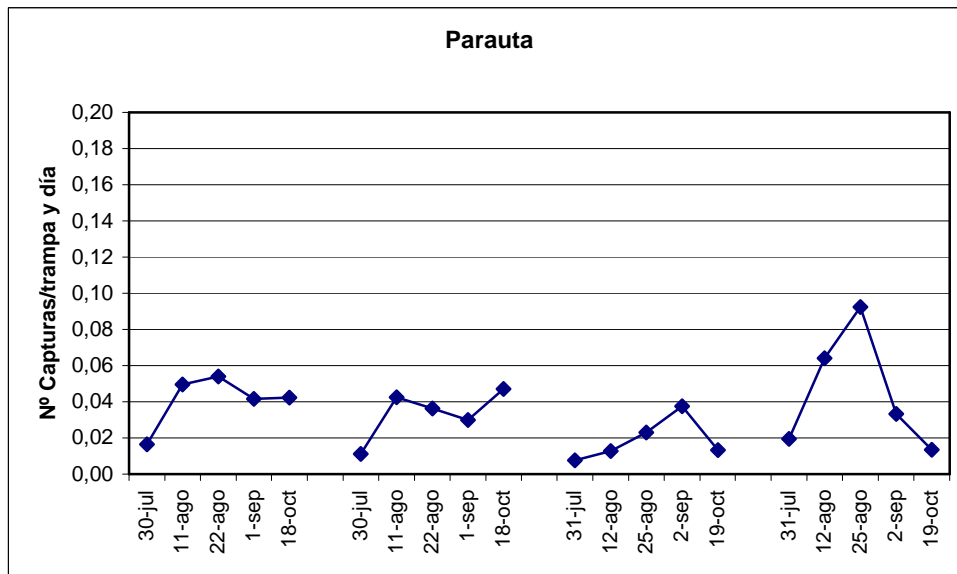
**Figura 17. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Los Marines (Huelva) en el 2008.**



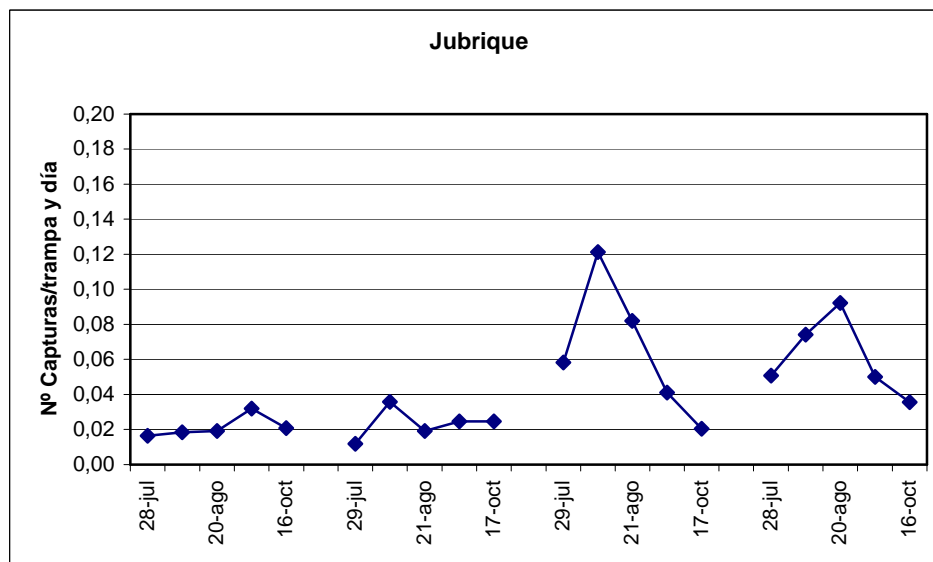
**Figura 18. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Pujerra (Málaga) en el 2008.**



**Figura 19. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Genalguacil (Málaga) en el 2008.**



**Figura 20. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Parauta (Málaga) en el 2008.**



**Figura 21. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Jubrique (Málaga) en el 2008.**

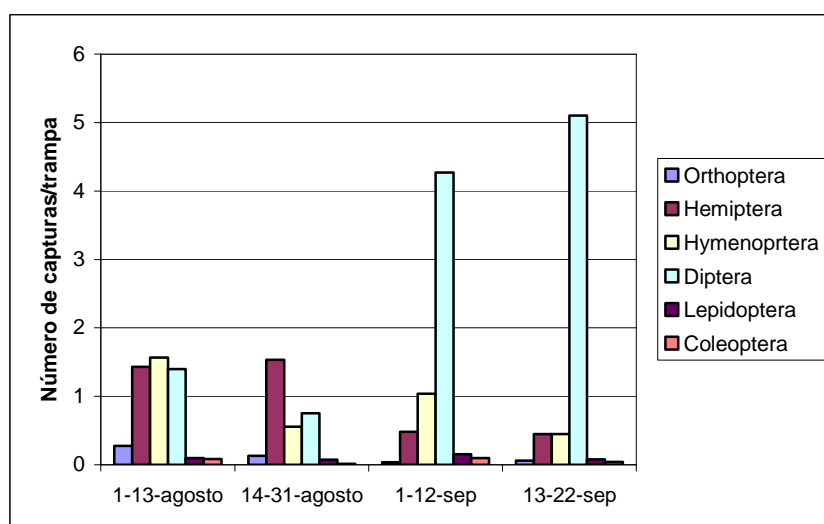
#### 4.2.1.2. Capturas de otros insectos en las trampas de feromona

En la tabla 7 se reflejan las capturas en las trampas de feromona colocadas para el trapeo masivo durante el periodo del ensayo en campo en la Sierra de Aracena. El mayor número de ejemplares capturados pertenecían al orden Diptera con un nivel medio de 2,5 capturas/trampa, seguidos de Hymenoptera y Hemiptera con valores próximos a 1 captura/trama, y con valores mucho más bajos se situaron Orthoptera, Lepidoptera y Coleoptera, entre otros grupos.

**Tabla 7. Número y nivel de capturas de otros insectos en las trampas con feromona sexual de *C. splendana* en Sierra de Aracena.**

FECHA	Nº trampas	Ort.	Hem.	Hym.	Dip.	Lep.	Col.	Otros
1-13-agosto	83	23	119	130	116	8	7	2
14-26-agosto	77	10	118	43	58	6	1	9
29-12-sep	52	2	25	54	222	8	5	7
13-22-sep	49	3	22	22	250	4	2	6
<b>TOTAL</b>	<b>261</b>	<b>38</b>	<b>284</b>	<b>249</b>	<b>646</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>24</b>
Capt/trampa		0,145	1,058	0,954	2,475	0,099	0,057	0,092

Si se observan los niveles de capturas en función de las fechas de recogida (Figura 22), se puede apreciar que en agosto predominan las capturas de hemípteros, que el mayor número de capturas de himenópteros se da en la primera quincena de agosto y, finalmente, que la mayoría de los dípteros son capturados en el mes de septiembre.



**Figura 22. Nivel de capturas de otros insectos en las trampas con feromona sexual de *C. splendana* en Sierra de Aracena.**

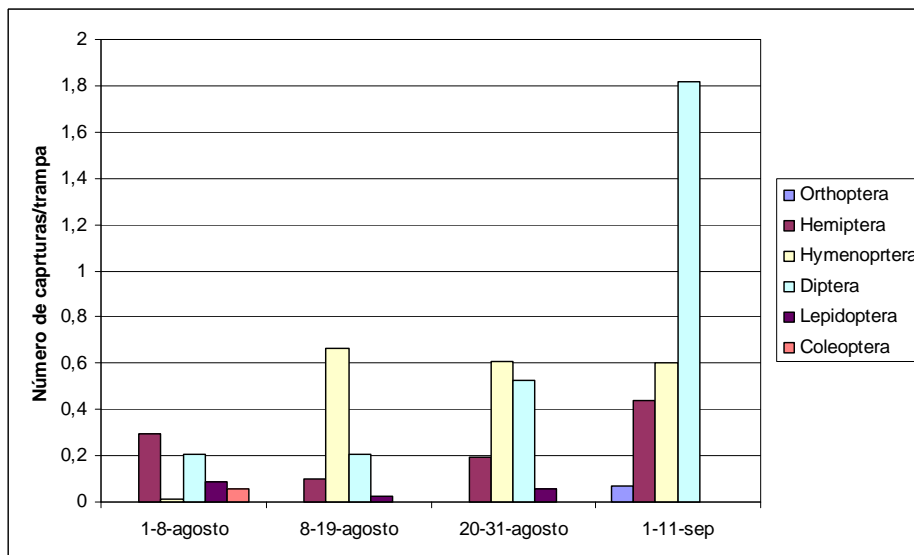
En la tabla 8 se reflejan las capturas en las trampas de feromona colocadas para el trampeo masivo durante el periodo del ensayo en campo en el Valle del Genal. El mayor número de ejemplares capturados pertenecían también al orden Díptera con un nivel medio de 0,8 capturas/trampa, seguidos de Himenóptera y Hemíptera con valores próximos de 0,5 y 0,2 capturas/trampa, respectivamente. Con valores mucho más bajos se situaron Orthoptera, Lepidoptera y Coleoptera, entre otros grupos.

**Tabla 8. Número y nivel de capturas de otros insectos en las trampas con feromona sexual de *C. splendana* en el valle del Genal.**

FECHA	Nº trampas	Ort.	Hem.	Hym.	Dip.	Lep.	Col.	Otros
1-8-agosto	34	0	10	18	7	3	2	5
8-19-agosto	39	0	4	26	8	1	0	2
20-29-agosto	36	0	7	22	19	2	0	1
1-11-sep	55	4	24	33	100	0	0	6
TOTAL	164	4	35	81	134	6	2	14
Capt/trampa		0,024	0,213	0,493	0,817	0,036	0,012	0,085

Si se observan los niveles de capturas en función de las fechas de recogida (Figura 23), se puede apreciar que las capturas de himenópteros se inician en la primera semana de agosto para, a partir de la segunda semana, mantener unos niveles

relativamente constantes hasta el final del periodo de capturas y, finalmente, que la mayoría de los dípteros son capturados en la última semana de agosto y en el mes de septiembre.



**Figura 23. Nivel de capturas de otros insectos en las trampas con feromona sexual de *C. splendana* en el Valle del Genal.**

#### 4.2.1.3. Niveles de daños

La casi totalidad de los daños en las castañas fueron causados por las larvas de *C. splendana*, causando porcentajes de daños creciente durante el periodo de muestreo. La presencia de otras especies perforadoras de la castaña, particularmente *C. elephas* solo ocurrió en la segunda y tercera recogida en Jabugo (Huelva), ofreciendo cifras de incidencia del 1,75% y 12,5% del total de castañas muestreadas, respectivamente. Así mismo, sólo se detectó una larva de *C. fagiglandana* en Pujerra (Málaga).

Los daños por *C. splendana* observados en las parcelas de Huelva en los tres muestreos realizados en cada zona se reflejan en la Tabla 9. Los porcentajes finales de daños oscilaron entre 4,71% y 55,89% de las distintas subparcelas. La zona de menor ataque fue Cortegana que alcanzó un valor final del 7,28%, mientras que en las demás zonas los valores en la última recogida estuvieron alrededor del 40%. Casi sin excepción, las parcelas del testigo tuvieron todas ellas mayores daños que las tratadas, siendo esta diferencia significativa en Cortegana en las tres fechas evaluadas. En Jabugo

la reducción fue significativa en las dos primeras fechas, en Fuenteheridos sólo en la primera y en Los Marines no hubo diferencias.

**Tabla 9. Porcentajes de frutos dañados por larvas de *C. splendana* en los muestreos realizados en la Sierra de Aracena durante 2008.**

Parcela	15-30 Sept (árbol)			1 - 15 Octubre (árbol)			15 -30 Octubre (suelo)		
	Sub parcela	Media	Testigo	Sub parcela	Media	Testigo	Sub parcela	Media	Testigo
Cortegana	1,72	<b>2,29*</b>	<b>6,32</b>	1,67	<b>3,99*</b>	<b>26,99</b>	6,33	<b>7,28*</b>	<b>22,17</b>
	1,79			2,47			4,71		
	2,68			6,42			7,28		
	2,97			5,41			10,77		
Fuente heridos	22,15	<b>19,43*</b>	<b>29,05</b>	36,71	<b>37,52</b>	<b>39,07</b>	35,09	<b>39,27</b>	<b>42,25</b>
	21,88			43,26			55,89		
	20,64			34,16			19,52		
	13,04			35,94			46,58		
Jabugo	8,79	<b>26,92*</b>	<b>47,53</b>	24,83	<b>24,41*</b>	<b>46,81</b>	38,25	<b>41,87</b>	<b>48,53</b>
	25,98			26,14			54,51		
	27,53			18,00			36,93		
	45,39			28,67			37,78		
Los Marines	9,77	<b>14,46</b>	<b>5,66</b>	20,49	<b>17,72</b>	<b>19,56</b>	37,85	<b>41,34</b>	<b>53,81</b>
	12,24			8,54			40,66		
	19,50			21,53			47,33		
	16,32			20,34			39,52		

\* Indica diferencias significativas al 95% respecto del testigo

En la Tabla 10 se indican los niveles de daños en los tres muestreos realizados en cada parcela de Málaga. Los porcentajes finales de castañas afectadas oscilaron entre 1,41% y 29,96% entre las distintas subparcelas. La mayor incidencia de daños se dio en Genalguacil, pero con valores no excesivamente altos (20,7% al final de la campaña), mientras que en las otras tres zonas el porcentaje medio no superó el 7% de las castañas. Los valores de incidencia en las parcelas testigo fueron similares a los obtenidos en las tratadas sin que se encontraran diferencias significativas.



**Tabla 10. Porcentajes de frutos dañados por larvas de *C. splendana* en los muestreos realizados en el valle del Genal durante 2008.**

Parcela	15-25 Sept (árbol)			25 Sept – 5 Oct (árbol)			5-15 Octubre (suelo)		
	Sub parcela	Media	Testigo	Sub parcela	Media	Testigo	Sub parcela	Media	Testigo
Pujerra	6,40	<b>3,44</b>	<b>0,00</b>	3,63	<b>2,83</b>	<b>0,97</b>	3,08	<b>6,90</b>	<b>3,08</b>
	2,52			4,96			5,90		
	4,50			1,41			10,18		
	0,36			1,31			8,42		
Genalguacil	0,42	<b>2,55</b>	<b>0,00</b>	7,24	<b>8,61</b>	<b>0,00</b>	29,96	<b>20,74</b>	<b>8,48</b>
	0,38			7,97			13,86		
	6,06			13,71			23,76		
	3,35			5,50			15,36		
Parauta	0,82	<b>0,74</b>	<b>0,38</b>	1,07	<b>0,74</b>	<b>0,00</b>	1,41	<b>2,76</b>	<b>1,35</b>
	1,08			0,76			1,75		
	1,06			0,36			3,73		
	0,00			0,76			4,17		
Jubrique	2,55	<b>0,72</b>	<b>0,00</b>	4,65	<b>1,41</b>	<b>0,00</b>	7,14	<b>6,54</b>	<b>5,47</b>
	0,34			0,34			4,36		
	0,00			0,33			2,43		
	0,00			0,32			12,22		

#### 4.2.2. Eficacia en 2009

##### 4.2.2.1. Niveles y evolución de capturas

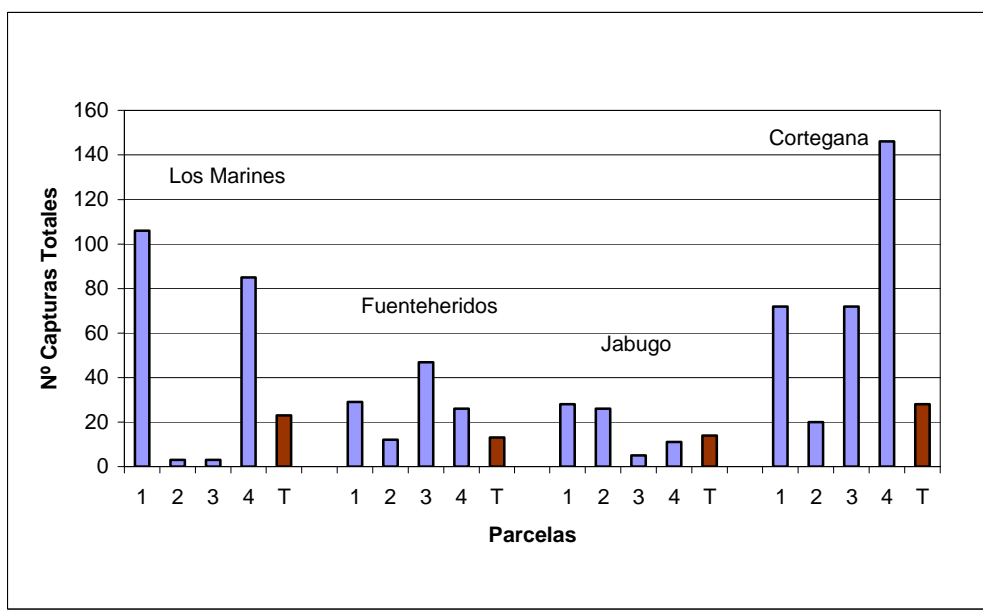
En Huelva, las capturas durante la campaña en las trampas de feromona oscilaron entre 0 a 32 capturas/trampa. La observación de los datos por trampa de cada parcela muestra grandes diferencias entre trampas, destacando la existencia de una proporción relativamente de trampas sin capturas, concretamente 48 de 111 en Cortegana, 74 de 127 en Fuenteheridos, 92 de 123 en Jabugo y 95 de 124 en Los Marines.

La comparación del número de capturas entre parcelas se indica en la Figura 24, en donde se observa que el mayor nivel de capturas totales correspondió a Cortegana con 310 capturas y que el número de capturas en las parcelas con trampeo masivo

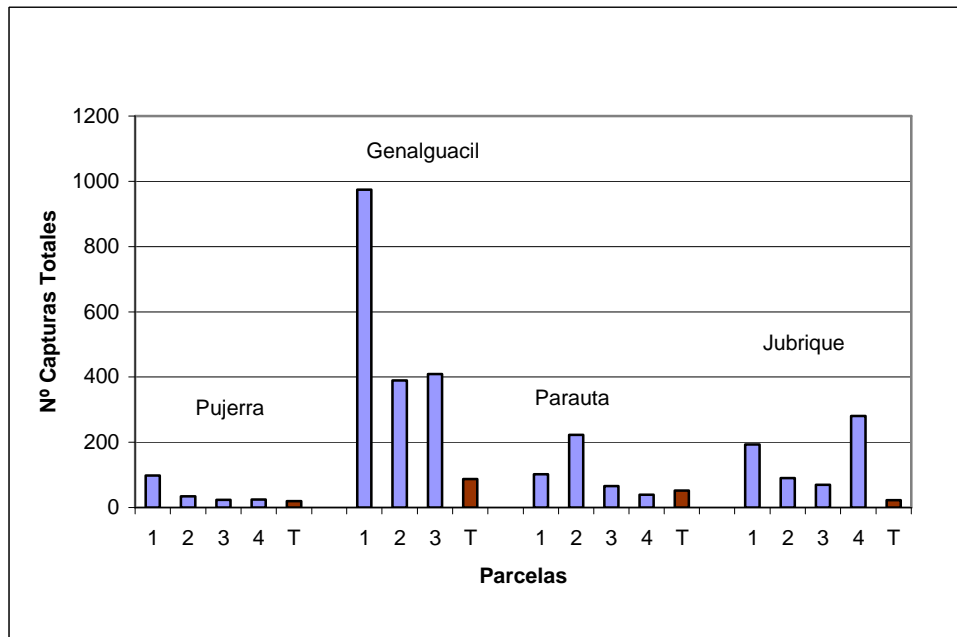
fueron siempre mayores que en el testigo (entre 2 y 6 veces en capturas/ha, según la zona). Cabe reseñar que las capturas en la parcelas Testigo de Fuenteheridos fueron las más bajas.

En Málaga, los niveles de capturas totales oscilaron entre 0 y 128 capturas/trampa. Los datos por trampa muestran también grandes diferencias y con alta proporción de trampas sin ninguna captura, 46 de 108 en Pujerra, 4 de 99 en Genalguacil, 37 de 107 en Parauta y 28 de 141 en Jubrique.

En las capturas totales en las parcelas de Málaga (Figura 25) los mayores valores corresponden a las subparcelas de Genalguacil. Por otro lado, las capturas en las parcelas experimentales fueron siempre mayores que los del testigo, del orden de 2 y 5 veces en capturas/ha, según la zona.

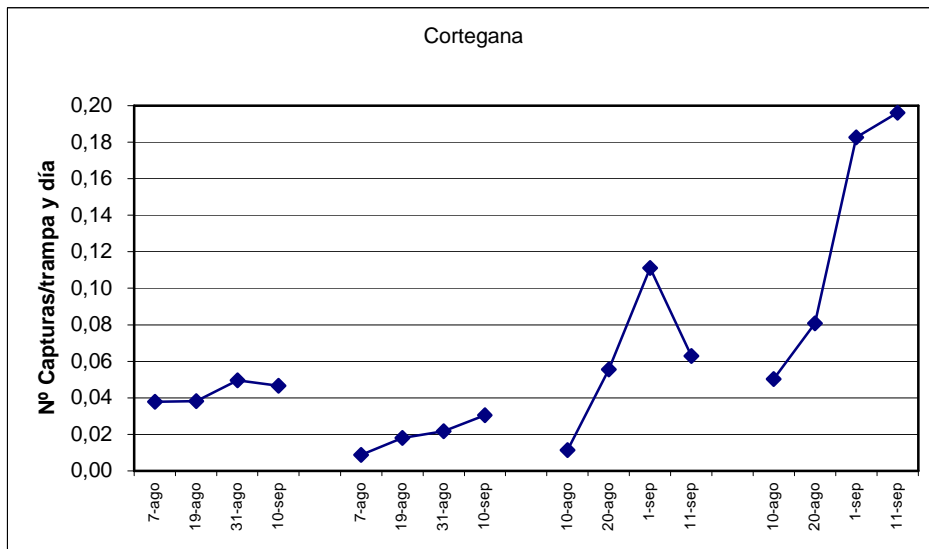


**Figura 24. Niveles totales de capturas de *Cydia splendana* en las trampas de feromona de la Sierra de Aracena (Huelva) situadas en las parcelas experimentales (subparcelas 1 a 4) y la parcela testigo (T) en el 2009.**

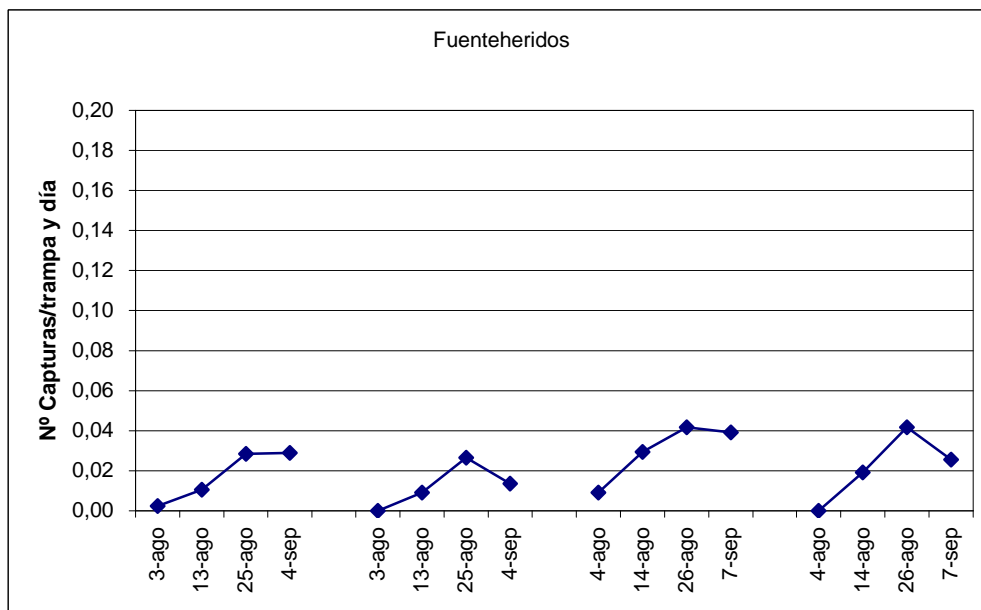


**Figura 25. Niveles totales de capturas de *Cydia splendana* en las trampas de feromona del Valle del Genal (Málaga) situadas en las parcelas experimentales (subparcelas 1 a 4) y la parcela testigo (T) en el 2009.**

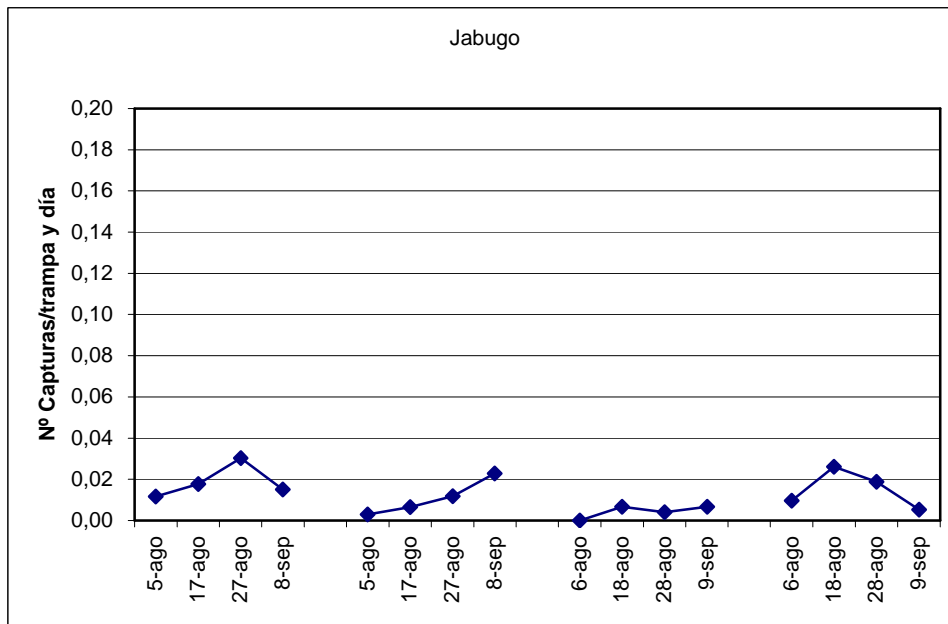
En las figura 26, 27, 28 y 29 se reflejan los valores alcanzados por el índice poblacional (número de capturas/trampa y día) en cada zona y en la fecha en que se obtuvo. El índice en las parcelas de observación de Huelva alcanza su máximo valor en la 2ª quincena de agosto, apreciándose esto con mayor claridad en las parcelas que tuvieron un mayor número de capturas.



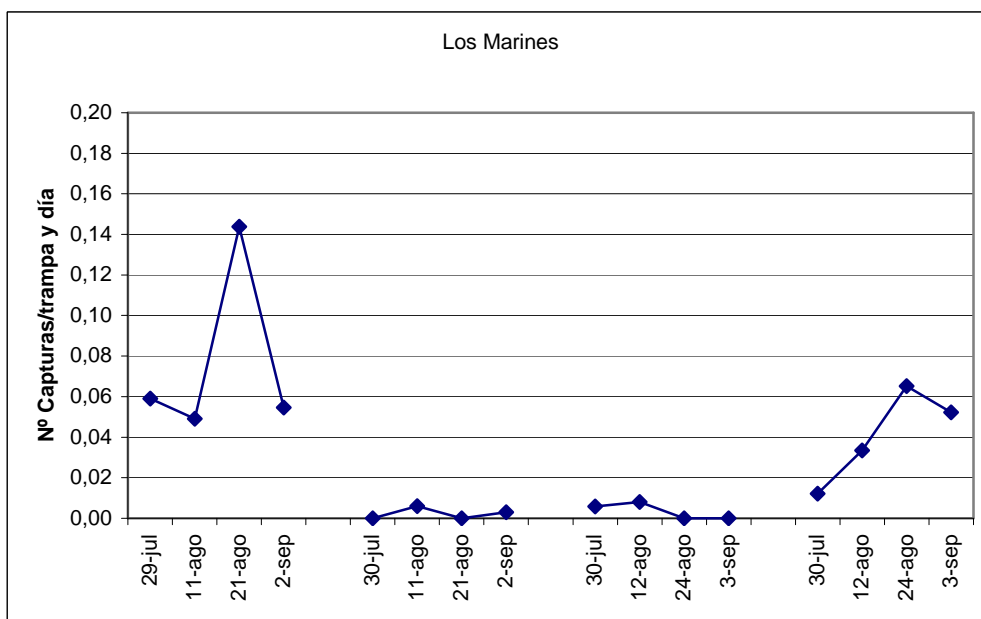
**Figura 26. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Cortegana (Huelva) en el 2009.**



**Figura 27. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Fuentehieridos (Huelva) en el 2009.**

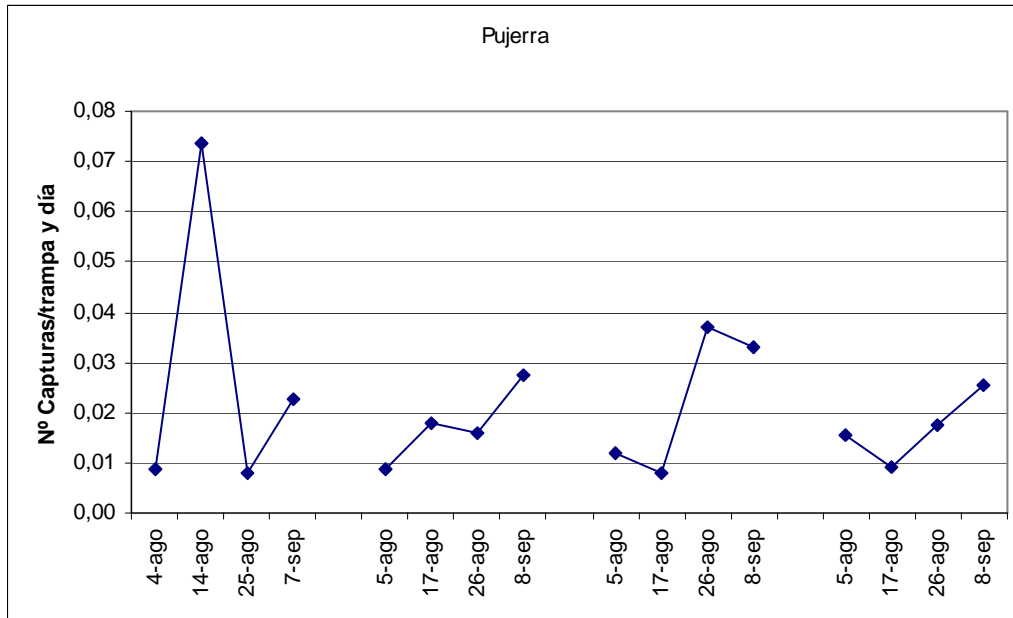


**Figura 28. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Jabugo (Huelva) en el 2009.**

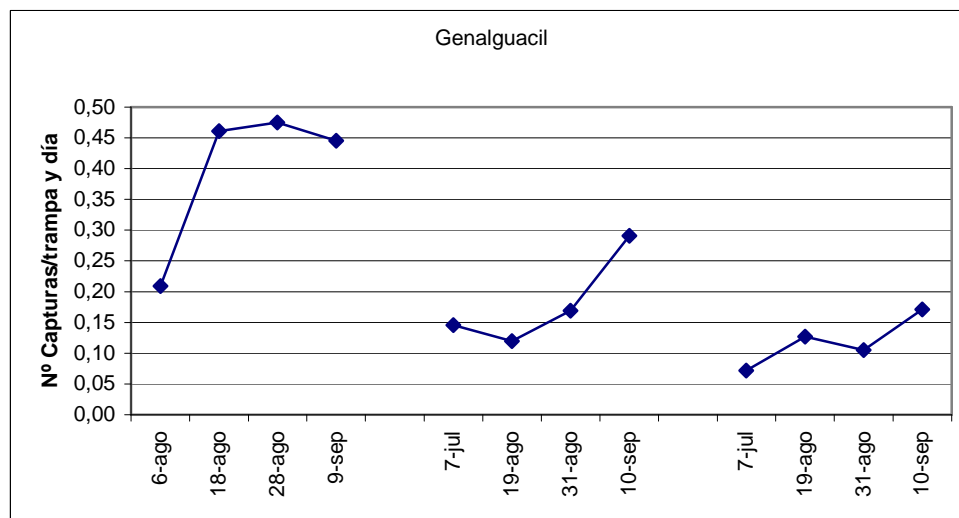


**Figura 29. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Los Marines (Huelva) en el 2009.**

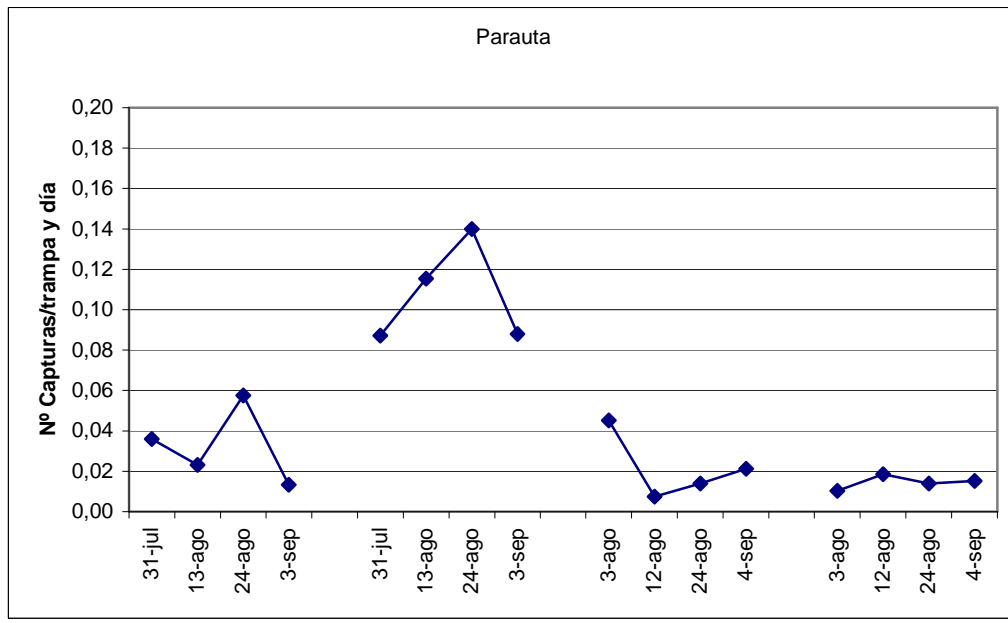
En cambio, los máximos de capturas en Málaga (Figuras 30, 31, 32 y 33) se obtienen en fechas mucho más variables, a veces al final de julio (en dos parcelas de Jubrique), otras en la primera mitad de agosto y algunas más tarde.



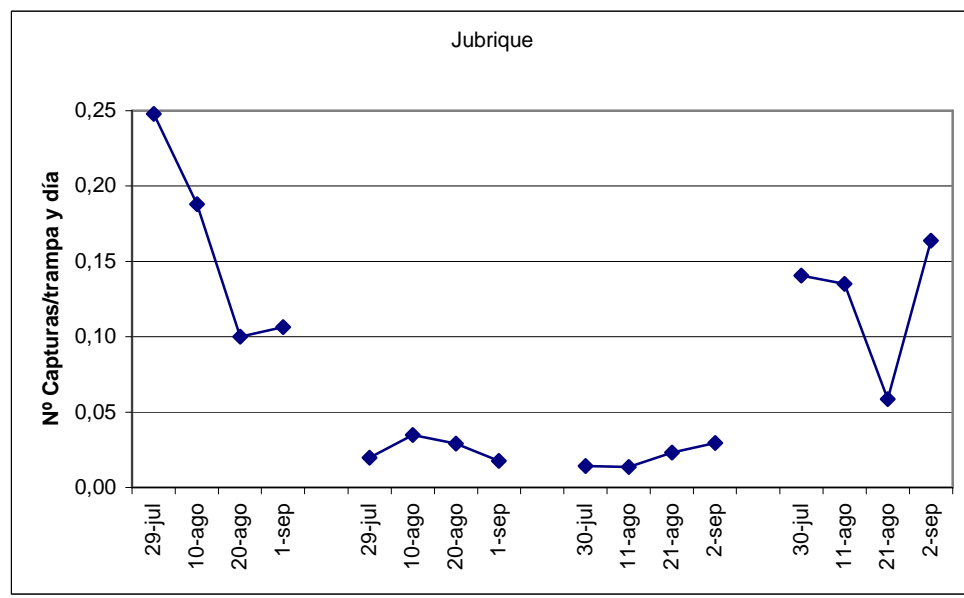
**Figura 30. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Pujerra (Málaga) en el 2009.**



**Figura 31. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Genalguacil (Málaga) en el 2009.**



**Figura 32. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Parauta (Málaga) en el 2009.**



**Figura 33. Evolución de capturas en las cuatro parcelas de Jubrique (Málaga) en el 2009.**

#### 4.2.2.2. Niveles de daños

Los daños por carpófagos en el 2009 se debieron en su mayoría a las larvas de *C. splendana*, si bien se detectó la presencia de *C. elephas* en dos de las zonas de muestreo: en Los Marines en dos de las subparcelas a partir de la primera fecha de muestreo, y en Jabugo en el último muestreo.

En Huelva, los porcentajes de castañas con daño se reflejan en la Tabla 11. En el último muestreo (del 14 al 20 de Octubre) los valores oscilaron entre 0,33% y 32,99% en las distintas parcelas. La zona de menor ataque fue Cortegana que alcanzó un valor medio de 0,84 %, mientras que en las demás zonas los valores de daños en la última recogida fueron de 13, 23 y 25%. Las parcelas testigo tuvieron mayores daños que las tratadas, siendo esta diferencia significativa en las cuatro localidades.

En la tabla 12 se presentan los niveles de daños en Málaga. Los porcentajes finales de castañas dañadas en el último muestreo (del 5 al 10 de Octubre) oscilaron entre 0 y 14% (aún menores que el año anterior que ya fueron bajos). La mayor incidencia de daños se dio en Pujerra, pero con valores no excesivamente altos (9,75 % al final de la campaña), mientras que en las otras tres zonas el porcentaje medio apenas superó el 5 % de las castañas. Los valores de incidencia en las parcelas testigo fueron similares a los obtenidos en las tratadas sin que se encontraran diferencias significativas.



**Tabla 11. Porcentajes de frutos dañados por larvas de *C. splendana* en los muestreos realizados en la Sierra de Aracena (Huelva) en el 2009.**

Zona	14-21 Sept (árbol)			24-30 Sept (árbol)			3-9 Octubre (árbol)			14-20 Octubre (suelo)		
	Parcela	Media	Testigo	Parcela	Media	Testigo	Parcela	Media	Testigo	Parcela	Media	Testigo
Cortegana	3,9	1,24	4,10	1,71	0,77	0,44	1,74	3,63	8,67	0,34	0,84*	7,59
	0,00			0,34			1,77			2,03		
	0,34			0,69			0,68			0,65		
	0,70			0,33			10,35			0,33		
Fuente heridos	11,44	15,22	22,37	29,68	27,15	18,43	10,77	17,47	11,71	11,92	15,38*	23,35
	11,14			25,68			14,38			18,87		
	12,13			17,48			25,68			10,19		
	26,18			35,76			19,05			20,52		
Jabugo	0,33	0,51	1,39	1,43	5,64	7,42	3,98	12,62	15,49	2,32	8,14*	13,04
	0,32			4,11			13,99			10,26		
	0,00			7,66			11,19			9,66		
	1,38			9,37			21,32			10,30		
Los Marines	2,52	7,89	11,16	3,10	8,35	18,77	9,69	8,86	19,23	12,95	16,17*	25,44
	6,07			4,82			7,00			7,97		
	11,72			13,38			8,94			10,78		
	11,26			12,10			9,83			32,99		

\* Indica diferencias significativas al 95% respecto del testigo

**Tabla 12. Porcentajes de frutos dañados por larvas de *C. splendana* en los muestreos realizados en el Valle del Genal (Málaga) en el 2009.**

Zona	7-14 Sept (árbol)			21-26 Sept (árbol)			5-10 octubre (suelo)		
	Parcela	Media	Testigo	Parcela	Media	Testigo	Parcela	Media	Testigo
Pujerra	1,06	1,41	0,99	6,11	8,48	10,07	10,00	9,75	9,00
	1,03			6,75			14,00		
	2,88			8,91			4,00		
	0,657			12,16			11,00		
Genal guacil	0,72	1,11	0,00	1,73	3,47	2,13	1,62	5,07	4,03
	0,00			3,19			7,31		
	3,03			0,70			8,20		
	0,68			8,26			3,15		
Parauta	1,07	0,43	0,34	0,00	0,00	0,00	3,57	1,72	3,13
	0,66			0,00			0,00		
	0,00			0,00			1,74		
	0,00			0,00			1,57		
Jubrique	0,35	0,84	1,95	0,00	0,69	0,00	0,88	2,32	2,42
	0,35			0,33			5,00		
	2,66			2,45			2,5		
	0,00			0,00			0,89		

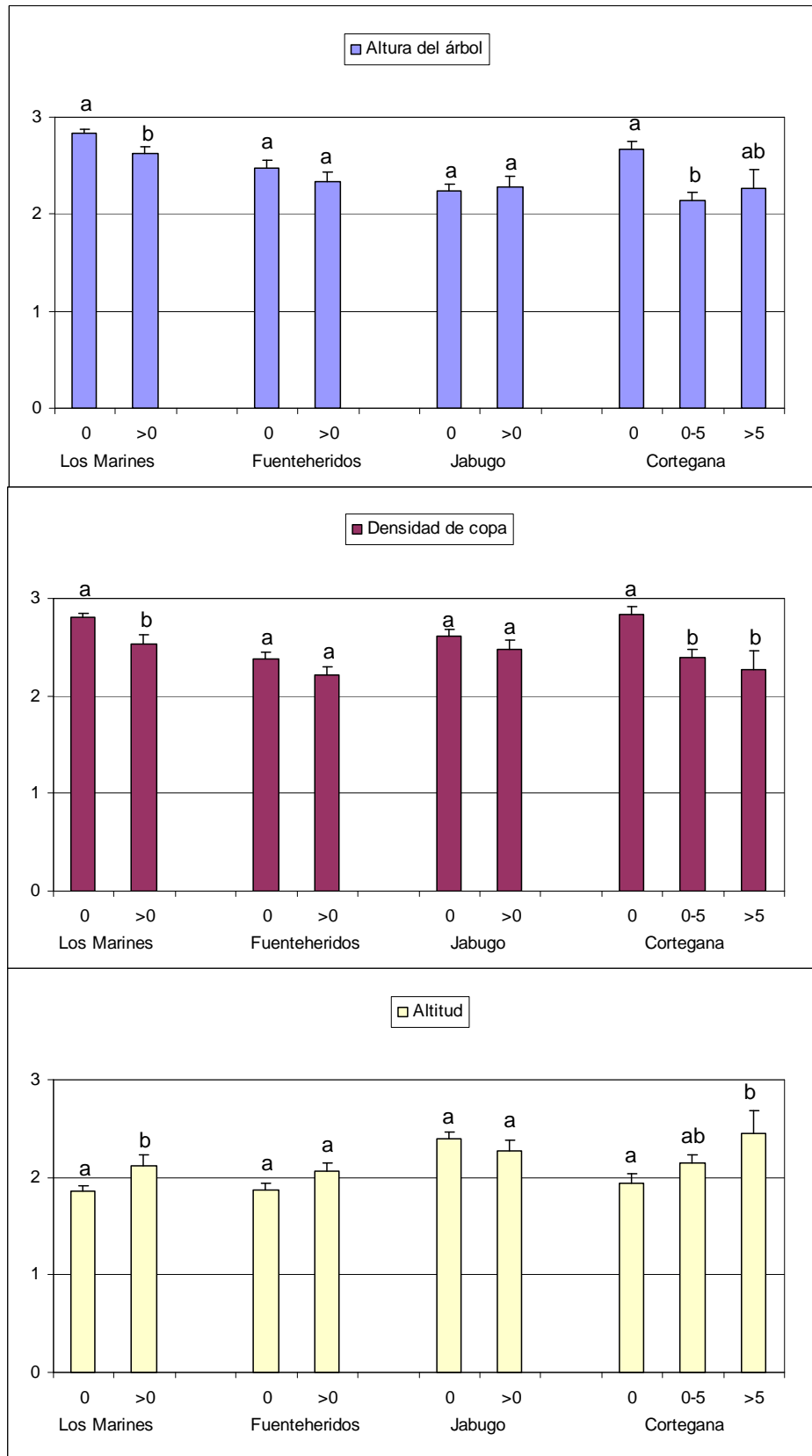
### **4.2.3. Factores que influyen en la eficacia del trampeo masivo**

#### **4.2.3.1. Localización de las trampas en las parcelas**

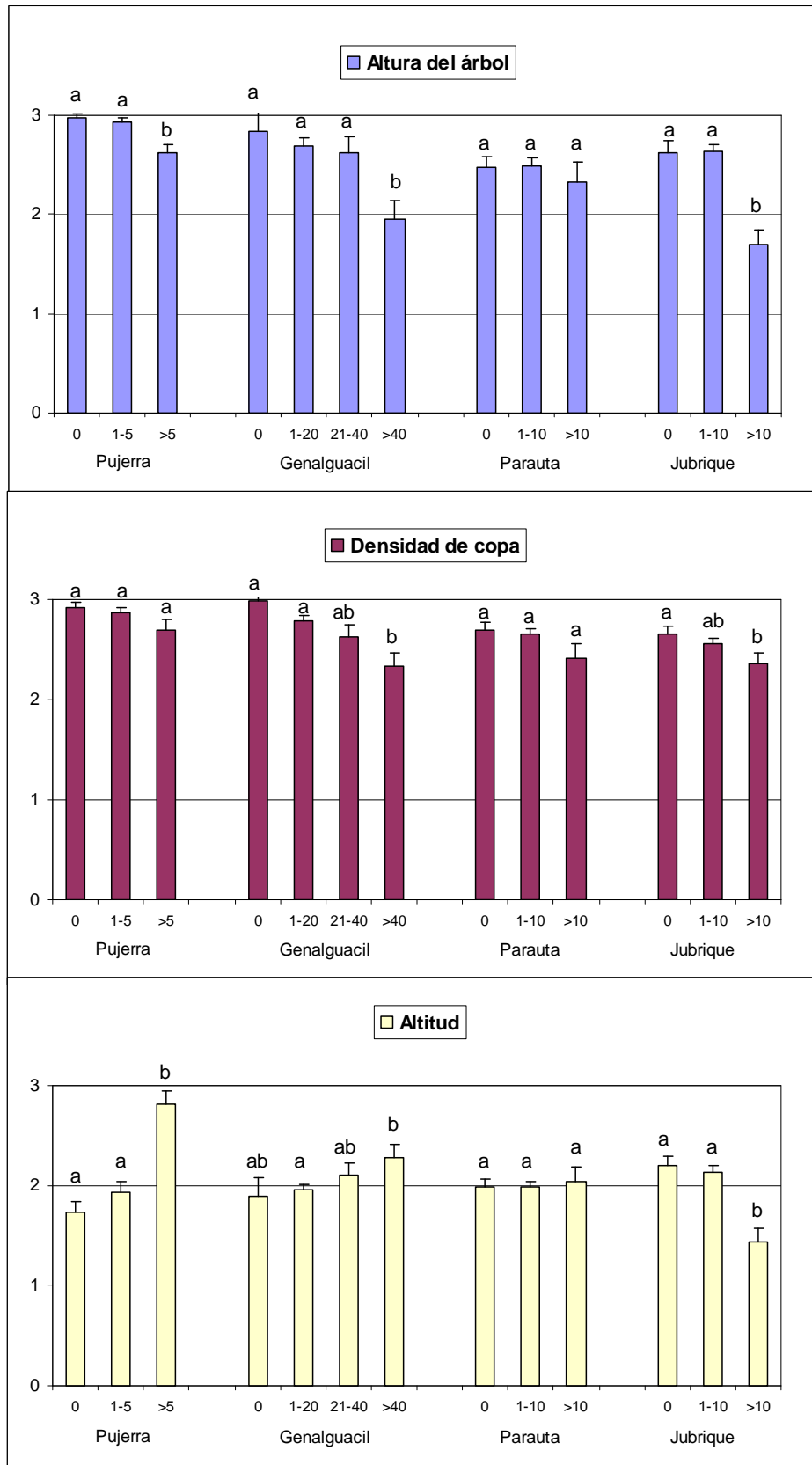
Con las capturas totales en las trampas colocadas en Huelva se establecieron dos grupos de trampas en Los Marines, Fuenteheridos y Jabugo: sin capturas (0) y con capturas (>0). En Cortegana, debido a la mayor cantidad de capturas, se pudieron establecer tres niveles de capturas: 0, de 0 a 5, y más de 5 capturas.

Relacionando estos grupos con la altura del árbol, la densidad de copa y su localización en la parcela, se deduce que las trampas con capturas estuvieron situadas en castaños de menor de altura y densidad de copa y que estaban localizados a una mayor altitud (Figura 34). La tendencia se similar en las cuatro localidades, aunque las diferencias alcanzan niveles de significación estadística en Los Marines y Cortegana.

En Málaga, donde se pudieron establecer más niveles de capturas (Figura 35), los resultados fueron similares a los de Huelva, obteniéndose diferencias significativas en Pujerra, Genalguacil y Jubrique.



**Figura 34. Relación de la altura, densidad de copa y altitud de los árboles en las parcelas de la Sierra de Arcena (Huelva). Barras con la misma letra en cada localidad indica que no hay diferencias significativas ( $p = 0,05$ ).**

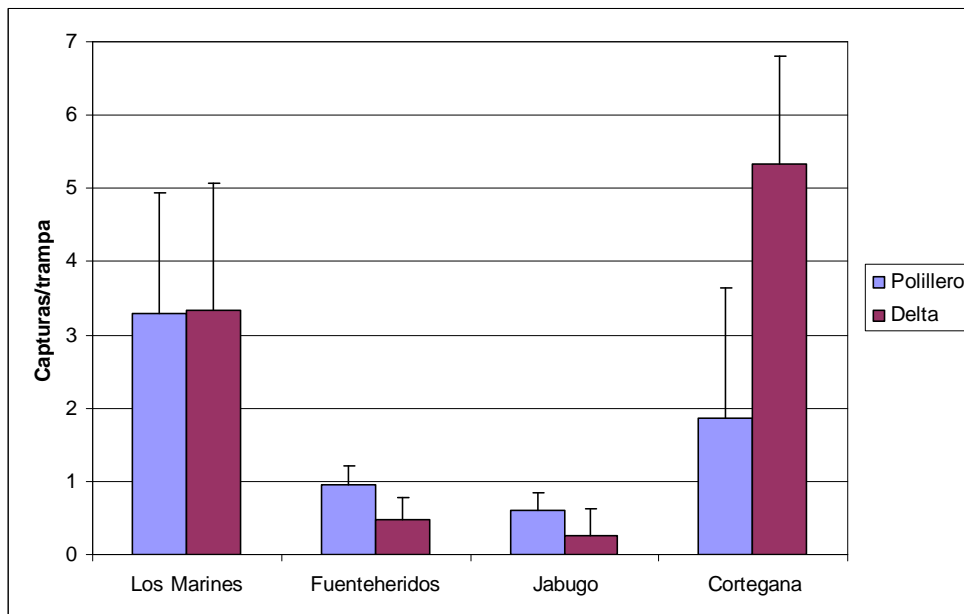


**Figura 35. Relación de la altura, densidad de copa y altitud de los árboles en las parcelas del Valle del Genal (Malaga). Barras con la misma letra en cada localidad indica que no hay diferencias significativas ( $p = 0,05$ ).**

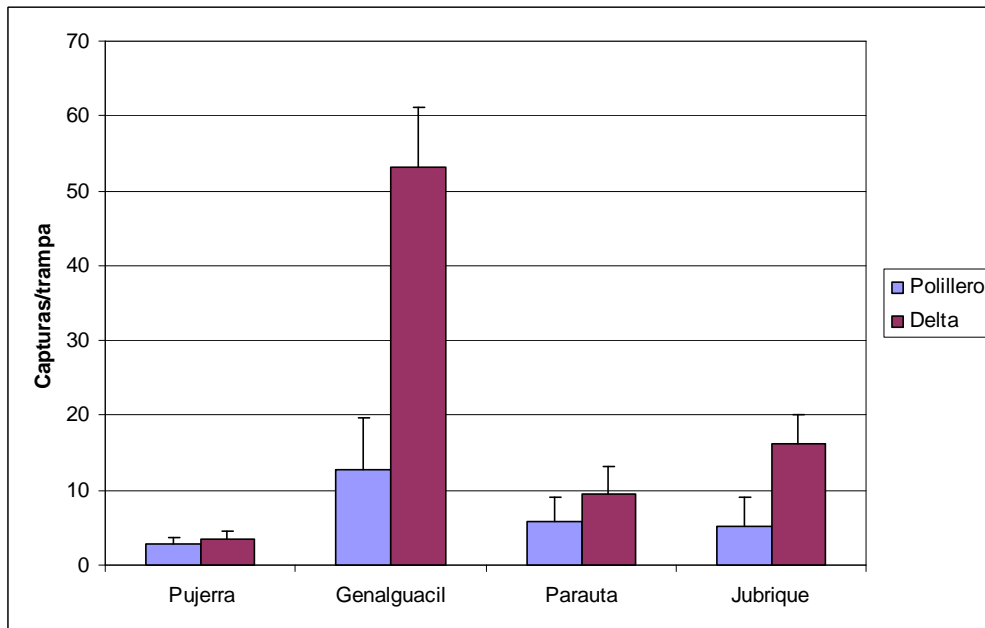
#### 4.2.3.2. Tipo de trampa: Polillero y Delta

El número de capturas de las trampas tipo Delta fue mayor en la mayoría de las parcelas en comparación con las de tipo Polillero, como se observa en las figuras 36 y 37 correspondientes a Huelva y Málaga, respectivamente.

En Huelva los valores de capturas fueron muy bajos y no se alcanzaron diferencias significativas entre ambos tipos de trampas. Por el contrario, en Málaga el número de capturas en la trampa Delta fue superior al de la trampa Polillero en las cuatro localidades, estando la diferencia directamente relacionada con el nivel medio de capturas de cada parcela. Además, en Genalguacil las diferencias alcanzaron significación estadística ( $p = 0,0006$ ).



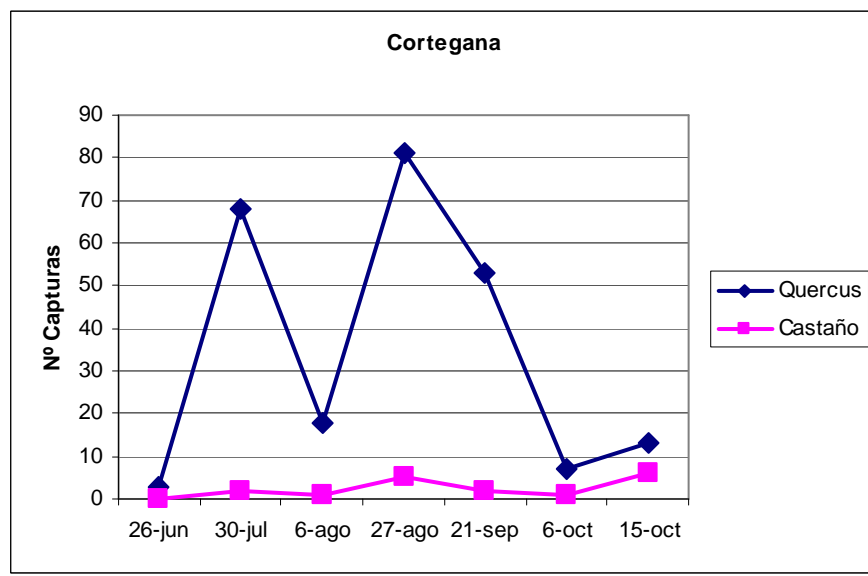
**Figura 36. Comparación de capturas entre trampas Polillero y Delta en la Sierra de Arcena (Huelva).**



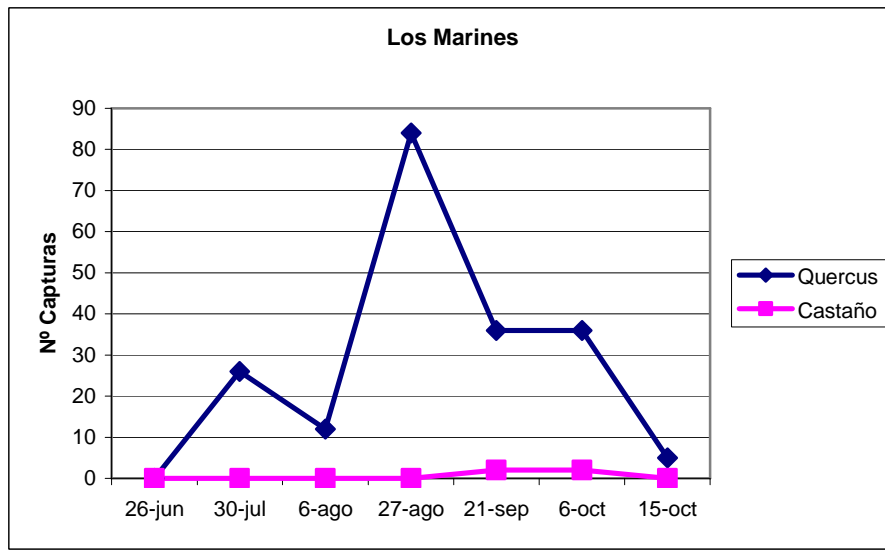
**Figura 37. Comparación de capturas entre trampas polillero y delta en el Valle del Genal (Malaga).**

#### 4.2.3.3. Presencia de *Quercus* en los bordes de las parcelas

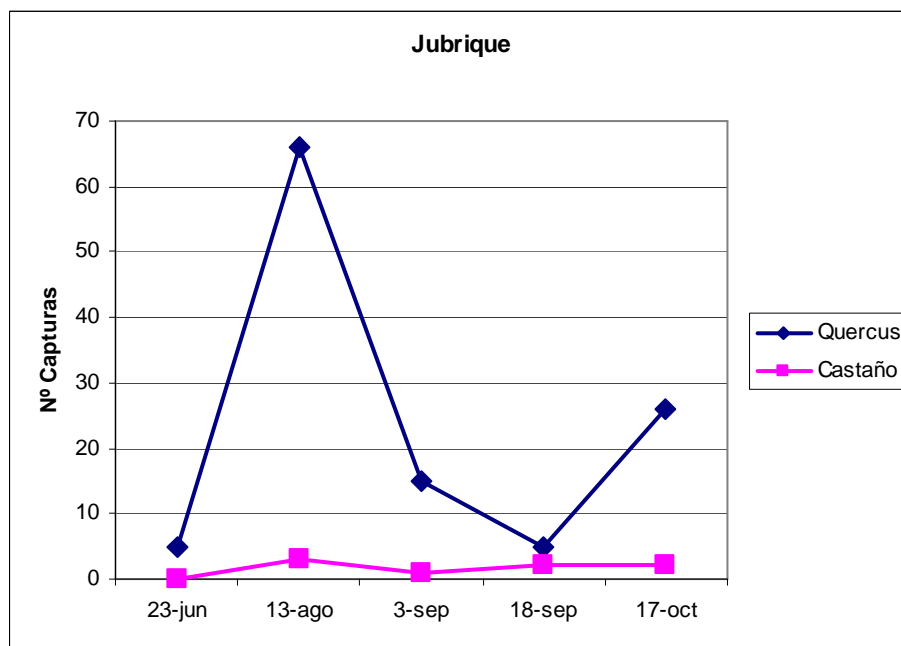
En las trampas situadas en los *Quercus* se capturaron siempre un mayor número de adultos que las situadas en los castaños y esto ocurrió en las cuatro localidades (Figuras 38, 39, 40 y 41).



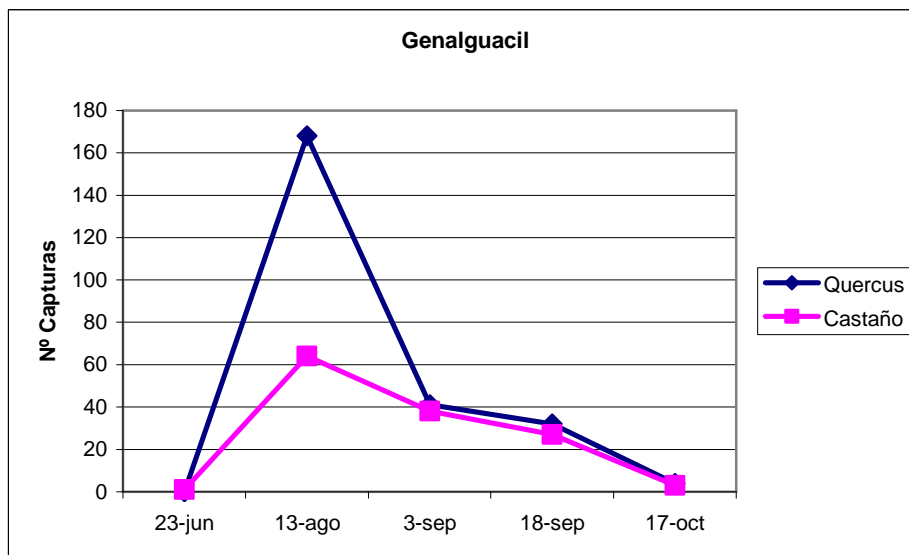
**Figura 38. Capturas en trampas con feromona de *C. splendana* situadas en los límites de castaños y *Quercus* en Cortegana (Huelva).**



**Figura 39.** Capturas en trampas con feromona de *C. splendana* situadas en los límites de castaños y *Quercus* en Los Marines (Huelva).



**Figura 40.** Capturas en trampas con feromona de *C. splendana* situadas en los límites de castaños y *Quercus* en Jubrique (Málaga).



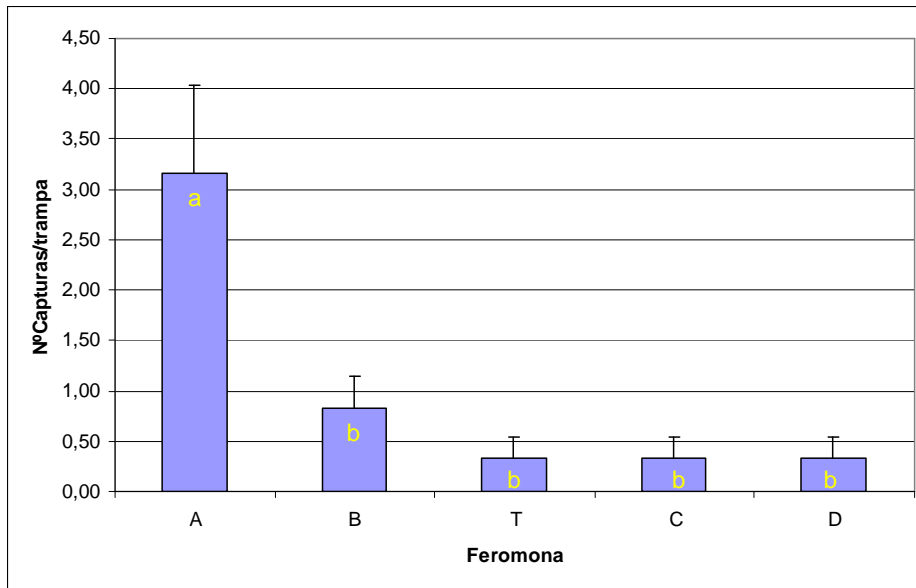
**Figura 41.** Capturas en trampas con feromona de *C. splendana* situadas en los límites de castaños y *Quercus* en Genalguacil (Málaga).

#### 4.2.3.4. Comparación de la feromona comercial con preparados experimentales

En una parcela de 6 ha localizada en Los Marines (Huelva) se compararon cinco feromonas sexuales en trampas polillero: una feromona comercial (T) y cuatro de nueva síntesis (A,B,C,D) obtenidas a partir de hembras de *C. splendana* procedentes de poblaciones de campo autóctonas.

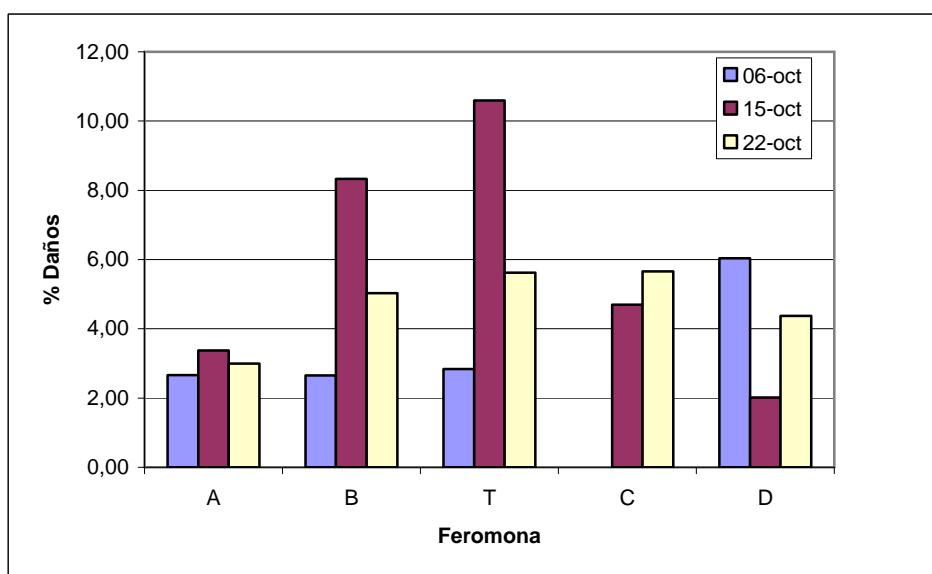
Los niveles de capturas totales para cada una de las feromonas se indican en la figura 42. Las capturas en las trampas de la feromona A fue significativamente mayor ( $p=0,0004$ ) que el resto de feromonas que no difirieron entre sí.





**Figura 42. Nivel de capturas en los cinco tipos de feromonas. Barras con la misma letra indica que no hay diferencias significativa ( $p=0,05$ ).**

En la figura 43 se reflejan los niveles de castañas dañadas por *C. splendana* en cada una de las tres fechas de muestreo. Los menores daños corresponden a la primera fecha de muestreo. La incidencia de daños fue baja en los árboles con la feromona A en las tres fechas de recogida en comparación con otras feromonas, aunque el análisis de la varianza no detectó diferencias significativas entre fechas ni entre tipo de feromona.



**Figura 43. Nivel de daños en porcentaje de castañas con larva de *C. splendana* en las tres fechas de recogida para cada tipo de feromona.**

#### 4.2.4. Influencia de la variedad en los niveles de daños

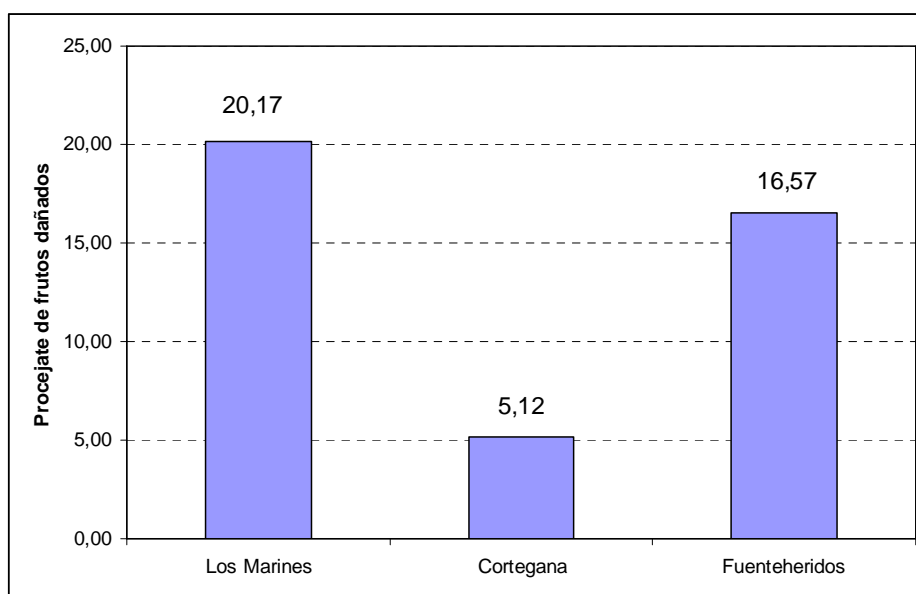
En la figura 44 se indica los porcentajes medios de frutos dañados por *C. splendana* en las tres localidades de Sierra de Aracena en 2011, los cuales oscilaron entre el 5,12% en Cortegana y el 20,17% en Los Marines. En esta última zona se detectaron también castañas con larvas de *C. elephas* con una incidencia del 8,17%.

En la tabla 13 se reflejan los datos de incidencia de daños por variedades y zonas en el muestreo. Debido al bajo número de casos, no se realizó análisis estadístico por lo que los resultados se pueden considerar orientativos y preliminares.

Para una misma variedad se observan apreciables diferencias de daños por *C. splendana* entre localidades. Así por ejemplo, en la variedad Comisaria la incidencia varió de 17,85% en Los Marines a 4,62% en Fuenteheridos, y en la variedad Temprana de 36,93% en Los Marines a 5,12% en Cortegana.

Por otro lado, la variedad Comisaria tuvo menor incidencia de *C. splendana* que la media de los castaños, tanto en Los Marines como en Fuenteheridos. En las otras variedades se registraron incidencias de daños muy dispares en función de la zona.

En Málaga los daños por carpófagos estuvieron por debajo del 5% en las dos localidades Parauta y Benalauría



**Figura 44. Niveles de daños causados por *C. splendana* en diferentes localidades de la Sierra de Aracena en el ensayo de variedades.**

**Tabla 13. Incidencia de daños por *C. splendana* en diferentes variedades de castaño en la Sierra de Aracena.**

Variedad	Zona	Árbol	Nº erizos	Nº castañas	Nº Cast/erizo	% Daños	
						Árbol	Zona
Comisaria	Los Marines	1	25	75	3,00	16,00	17,85
		2	23	66	2,87	19,70	
	Fuenteheridos	1	21	63	3,00	6,35	4,62
		2	22	69	3,14	2,90	
Helechal	Los Marines	1	25	75	3,00	20,00	37,12
		2		59		54,24	
	Fuenteheridos	1	26	75	2,88	0,00	7,94
		2	21	63	3,00	15,87	
Planta Alájar	Los Marines	1	23	57	2,48	1,75	7,43
		2	22	66	3,00	1,52	
		3	23	69	3,00	20,29	
		4	24	72	3,00	6,94	
		5	25	75	3,00	6,67	
	Fuenteheridos	1	23	69	3,00	27,54	27,54
Temprana	Los Marines	1		50		30,00	36,93
		2		57		43,86	
	Cortegana	1		45		4,44	5,12
		2		52		5,77	
		3		60		0,00	
		4	25	75	3,00	1,33	
		5		53		3,77	
		6		45		17,78	
		7	25	75	3,00	0,00	
		8	27	85	3,15	0,00	
9	25	74	2,96	2,70			
10		52		15,38			

### 4.3. Actividad insecticida de hongos entomopatógenos

#### 4.3.1. Infectividad de aislados de *B. bassiana* procedentes de larvas de carpófagos

En la tabla 14 se muestran los porcentajes de mortalidad larvaria causados por los aislados de *B. bassiana* en sus correspondientes hospedadores de donde fueron obtenidos. Se observa en todos los casos una relación directa entre concentración de inóculo y mortalidad. El tiempo que tardan las larvas en morir por la infección de *B. bassiana* fue muy variable entre individuos, oscilando entre 2 y 25 días, pero todas las larvas mueren en el mismo estadio en el que son tratadas y las que tardan más tiempo detienen su desarrollo hasta que mueren por la infección fúngica.

**Tabla 14. Mortalidad causada por aislados de *Beauveria bassiana* por aplicación tópica sobre larvas de su respectivos hospedadores naturales.**

Especie	Concentración (conidias/ml)	Nº larvas tratadas	% Mortalidad	Intervalo Mortalidad (días)
<i>Curculio elephas</i>	Testigo	55	0	-
	$9,4 \times 10^3$	55	5,45	5 - 14
	$9,4 \times 10^4$	55	12,72	5 - 14
	$9,4 \times 10^5$	55	25,45	2 - 23
	$9,4 \times 10^6$	55	41,82	2 - 23
<i>Cydia splendana</i>	Testigo	50	0	-
	$1,5 \times 10^5$	50	10,00	8-22
	$1,5 \times 10^6$	50	32,00	8-26
	$1,5 \times 10^7$	50	62,00	5-26
	$1,5 \times 10^8$	50	98,00	5-12
<i>Cydia fagiglandana</i>	Testigo	60	0	-
	$9,4 \times 10^3$	60	3,33	9
	$9,4 \times 10^4$	60	10,00	3 - 9
	$9,4 \times 10^5$	60	20,00	3 - 16
	$9,4 \times 10^6$	60	43,33	3 - 16

En los tratamientos con el aislado de *C. elephas*, a las concentraciones más altas, se adelantó el inicio de la mortalidad llegando a ser de 2 días después del tratamiento. En el caso del aislado de *C. splendana*, la mayoría de las larvas mueren de 8 a 12 días después del tratamiento y sólo algunas larvas mueren posteriormente a este período; el inicio de la mortalidad se adelanta también a las dosis más altas, oscilando entre 5 y 12 días. Por último, la mortalidad causada por el aislado de *C. fagiglandana* se inicia tres días después del tratamiento sin que se aprecie una clara influencia de la dosis de inóculo.

Con los datos obtenidos en los bioensayos se procedió, para cada aislado y especie carpófaga, al análisis de regresión Probit que relaciona mortalidad y concentración del inóculo. En la Tabla 15 se indican las ecuaciones de las rectas de regresión y los respectivos valores de  $\chi^2$  que miden la bondad del ajuste. En todos los casos las rectas de regresión tuvieron un ajuste estadísticamente aceptable al 5% de significación. Las pendientes de las rectas oscilaron entre 0,47 para el aislado de *C. elephas* y 0,98 para el de *C. splendana*. La prueba  $\chi^2$  de paralelismo puso de manifiesto que la recta referida al aislado de *C. splendana* tuvo una pendiente significativamente mayor que las otras dos, las cuales no difirieron entre sí.

En base a estas rectas de regresión se calcularon las concentraciones letales medias (CL<sub>50</sub>) de cada aislado (Tabla 15). La menor CL<sub>50</sub> correspondió al aislado de *C. splendana* con un valor de  $4,34 \times 10^6$  conidias/ml, sin embargo, como se deduce por los intervalos fiduciales, los valores de CL<sub>50</sub> no difirieron significativamente entre aislados.

**Tabla 15. Rectas de regresión Probit y concentraciones letales medias (CL<sub>50</sub>) de aislados de *Beauveria bassiana* sobre larvas de sus respectivos hospedadores naturales.**

Aislado	$\chi^2$ (g.l.)	Recta regresión	CL <sub>50</sub> (conidias/ml)	Límites fiduciales 95%	
				Inferior	Superior
<i>C. elephas</i>	0,0031(2)	$y = 0,47 x + 2,95$	$2,56 \times 10^7$	$6,68 \times 10^6$	$4,13 \times 10^8$
<i>C. splendana</i>	3,7247(2)	$y = 0,98 x + 1,42$	$4,34 \times 10^6$	$5,88 \times 10^5$	$3,46 \times 10^7$
<i>C. fagiglandana</i>	0,2818(2)	$y = 0,55 x + 2,59$	$2,20 \times 10^7$	$7,24 \times 10^6$	$1,72 \times 10^8$

CL<sub>50</sub> = Concentración letal media.

### 4.3.2. Infectividad de aislados de *B. bassiana* en hospedadores alternativos

#### 4.3.2.1. Aislado de *C. elephas* sobre larvas de *C. fagiglandana*

En la tabla 16 se muestran los porcentajes de mortalidad de larvas de *C. fagiglandana* tratadas con el aislado procedente de *C. elephas*. Los porcentajes de mortalidad estuvieron directamente relacionados con la concentración de inóculo y todas las larvas murieron en el mismo estadio en que fueron tratadas. La mortalidad se inició tres días después del tratamiento y los tiempos de supervivencia fueron superiores a los obtenidos para este aislado en las larvas de su hospedador natural *C. elephas*.

**Tabla 16. Mortalidad de larvas de *Cydia fagiglandana* causada por *Beauveria bassiana* aislado de *Curculio elephas*.**

Concentración (conidias/ml)	Nº larvas tratadas	% Mortalidad	Intervalo Mortalidad (días)
Testigo	60	0	-
$3,9 \times 10^3$	60	6,67	7 - 17
$3,9 \times 10^4$	60	11,67	7 - 17
$3,9 \times 10^5$	60	20,00	3 - 11
$3,9 \times 10^6$	60	43,33	3 - 13

La recta de regresión Probit fue  $y=0,46x+3,11$  con un ajuste aceptable ( $\chi^2=1,0340$ ; g.l.=2) y la concentración letal media fue de  $1,35 \times 10^7$  conidias/ml con límites fiduciales de  $3,42 \times 10^6$  y  $2,26 \times 10^8$  conidias/ml. La pendiente de la recta no difirió significativamente de la obtenida por este mismo aislado en su hospedador natural, *C. elephas*, por lo que se procedió a un nuevo ajuste de ambas rectas bajo la condición de paralelismo. En la tabla 17 se muestran las nuevas rectas de regresión y las  $CL_{50}$ , así como la potencia relativa respecto del hospedador natural. El aislado fue 2,02 veces más activo sobre *C. fagiglandana* aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa.

**Tabla 17. Potencia relativa del aislado de *Beauveria bassiana* procedente de *Curculio elephas* en larvas de *Cydia fagiglandana* respecto de su hospedador natural.**

Especie	Recta regresión	CL <sub>50</sub> (conidias/ml)	Potencia relativa	Límites fiduciales 95%	
				Inferior	Superior
<i>C. elephas</i>	$y = 0,46 x + 2,96$	$2,65 \times 10^7$	1	-	-
<i>C. fagiglandana</i>	$y = 0,46 x + 3,10$	$1,31 \times 10^7$	2,02	0,48	8,31

#### 4.3.2.2. Aislado de *C. splendana* sobre larvas de *C. elephas*

Las larvas de *C. elephas* apenas fueron susceptibles a *B. bassiana* aislado de *C. splendana* (Tabla 18); así, para el conjunto de las dos repeticiones se ha observado un porcentaje de mortalidad máximo del 7,41 % a la dosis más alta, con muy pocas larvas que murieron de 4 a 5 días después del tratamiento.

**Tabla 18. Mortalidad de larvas de *Curculio elephas* causada por *Beauveria bassiana* aislado de *Cydia splendana*.**

Concentración (conidias/ml)	Nº larvas tratadas	% Mortalidad	Intervalo Mortalidad (días)
Testigo	54	0,00	-
$1,5 \times 10^5$	54	5,56	4
$1,5 \times 10^6$	54	0,00	-
$1,5 \times 10^7$	54	5,56	10-25
$1,5 \times 10^8$	54	7,41	5-24

#### 4.3.2.3. Aislado de *C. fagiglandana* sobre larvas de *C. elephas*

En la tabla 19 se muestran los porcentajes de mortalidad de larvas de *C. elephas* tratadas con el aislado procedente de *C. fagiglandana*. El tiempo que tardan las larvas en morir por la infección de *B. bassiana* fue muy variable entre individuos, oscilando entre 2 y 18 días, con un apreciable adelanto del inicio de la mortalidad que baja desde 5 días después del tratamiento hasta solo 2 días.

**Tabla 19. Mortalidad de larvas de *Curculio elephas* causada por *Beauveria bassiana* aislado de *Cydia fagiglandana*.**

Concentración (conidias/ml)	Nº larvas tratadas	% Mortalidad	Intervalo Mortalidad (días)
Testigo	60	0	-
$9,4 \times 10^3$	60	8,33	5 - 14
$9,4 \times 10^4$	60	20,00	2 - 18
$9,4 \times 10^5$	60	30,00	2 - 18
$9,4 \times 10^6$	60	40,00	2 - 14

La recta de regresión Probit fue  $y=0,36x+3,37$  con un buen ajuste ( $\chi^2= 1,0340$ ; g.l.=2) y la concentración letal media fue de  $3,60 \times 10^7$  conidias/ml con límites fiduciales de  $6,80 \times 10^6$  y  $2,03 \times 10^8$  conidias/ml. La pendiente de la recta no difirió significativamente de la obtenida por este mismo aislado en su hospedador natural, *C. fagiglandana*, por lo que se procedió a un nuevo ajuste de ambas rectas bajo la condición de paralelismo. En la tabla 20 se muestran las nuevas rectas de regresión y las CL<sub>50</sub>, así como la potencia relativa respecto del hospedador natural. El aislado fue 3,17 veces más activo sobre *C. fagiglandana* aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa.

**Tabla 20. Potencia relativa del aislado de *Beauveria bassiana* procedente de *Cydia fagiglandana* en larvas de *C. elephas* respecto de su hospedador natural.**

Especie	Recta regresión	CL <sub>50</sub> (conidias/ml)	Potencia relativa	Límites fiduciales 95%	
				Inferior	Superior
<i>C. fagiglandana</i>	$y = 0,44 x + 2,92$	$5,06 \times 10^7$	1	-	-
<i>C. elephas</i>	$y = 0,44 x + 3,14$	$1,60 \times 10^7$	3,17	0,79	14,85

#### 4.3.3. Infectividad de aislados de *B. bassiana* procedentes de muestras de suelo

En la tabla 21 se muestran los resultados del ensayo de infectividad de suspensiones acuosas de conidias tratadas por aplicación tópica sobre larvas de cuarto estadio de *C. splendana* y de *C. elephas*. La dosis de aplicación fue de  $5 \times 10^7$  conidias/ml para cada uno de los cuatro aislados seleccionados, cuyas referencias son 14, 28, 31, 32. Los aislados 14 y 31 fueron los que dieron mayor mortalidad de larvas en ambas especies, siendo *C. splendana* mucho más susceptible que *C. elephas*. El aislado



28 solo fue activo para *C. splendana* y el aislado 32 solo para *C. elephas*, si bien con muy bajo nivel de mortalidad.

**Tabla 21. Mortalidad de larvas de *C. splendana* y de *C. elephas* tratadas tópicamente con aislados de *Beauveria bassiana* procedentes de muestras de suelo, a la dosis de  $5 \times 10^7$  conidias/ml**

Tratamiento	<i>Cydia splendana</i>			<i>Curculio elephas</i>		
	N	Nº larvas muertas	% Mort	N	Nº larvas muertas	% Mort
Testigo	30	0	0,00	30	0	0,00
14	30	25	83,33	30	4	13,33
28	30	22	73,33	30	0	0,00
31	30	25	83,33	30	3	10,00
32	30	0	0,00	30	1	3,33

La actividad insecticida del aislado 31, uno de los más activos para *C. splendana*, fue evaluada mediante bioensayo sobre larvas de cuarto estadio de esta especie (Tabla 22). Mediante análisis de regresión de los datos se determinó la relación dosis-mortalidad que vino representada por la recta de regresión Probit  $y=0,63 x - 5,13$ . El ajuste de esta recta no fue suficientemente aceptable al 95% ( $\chi^2 = 7,81$ , para 2 grados de libertad). Sin embargo, a partir de la ecuación lineal podemos estimar una  $CL_{50}$  de  $1,21 \times 10^6$  conidias/ml, valor algo inferior a la  $CL_{50}$  para el aislado obtenido de larvas de la misma especie (ver apartado 4.3.1).

**Tabla 22. Mortalidad de larvas de *C. splendana* causada por el aislado 31 de *Beauveria bassiana* procedente de muestras de suelo.**

Concentración (conidias/ml)	Nº larvas tratadas	% Mortalidad	% Mortalidad Abbott	Intervalo Mortalidad (días)
Testigo	30	3,33	-	-
$5 \times 10^4$	30	13,33	10,34	10-32
$5 \times 10^5$	30	23,33	20,69	13-32
$5 \times 10^6$	30	93,33	93,10	8-29
$5 \times 10^7$	30	96,67	96,56	8-16

## **Discusión**



## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Incidencia de fitófagos

En nuestra Península la mayoría de estudios sobre las especies fitófagas causantes de daños en castaños y el desarrollo de métodos de control de plagas se han llevado a cabo en el norte, principalmente en castañares de Galicia (Mansilla et al., 2000), mientras que en el Sur de España apenas hay trabajos que reflejen la diversidad e importancia de las especies fitófagas asociadas al castaño. El Grupo de Entomología Agroforestal de la Universidad de Córdoba inició las primeras prospecciones en masas de castaños de Andalucía, centrando su interés en las dos zonas productoras de castañas: la Sierra de Aracena en Huelva (García Castro, 2002; Rodríguez Álvarez, 2002) y el Valle del Genal en Málaga (Alanís, 2003). Estos primeros resultados han servido de base para desarrollar esta Tesis Doctoral.

Las especies fitófagas identificadas en los muestreos de campo han puesto de manifiesto la presencia, en ambas zonas, de especies de defoliadoras, minadores de hoja y hemípteros que se alimentan de savia. Estas especies se pueden considerar secundarias, pues sus daños no alcanzan niveles que puedan comprometer la supervivencia de los castaños, ni tampoco afectaran de forma significativa al desarrollo del árbol y la producción de castañas.

Los insectos defoliadores, en su mayoría lepidópteros, son fitófagos cuyas orugas atacan a árboles vigorosos y desempeñan un papel importante en la cadena alimentaria del ecosistema al transformar la materia vegetal en biomasa animal, al servir de alimento a numerosos parásitos o depredadores (pájaros, murciélagos, pequeños mamíferos y numerosas especies de insectos) y al acelerar el reciclado de los elementos minerales de la biomasa. Su acción sobre el crecimiento de los árboles puede ser importante sólo cuando sus niveles poblacionales son muy altos. En las zonas de estudio, los defoliadores están representados principalmente por los lepidópteros *L. dispar*, importante desde el punto de vista forestal por causar daños ocasionales a especies del género *Quercus* y también al castaño (Romanyk y Cadahía, 1992).

Otros defoliadores del castaño frecuentes son los coleópteros del género *Cneorrhinus* (Col. Curculionidae), citados con anterioridad tanto en Galicia (Berrocal *et al.*, 1998; Mansilla *et al.*, 2000) como en la Sierra de Aracena y en el Valle del Genal (García Castro, 2002; Alanís, 2003). Estas especies causan un doble daño al árbol, por un lado al alimentarse el adulto de las yemas y por otro al producir defoliaciones, por lo que pueden ser importantes en árboles jóvenes.

Especies minadoras de hoja han sido observadas en todas las fincas de estudio, con una frecuencia relativamente alta, aunque no parece afectar al estado de vigor del arbolado. El género *Lithocolletis* ha sido citado previamente en los castañares de Galicia (Mansilla, 2984) y también en la Sierra de Aracena y en el Valle del Genal (García Castro, 2002; Alanís, 2003).

Los insectos chupadores, cuyos principales representantes pertenecen al Orden Hemiptera, se caracterizan por poseer pico articulado con el cual son capaces de extraer la savia originando un debilitamiento general del árbol, así como otros efectos relacionados con el mecanismo de alimentación (manchas, toxemias, transmisión de enfermedades). Entre estas especies hay que hacer mención a los pulgones *M. castanicola* y *L. roboris*, que han sido citados con anterioridad asociados al castaño en otros lugares de nuestra geografía (Berrocal *et al.*, 1998; Mansilla *et al.*, 2000), así como en la Sierra de Aracena y en el Valle del Genal (García Castro, 2002; Alanís, 2003).

Los fitófagos que potencialmente pueden alcanzar carácter de plaga en los castañares para producción de fruto en Andalucía, son las especies carpófagas. Se han identificado cuatro especies: el coleóptero *C. elephas* y tres lepidópteros de la Familia Tortricidae: *C. splendana*, *C. fagiglandana* y *P. fasciana*. Todas ellas han sido citadas previamente afectando al castaño en España (Mansilla *et al.*, 2000; Gómez de Aizpúrua, 1993; Junta de Andalucía, 2002) y en otros países de Europa (Bogenschütz, 1991; Menu, 1993) afectando al castaño, aunque su espectro de huéspedes es más amplio, incluyendo especies de *Quercus*.

Las trampas de feromona sexual colocadas para el seguimiento de las poblaciones de adultos de los tortricídeos se mostraron selectivas y eficaces para detectar la presencia de adultos de las tres especies, confirmando los resultados previos

obtenidos por López Fragueiro (2002). En general, Además, los niveles de capturas de adultos de *C. splendana* estuvieron relacionados con el nivel de daños a los frutos, por lo que esta técnica puede ser una herramienta útil para la prognosis de intensidad de los daños de esta especie en el marco de un programa de Control Integrado.

Por el contrario, las trampas de feromona de *P. fasciana* y las de *C. fagiglandana*, capturaron machos de las respectivas especies, pero luego apenas se detectaron daños por larvas en los muestreos de las castañas.

En el caso de *P. fasciana*, se trata del tortricido más precoz, en cuanto a daños, de las tres especies de tortricidos, tal como indican nuestros resultados de evolución de capturas y como han señalado también otros autores en Galicia (Mansilla et al., 2000). Es probable que las larvas se desarrollen cuando los erizos están todavía en fases tempranas de crecimiento, no siendo detectada su presencia durante el periodo de muestreo realizado en nuestro trabajo. Los erizos dañados en estas fases prematuras detienen su desarrollo y caen al suelo, formando parte del porcentaje de erizos que el propio árbol desecha de forma fisiológica. Por este motivo, la incidencia de *P. fasciana* no se considera un factor que afecte de forma decisiva a la producción de la castaña.

En cuanto a *C. fagiglandana*, es una especie que tiene más importancia por los daños que causa en *Quercus*, lo que indica probablemente una preferencia de puesta en las bellotas en detrimento de las castañas en zonas de coexistencia de ambas especies forestales, como se ha sugerido Rodríguez Álvarez (2002). Por ello, en zonas donde las masas de castaños limitan con encinas o alcornoques, es probable que las trampas de feromona detecten el vuelo de la especie pero las puestas se realicen preferentemente en los frutos de *Quercus*.

Entre las cuatro especies de carpófagos predominó el ataque de *C. splendana*, con niveles de medios de incidencia, en el primer año de muestreo, del 10% de las castañas en Huelva y del 22,6 % en Málaga, pero con marcada variabilidad entre parcelas, con algunas de ellas apenas sin daños. Diferencias apreciables de intensidad de daños entre localidades han sido también encontradas en trabajos anteriores (Rodríguez Álvarez, 2002; Alanís, 2003). Por ejemplo, en diferentes fincas del Valle del Genal se han obtenido porcentajes medios de incidencia de perforadores comprendidos entre 5 y 40% de las castañas (Alanís, 2003).

Durante los cuatro años de muestreos en campo, la principal especie causante de los daños fue *C. splendana*, a gran distancia en incidencia respecto de los otros perforadores identificados (*Curculio elephas* y *C. fagiglandana*). Estos resultados confirman los trabajos anteriores realizados, tanto en la Sierra de Aracena (Rodríguez Álvarez, 2002) como en el Valle del Genal (Alanís, 2003; Fernández, 2004) y es, por tanto, la especie sobre la que se han de enfocar las medidas de control. En Italia Central se citan las mismas especies carpófagas (Speranza, 1999), predominando también los tortrícidos y en particular *C. splendana*, aunque en algunas áreas (Vallerano y Viterbo) *C. elephas* llegó a causar niveles de infestaciones del 90% de las castañas. Antonarolli (1998) en estudios realizados en Bolonia cita daños comprendidos entre 20% y 70 % de las castañas. En Turquía se han citado niveles de infestación del orden del 15% (Onucar y Ulu, 1989) y en otros estudios realizados en tres localidades turcas (Tuncer y Serdar 1996), los daños por *C. splendana* dieron porcentajes medios de 13,2%, 10% y 16,8%, frente a los daños por *C. elephas* que fueron de 1,8%, 2,4% y 4,5%.

La variabilidad de incidencia entre zonas y parcelas puede deberse a distintos factores, tales como: laboreo, aprovechamiento ganadero, método de cosecha, variedades y condiciones climáticas locales, entre otros. El laboreo puede influir en la destrucción de larvas y pupas de los carpófagos, sobre todo de las especies de *Cydia*, pero menos el coleóptero *C. elephas* puesto que la mayoría de las larvas se entierran a mayor profundidad para pupar (Mansilla *et al.*, 2000). La compactación del terreno como consecuencia de la actividad ganadera puede dificultar la emergencia de los adultos, aunque no hay estudios a este respecto.

Finalmente, conviene señalar, que ni en los estudios precedentes realizados en Andalucía sobre las plagas del castaño, ni durante los años de observaciones y muestreos en la Sierra de Aracena y en el Valle del Genal, se han observado daños asociados a *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, un insecto himenóptero de la familia de los cinípidos (avispa de las agallas) que afecta a los castaños produciendo agallas en yemas y brotes. Esta especie es originaria de China y comenzó a propagarse a otras partes del mundo, detectándose por primera vez en Europa en el 2002, concretamente en Italia (Brussino *et al.*, 2002). Posteriormente, se ha ido introduciendo en diferentes países como Francia, Eslovenia, Suiza, Hungría, Croacia, Holanda, Eslovaquia, Alemania y República Checa (Bosio *et al.*, 2010). En España ha sido citado recientemente por primera vez en diferentes municipios de Cataluña (Heras, 2012).

## 5.2. Control de *C. splendana* mediante trampeo masivo

El número de capturas por trampa, en general, tomó valores bajos, similares a los obtenidos en trabajos anteriores en la Serranía de Ronda (Alanís, 2003; Fernández, 2004; Fernández y Vargas Osuna, 2006) y en la Sierra de Aracena (Rodríguez, 2002) y coincidiendo con lo señalado por Antonaroli (1995). Nuestros resultados han puesto de manifiesto, además, una apreciable variabilidad de capturas entre trampas, con una alta proporción de trampas sin capturas, lo que puede ser debido a una baja eficacia de atracción por la feromona comercial, tal como han sido sugerido por Torres-Vila et al. (2010) en trabajos preliminares realizados en masas mixtas de *Quercus* y *Castanea* en Extremadura. Así, el ensayo de comparación de la feromona comercial de *C. splendana* y compuestos feromonales experimentales ha puesto de manifiesto que es posible diseñar una feromona con mayor capacidad de atracción que la actualmente comercializada, por lo que creemos se trata de una línea de investigación que se debe continuar en los próximos años. Algunos autores proponen mejorar la eficacia de atracción de la feromona de *C. splendana* mediante la incorporación de semioquímicos de origen vegetal que han dado buenos resultados de atracción en ensayos realizados en el Sur de Italia (Rotundo et al., 2010).

A pesar de lo anterior, el trampeo masivo para el control de *C. splendana*, con las características y la metodología utilizadas en los ensayos de campo, se ha mostrado eficaz en la reducción de los daños, de forma muy significativa en las fincas que presentan niveles medios de incidencia del fitófago, de hasta el 25% de las castañas. No existen referencias bibliográficas a este respecto puesto que los estudios de otros autores sobre el uso de la feromona de *C. splendana* se han limitado a la evaluación de la técnica de confusión sexual, la cual dio resultados poco prometedores en Galicia (Mansilla et al., 1999), mientras que en Italia se obtuvieron resultados de eficacia contradictorios (Angeli et al., 1997; Antonaroli, 2000).

Entre los factores a tener en cuenta para optimizar el número de capturas en el trampeo masivo, están los relacionados con la colocación de las trampas en el árbol (Angeli et al., 1998) y la situación de las mismas en la masa forestal, tal como sugieren Fernández y Vargas Osuna (2006) en un estudio realizado en pequeñas parcelas experimentales, en donde se obtiene un significativo incremento de capturas en árboles situados al borde de una pendiente pronunciada o de un espacio abierto. Así, por



ejemplo, para el control de la procesionaria del pino, *T. pityocampa*, con la técnica de trampeo masivo, se recomienda colocar las trampas de feromona en los bordes de caminos o cortafuegos ya que son las zonas donde suelen volar más los adultos (Montoya y Hernández Alonso, 1988).

Nuestros resultados muestran que las trampas con mayor número de capturas estuvieron situadas en castaños de menor de altura y densidad de copa y que están localizados en zonas de mayor elevación dentro de la parcela. No obstante, se requiere realizar nuevos estudios para confirmar estos resultados pues las diferencias solo se reflejaron claramente en las zonas en donde el nivel de capturas fue mayor. La influencia de estos factores depende mucho de la actividad de vuelo de los machos, aspecto éste que no se conoce para esta especie, aunque es muy posible que los adultos vuelen preferentemente por encima de los castaños, como se ha señalado para *C. fagiganfana*, lo que explicaría la menor dificultad de los machos de encontrar las trampas en árboles pequeños y de menor altura. Angeli et al. (1998) señalan una relación directa de la altura de la trampa en el árbol con el número de capturas de *C. splendana* esta especie.

Por tanto, se puede recomendar que para mejorar la eficacia del método de captura masiva de *C. splendana*, se deben elegir preferentemente los castaños de menor porte y densidad de copa a la hora de la colocación de las trampas, sin descuidar por supuesto la distribución uniforme de las mismas en dentro del castañar. Así mismo, sería interesante reforzar la captura colocando mayor densidad de trampas en las zonas más altas de la parcela, aspecto éste importante teniendo en cuenta los desniveles frecuentes de las zonas de castañares en Andalucía. Así mismo, la colocación de mayor número de trampas los bordes de la masa del castañar que lindan con *Quercus*, podría aumentar el número de capturas, tal como han puesto de manifiesto nuestros resultados en Cortegana y Los Marines (Huelva) y Jubrique y Genalguacil (Málaga).

El número de capturas en las trampas Delta fue significativamente superior con respecto a las trampas Polillero en Genalguacil y, aunque no hubo diferencias significativas, la tendencia fue también superior en el resto de las localidades de Huelva. Sin embargo, para la aplicación del método de captura en las zonas de estudio, la trampa Delta tiene algunos inconvenientes, como una menor vida útil que la trampa Polillero y que la cartulina adhesiva se ha de reemplazar al menos una vez en la campaña, pues va

perdiendo sus propiedades como consecuencia de las condiciones climáticas de la zona, principalmente viento y humedad. Esto se ha puesto en evidencia en un ensayo de captura masiva con trampas Delta en el Valle del Genal (datos no publicados).

En la variabilidad de infestación y daños observada entre zonas, puede contribuir una diferente susceptibilidad varietal al ataque de esta especie, aunque estudios sobre este aspecto no se pueden abordar hasta que no se realice una completa caracterización de variedades en estas zonas de castañar tradicional (Torremocha 2001). Sieber et al. (2007) en castañares de Suiza encontraron preferencias de *C. elephas* por la variedad “Luina” frente a “Torcion”. Nuestros resultados a este respecto se deben considerar preliminares, dado el escaso número de árboles caracterizados y la distribución heterogénea de las variedades caracterizadas en las masas de castañares.

### 5.3. Actividad insecticida de hongos entomopatógenos

Los aislados autóctonos de *B. bassiana* que se han utilizado en este trabajo proceden de larvas de carpófagos recogidas en prospecciones de campo que mostraban los síntomas característicos de una infección fúngica; tras su aislamiento se confirmó en trabajos precedentes la identidad del hongo así como su patogenicidad por aplicación tópica en sus hospedadores naturales (Santoyo, 2005; Navarro, 2009).

Los niveles de infectividad de estos aislados al ser aplicados tópicamente sobre larvas de 4º estadio de sus respectivos hospedadores naturales han mostrado valores de mortalidad aceptables ( $CL_{50}$  comprendida entre  $4,34 \times 10^6$  y  $2,56 \times 10^7$  conidias/ml). En ensayos de patogenicidad de aislamientos de *B. bassiana* sobre perforadores de la castaña en Japón (*Curculio sikkimensis* y *Cydia kuroki*) han obtenido valores de  $CL_{50}$  algo más bajos, de  $10^5$  y  $3,5 \times 10^5$  conidias/ml (Ihara et al., 2009), respectivamente, si bien el método de bioensayo utilizado por estos autores no es idéntico al utilizado en este trabajo.

De la comparación de actividad insecticida de los tres inóculos sobre sus respectivos hospedadores naturales se deduce que los tres aislados tuvieron similar actividad insecticida. No obstante, la recta de regresión Probit del aislado procedente de *C. splendana* presentó la de mayor pendiente y, además, tuvo un menor valor de  $CL_{50}$

aunque no difirió significativamente de los otros dos aislados, debido probablemente a la amplitud de los intervalos de confianza.

El aislado de *B. bassiana* procedente de larvas de *C. elephas* fue también infectivo para las larvas de *C. fagiglandana* con una respuesta similar en cuanto a la relación dosis-mortalidad. Esto indica un amplio espectro de acción de este aislado teniendo en cuenta la diferente situación taxonómica de ambas especies hospedadoras. Una situación similar se dio con el aislado procedente de larvas de *C. fagiglandana* que fue también infectivo para las larvas de *C. elephas*. Las poblaciones de ambas especies están presentes de forma simultánea en los ecosistemas de dehesa en el sur de España causando daños en los frutos de encina (Jiménez et al., 2005; 2006), de donde fueron obtenidos los dos aislados utilizados, lo que justificaría la infectividad común para los dos principales carpófagos de la encina. Este espectro de actividad los hace candidatos como materias activas en insecticidas biológicos para el control de los dos principales carpófagos asociados a la encina en las dehesas del Sur de España (Vázquez et al., 1990; Santoyo, 2005). Además, el aislado procedente de larvas de *C. fagiglandana* ha mostrado la capacidad infectiva sobre larvas y pupas de importantes defoliadores de la encina: *Dryobotodes monochroma*, *D. eremita* (Madrid, 2004) y *Catocala nymphagoga* (Reyes, 2007), destacando su actividad sobre esta última especie, con una  $CL_{50} = 1,28 \times 10^4$  conidias/ml, mientras que en larvas de *D. eremita* y *D. monochroma*, fue de  $5,10 \times 10^9$  y  $1,55 \times 10^8$  conidias/ml, respectivamente.

Sin embargo, el aislado de *B. bassiana* procedente de larvas de *C. splendana* fue muy poco infectivo sobre larvas de la especie congénica *C. fagiglandana* (datos no publicados) y mucho menos sobre *C. elephas*, sin que se pudieran obtener mortalidades superiores al 10% de las larvas tratadas, aún utilizando la suspensión más concentrada de  $1,54 \times 10^9$  conidias/ml. Estos resultados indican una mayor selectividad que la encontrada en los otros dos aislados de *B. bassiana*.

Los resultados obtenidos con aislados procedentes de muestras de suelo, aunque todavía preliminares, ponen de manifiesto que se pueden encontrar altas infectividades en este tipo de aislamientos, comparables a las obtenidas con los aislados procedentes del propio hospedador.

Algunos aislados de *B. bassiana* se producen ya a escala comercial como insecticidas biológicos para el control de especies fitófagas (de Liñán, 2012). La alta actividad biológica del aislado procedente de larvas de *C. splendana* y su selectividad hace de éste un buen candidato para su desarrollo y aplicación como insecticida en el ecosistema del castaño de Andalucía, en donde se ha comprobado que este carpófago es la plaga principal, sin que haya ninguna otra especie que justifique una intervención fitosanitaria (Santoyo, 2005).

La única referencia del uso de *B. bassiana* como insecticida contra estas especies carpófagas, son los trabajos de semicampo realizados en Italia con un preparado comercial de *B. bassiana* no específico, en los que se obtiene resultados prometedores para el control de *C. elephas* en castaño (Papparati y Speranza, 1999). Teniendo en cuenta que estas especies pasan parte de su ciclo en el suelo, éste puede ser el lugar apropiado para aplicar los biopreparados a base de *B. bassiana*, constituyendo un buen método preventivo que podría reducir las poblaciones de estos fitófagos y realizar un control biológico natural a largo plazo.



## **Conclusiones**



## 6. CONCLUSIONES

### Incidencia de fitófagos

- Entre las especies carpófagas en los castañares de producción de fruto de la Sierra de Aracena (Huelva) y en el Valle del Genal (Málaga), se han identificado los lepidópteros tortricidos *Cydia splendana*, *Cydia fagiglandana* y *Pammene fasciana*. y el coleóptero *Curculio. elephas*. La primera de las especies es la que ocasiona los principales daños y sobre la que se ha de actuar con medidas de control.
- Se han encontrado otras especies fitófagas de importancia secundaria, entre los que caben destacar, por su frecuencia y amplia distribución el defoliador *Lymantria dispar*, algunos minadores de hoja, principalmente del género *Lithocolletis*, y los pulgones *Myzocallis castanicola* y *Lachnus roboris*.
- Las trampas de feromona sexual de los tortricidos se mostraron selectivas y eficaces para detectar la presencia de adultos de las tres especies.

### Control de *C. splendana* mediante trampeo masivo

- El trampeo masivo para el control de *C. splendana*, con las características y la metodología utilizadas en los ensayos de campo, se ha mostrado eficaz en la reducción de los daños, principalmente en las fincas que presentan niveles medios de incidencia del fitófago.
- Para optimizar la eficacia del trampeo masivo se propone elegir preferentemente los castaños de menor porte y densidad de copa a la hora de la colocación de las trampas, así como reforzar las capturas con mayor densidad de trampas en las zonas más altas de la parcela o en la zonas que lindan con especies de *Quercus*.
- La trampa tipo Polillero puede ser reemplazada por la del tipo Delta que captura un mayor número de machos, sobre cuando son altos los niveles de población de adultos. No obstante, presenta el inconveniente de la necesidad de renovación del cartón adhesivo al menos una vez.



- Se pone de manifiesto la posibilidad de mejorar los componentes feromonales para obtener una feromona con mayor potencial de atracción de machos de *C. splendana* en las poblaciones de esta especie en Andalucía.

### **Actividad insecticida de hongos entomopatógenos**

- De la comparación de los tres inóculos procedentes de *C. splendana*, *C. fagiglandana* y *C. elephas*. sobre larvas de sus respectivos hospedadores naturales, se concluye que los tres aislados tuvieron una similar actividad insecticida, si bien el aislado de *C. splendana* presentó una mayor pendiente de la recta de regresión Dosis-mortalidad. Este aislado fue además el más selectivo pues apenas dio mortalidad para *C. elephas*.
- Los aislados procedentes, respectivamente, de larvas de *C. elephas* y el de *C. fagiglandana* mostraron alta infectividad recíproca para el huésped alternativo con un nivel similar a la infectividad en el hospedador natural. Ambos aislados son buenos candidatos para el control simultáneo de las dos especies que causan los principales daños a las encinas en las dehesas del Sur de España.
- Teniendo en cuenta que las especies carpófagas pasan parte de su ciclo en el suelo, éste puede ser el lugar apropiado para aplicar los biopreparados a base de *B. bassiana*, constituyendo un buen método preventivo que podría reducir las poblaciones de estos fitófagos y realizar un control biológico natural a largo plazo.

## **Bibliografía**



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Adua, M. 1999. *The sweet chestnut throughout history from the Miocene to the third millenium*. En G. Salesses (ed). Proceedings of the Second Internacional Symposium on Chestnut. ISHS INRA.
- Ainsworth *et al.* 1973. *The fungi. An advanced Treatise*. Academic Press. New York. Vol. IV-A.
- Alanís, R. 2003. Análisis de la entomofauna asociada al castaño (*Castanea sativa*) en el valle del Genal (Málaga). Trabajo Fin de Carrera. Universidad de Córdoba.
- Alford, D.V.; Carden, P.W.; Dennis, E.B.; Gould, H.J.; Vernon, J.D.R. 1979. Monitoring codling and tortrix moths in United Kingdom apple orchards using pheromone traps. *Annal of Applied Biology*. 91: 165-178.
- Álvarez, P., Barrio, M., Castedo, F., Díaz, R.A., Fernández, J.L., Mansilla, P., Pérez, R., Pintos, C., Riesco, G., Rodríguez, R.J., Salinero, M.C. 2000. *Manual de selvicultura del castaño en Galicia*. Escuela Politécnica Superior de Lugo, 120 pp.
- Alves, S.B. 1986. Produção de fungos entomopatogenicos. En: *Controle microbiano de insetos* (Alves, S.B. Ed.). Sao Paulo, Manole. Págs. 311-323.
- Anderson, T.E.; Hajek, A.E.; Roberts, D.W.; Preisler, H.K. y Robertson, J.L. 1989. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): effects of combinations of *Beauveria bassiana*, with insecticides. *J. Econ. Entomol.*, 82 : 83-89.
- Angeli, G.; Antonaroli, R.; Nanni, C.; Rama, F. 1997. First experiments of control of two chestnut tortricid moths *Cydia fagiglandana* and *C. splendana* with the mating disruption technique. *Informatore Fitopatologico*, 47: 65-70.
- Angeli, G.; Rama, F.; Ioriatti, C.; Witzgall, P. 1998. Valutazione di trappole e feromoni sessuali per il monitoraggio delle tre cidie del castagno *Pammene fasciana* L., *Cydia fagiglandana* Zel. e *Cydia splendana* HB. Giornate fitopatologiche, 3-7 maggio, 287-292.

- Anguita, S. 1999. Especies de *Cydia* (Lepidoptera: Tortricidae) de importancia forestal y posibilidades de control mediante insecticidas microbianos. Trabajo Fin de carrera. Universidad de Córdoba.
- Antonaroli, R. 1998. Risultati di un biennio di catture delle tortrici del castagno *Informatore Agrario*, 54: 133-134.
- Antonaroli, R. 2000. Contenuimiento delle due tortrici del castagno con la tecnica della confusione sessuale. *Informatore Agrario*, 56: 89-91.
- Araújo de A. Marrano, E. 2003. Utilización de hongos entomopatógenos para el control de “mosca blanca” (Homoptera: Aleyrodidae) en cultivos hortícolas. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.
- Arn, H.; Tóth, M.; Priesner, E. 1992. List of sex pheromones of Lepidoptera and related attractants. International Organization for Biological Control. Montfavet, France. [www.nysaes.cornell.edu/pheronet/](http://www.nysaes.cornell.edu/pheronet/) [Consultado 19 febrero 2013]
- Barron, G. 2001. George Barron`s Website on Fungi. Universidad de Guelph, Ontario, Canada. <http://www.uoguelph.ca/~gbarron/MISCELLANEOUS/nov01.htm> [Consultado 19 febrero 2013].
- Berland, L. 1965. *La Faune de la France*. Illustrée VII. Hyménoptères. Delagrave. París.
- Berrocal, M., Gallardo, J.F., Cardeñoso, J.M. 1998. *El castaño*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 288 pp.
- Bielikova, L., Z. Landa, L. Osborne & V. Curn. 2002. Characterization and identification of entomopathogenic and mycosporasitic fungi using RAPD-PCR technique. *Plant Prot. Sci.* 38, 1-12.
- Bing, L.A., Lewis, L.C. 1991. Supression of *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) by endophytic *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Enviroment. Entomol.*, 20: 1207-1211.

- 
- Blanford, S., Chan, B.H.K., Jenkins, N., Sim, D., Turner, R.J., Read, A.F. y Thomas, M.B. 2005. Fungal pathogen reduces potential for malaria transmission. *Science* 308: 1638-1641.
  - Bogenschütz ,H.; 1991. Eurasian species in forestry. En: *Tortricid Pest* (L.P.S. van der Geest y Evenhuis, H. H.; Eds.). Elsevier. Ámsterdam. Cap. 7: 673-709.
  - Bonnemaïson, H. 1976. Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales. Tomo II. Oikos-tau S.A. Barcelona.
  - Bosio, G.; Gerbaudo, C.; Piazza, E., 2010. *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu: an outline seven years after the first report in Piedmont (Italy). *Acta Horticulturae*, 866: 341-348.
  - Brussino, G.; Bosio, G.; Budrio, M.; Giordano, R.; Ramello, F.; Malika, G. 2002. Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo. *L'Informatore Agrario*, 58: 59-61.
  - Bovey,P. ;1966. Super-famille des Tortricidae. En: *Entomologie appliquée a l'agriculture* (A. S. Balachowsky, Ed.). Masson et Cie. París. Tome II, Vol. 1: 456-893.
  - Burges, H. D.;1981. *Microbial control of pests and plant diseases*. Ed. Academic Press. England.
  - Butenandt, A.; Beckmann, R.; Stamm, D.; Hecker, E. 1959. Über den sexual-lockstoff des seidenspinner *Bombyx mori*. Reindarstellung und konstitution. *Z. Naturforsch.*, 14b: 283-284.
  - Calle, J.A. 1982. *Noctuidos españoles*. Boletín del Servicio contra Plagas e Inspección Fitopatológica (fuera de serie N° 1). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
  - Cardé R.T.; Haynes, K.F. 2004. Structure of the pheromone communication channel in moths. En R.T. Cardé y J.G. Millar (Eds.). *Advances in Insect Chemical Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 283–332.
  - Caro, J.H.; Freeman, H.P.; Brower, D.L.; Bierl-Leonhardt, B.A. 1981. Comparative distribution and persistence of disparlure in woodland after aerial application of three controlled-release formulations. *J. Chem. Ecol.* 7: 867-880.

- 
- Carruthers, R.I.; y Soper, R.S.; 1987. Fungal diseases. En: Fuxa, J.R. y Tanada, Y. (Eds.) *Epizootiology of Insects Diseases*. John Wiley & Sons, New York, pag. 357-416.
  - Castroviejo, S.; Laínz, M.; López González, G. 1990. *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Vol.: II. Real Jardín Botánico, C.S.I.C. Madrid.
  - CEDER Serranía de Ronda. 2002. *Solicitud de inclusión de los castaños del Valle del Genal en la Medida 4: Cultivos leñosos en pendiente o terraza*. Ronda (Málaga), 43 pp.
  - Chambon, J.P. 1999. *Atlas des genitalia mâles des lépidoptères Tortricidae de France et Belgique*. Institut National de la Recherche Agronomique. 400 pp.
  - Chianella, M. Tartaglia, A. Bartocci, R. Grieco, G. Casciello, N. 1991. Risultati di una sperimentazione condotta nell'avellinese. Difesa del castagno da cidie e balanino. *L'Informatore Agrario*, 30: 74-75.
  - Clausi, M.; Vinciguerra, M.T. 2005. I nematodi entomopatogeni in un progetto pero lo sviluppo sostenibile dei castagneti (*Castanea sativa* Mill; Sicilia). *Nematologia Mediterranea*, 33: Supplemento, 91-94.
  - Clausi, M.; Vinciguerra, M.T. 2007. Efficacy and environmental impact of entomopathogenic nematodes used against nut insect pests in some chestnut woods on Etna (Italy). *Bulletin OILB/SROP*, 30: 33-37.
  - Clyne, P. J.; Warr, C.G.; Freeman, M.R.; Lessing, D.; Kim, J.; Carlson, J.R. 1999. A novel family of divergent seven transmembrane proteins: candidate odorant receptors in *Drosophila*. *Neuron*, 22: 327–338.
  - Cobos Suárez, P. 1989. Fitopatología del castaño (*Castanea sativa* Miller). *Bol. San Veg. Fuera de serie* N° 16.
  - Consejería de Medio Ambiente, 2010. *Informe Medio Ambiente en Andalucía*. Editado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. 518 pp.
  - Cork, A.; Iles, M.J.; Kamal, N.Q.; Choudhury, J.C.S.; Rahman, M.M.; Islam, M. 2005. An old pest, a new solution: commercializing rice stemborer pheromones in Bangladesh. *Outlook Agric.*, 34: 181–187.

- D'Assis, F. 1978. Diptera, Orthorrhapha, Brachycera, Dolichopodidae. En: *Handbooks for the identification of the British Insect*. Vol. IX. Parte 5. Royal. Entomological Society of London. 90 pp.
- Dalla, H.; Dalla, O.; Brand, D.; Porto De Souza, L. y Soccol, C. 2005. Spore production of *Beauveria bassiana* from agroindustrial residues. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Brazil. 48: 51-60.
- Debouzie, D.; Eximan, A.; Desouhant, E.; Menu, F. 1996 Interference at several temporal and spatial scales between two chestnut insects. *Oecologia*, 108: 151-158.
- Díaz- Aranda, L.M.; Monserrat, V.J. 1995. Aphiphagous predator diagnosis: Key to general of european chrysopid larvae (Neuroptera: Chrysopidae). *Entomophaga*, 40: 169-181.
- Docavo, I. 1960. *Los géneros de Bracónidos de España*. Monografías de Ciencia Moderna Nº 63. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- Docavo, I. 1964. *Contribución al conocimiento de los Bracónidos de España*. Monografía de Ciencia Moderna. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- Domínguez, F.1993. *Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas*. Mundi-Prensa. Madrid.
- Elkinton, J.S.; Hajek, A.E.; Boettner, G.H.; Simons, E.E. 1991. Distribution and apparent spread of *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes: Entomophthorales) in gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) populations in North America. *Environ. Entomol.*, 20: 1601-1605.
- Elorrieta, J. 1949. *El castaño en España*. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid. 93 pp.
- El-Sayed, A.M. 2008. The Pherobase: database of insect pheromones and semiochemicals. [www.pherobase.com](http://www.pherobase.com) [Consultado 19 febrero 2013].



- Estrada, M; Romero, M.; Rivero, M; Barroso, F. 2004. Presencia natural de *Beauveria bassiana* (Bals.) Bullí. en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* sp. híbrido) en Cuba. Rev. Iberoam. Micol., 21: 43-43.
  
- Fernández, L. 2004. Evaluación de la eficacia de la técnica de trampeo masivo para el contro del perforador de las castañas, *Cydia splendana* (Lepidoptera: Tortricidae) en la Serranía de Ronda. Trabajo Fin de Carrera. Universidad de Córdoba.
  
- Fernández Carrillo, J.L.; Fernández Carrillo, E.; Moreno Marí, J. 2004. Parasitismo de *Schizoprymnus longiseta* (Hymenoptera, Braconidae) sobre *Curculio elephas* (Coleoptera, Curculionidae) en encinares de los Montes de Toledo, Ciudad Real (España) Boletín de la SEA, 35: 257-260.
  
- Fernández, L., Vargas Osuna, E. 2006. *El control de la carpocapsa en la castaña: la experimentación en la serranía de Ronda*. En: 3ª Feria Andaluza de la Castaña. GDR Serranía de Ronda.
  
- Ferreira, J.V.; Fontaihas, A.; Torres, J.M. 1992. Composición química y valor nutritivo del fruto *Castanea sativa* Mill. Estudio comparativo de algunas variedades y árboles silvestres. Seminario internacional sobre los aprovechamientos del castaño: una economía ecológica. Asturias. 45 pp.
  
- Ferron, P. 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. Ann. Rev. Entomol., 23: 409-442.
  
- Ferron, P. 1981. Pest control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. En: *Microbial control of pest and plant diseases, 1981*. Academic Press. England. Cap 24: 465-482.
  
- Ferron, P.; Fargues J.; Riba, G. 1991. *Fungi as microbial insecticides against pest*. Handbook of Applied Micology. Ed. Marcel Dekker, Inc, New York. 733 pp.
  
- Finney, D.J. 1971. *Probit Analysis*. Cambridge Univ. Press. New York, 333 pp.
  
- Flórez, J.; Sánchez, J.A.; Santín, P.J.; González, J.L. 1997. *El castaño de la provincia de León*. Instituto de Restauración y Medio Ambiente, León. 141 pp.

- Fuxa, J.R. 1998. Environmental manipulation for microbial control of insects. En: *Conservation biological control* (Barbosa, P., Ed.). Academic Press, San Diego, 255-289 pp.
- García Castro, M. 2002. Principales especies de la entomofauna asociada a los castaños del Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche (Huelva). Proyecto fin de carrera. Universidad de Córdoba.
- Gauld, I.D. 1984. *An Introduction to the Ichneumonidae of Australia*. British Museum (Natural History).
- Gillespie, A.T., Moorhouse, E.R. 1988. The use of fungi for control pests of agricultural and horticultural importance. En: *Biotechnology of fungi for improving plant growth* (J.M. Whipps; R.D. Lumsden, Eds.). British Mycological Society Symposia, 16.
- Gómez, V.; Blanco, A.; Sánchez, O.; Rubio, A.; Elena, R.; Graña, D. 2002. Autoecología de los castaños andaluces. *Investigaciones agrarias: Sistemas y Recursos Forestales*, 11: 205-226.
- Gómez Bustillo, M.R.; Arroyo Valera, M. 1981. *Catálogo Sistemático de los Lepidópteros Ibéricos*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid.
- Gómez de Aizpúrua, C. 1993. *Cydia fagiglandana* (Zeller, 1841) (Lep. Tortricidae) en España. *Bol. San. Veg. Plagas*, 19: 389-400.
- Griffin, H.D. 1994. *Fungal physiology*. Paperback series. Wiley-Liss. New York.
- Guerrero, A. 1998. Feromonas sexuales de insectos. En: *Insecticidas Biorracionales* (X. Bellés, Ed.). CSIC. Madrid. 271-296 pp.
- Hajek, A.E.; Bauer, L.; Wheeler, M.M.; Mcmanus, M.L. 1998a. Distribution of resting spores of the *Lymantria dispar* pathogen *Entomophaga maimaiga* in soil and on bark. *BioControl*, 43: 189-200.

- 
- Hajek, A.E.; Elkinton, J.S.; Witocsky, J.J. 1996. Introduction and spread of the fungal pathogen *Entomophaga maimaiga* along the leading edge of gypsy moth spread. *Environ. Entomol.*, 25: 1235-1247.
  - Hajek, A.E.; Humber, R.A.; Elkinton, J.S. 1995. Mysterious origin of *Entomophaga maimaiga* in North America. *Am. Entomol.*, 41:31-42.
  - Hajek, A.E.; Humber, R.A.; Elkinton, J.S.; May, B.; Walsh, S.R.A.; Silver, J.C. 1990. Allozyme and RFLP analyses confirm *Entomophaga maimaiga* responsible for 1989 epizootics in North American gypsy moth populations. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 87: 6979-698.
  - Hajek, A.E.; Renwick, J.A.A.; Roberts, D.W. 1997. Effects of larval host-plant on the gypsy-moth (Lepidoptera, Lymantriidae) fungal pathogen, *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes, Entomophthorales). *Environ. Entomol.*, 24: 1307-1314.
  - Hajek, A.E.; Tatman, K.M.; Wanner, P.H.; Wheeler, M.M. 1998b. Location and persistence of gypsy moth, *Lymantria dispar*, cadavers containing *Entomophaga maimaiga* azygospores. *Mycologia*, 90: 754-760.
  - Heras, J. 2012. *Dryocosmus kuriphilus* en Catalunya: situación actual y perspectivas. Feria de la Castañicultura del Bierzo. Jornadas Técnicas. 13-18 de noviembre. Universidad de León.
  - Hoffman, 1963. Tribu des Balanini. En: *Entomologie appliquée a l'Agriculture* (Ed. A.S. Balachowsky.). Masson et Cie. París. Tomo I. Coleoptères. Vol. 2, 1125-1135 pp.
  - Horax, M.; Brown, R.L. 1.991. Taxonomy and Phylogeny. En: *Tortricid Pests* (van der Ges, L.P.S.; Evenhuis, H.H., Eds.). Vol. 5. Amsterdams. Netherlands.
  - Hosny, M.M.; Iss-Hask, R.R.; Nasr El Sayed, A.; El-Deeb Y.A.; Critcheley, B.R.; Topper, C.; Campion,D.G. 1979. Mass-trapping for the control of the Egyption cotton leafworm *Spodoptera littoralis*. British Crop Conference, Pests & Diseases, 395-400 pp.
  - Huang, B. ; Chun-Ru, L.; Zhen-Gang, L. ; Mei-Zhen, F. ; Zeng-Zhi, L. 2002. Molecular identification of the teleomorph of *Beauveria bassiana*. *Mycotaxon*, 81: 229–236.

- Huber, R.T.; Moore, L.; Hoffmann, M.P. 1979. Feasibility study of area-wide pheromone trapping of male pink bollworm moths in a cotton insect pest management program. *Journal of Economic Entomology*, 72: 222-227.
- Ihara, F.; Toyama, M.; Higaki, M.; Mishiro, K.; Yaginuma, K. 2009. Comparison of pathogenicities of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to chestnut pests. *Applied Entomology and Zoology*, 44: 127-132.
- Jiménez, A.; Soria, F.J.; Villagrán, M.; Ocete, M.E. 2005. Descripción del ciclo biológico de *Curculio elephas* Gyllenhal (1836) (Coleoptera: Curculionidae) en un encinar del sur de España. *Bol. San. Veg. Plagas*, 31: 353-363.
- Junta de Andalucía, 2002. *Curculio elephas* Gyll. Fichas divulgativas. Consejería de Medio Ambiente.
- Kellogg, F.E. 1970. Water vapour and carbon dioxide receptors in *Aedes aegypti*. *J. Insect Physiol.*, 16: 99-108.
- Krieger, J.; Große-Wilde, E.; Gohl, T.; Breer, H. 2005. Candidate pheromone receptors of the silkworm *Bombyx mori*. *Europ. J. Neurosc.*, 21: 2167-2176.
- Lecuona, R. E. 1996. *Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga*. Talleres Gráficos Mariano Mas. Argentina. Pag. 35-60.
- Liebhold, A.M.; Tobin, P.C. 2008. Population ecology of insect invasions and their management. *Annu. Rev. Entomol.* 53: 387-408.
- Linares, M.J. 2005. Biología de especies del género *Catocala*, defoliadoras de la encina en el sur de España. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba.
- Liñan, C. de, 1998. *Entomología Agroforestal*. Insectos y ácaros que dañan montes, cultivos y jardines. Ed. Agrotécnicas S.L. Madrid.
- Liñan, C. de, 2012. *Vademecum de Productos Fitosanitarios y Nutricionales*. Ediciones Agrotécnicas. Madrid.

- López, A. 2001. Daños causados por insectos perforadores del fruto de las encinas (*Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*) con síntomas de seca. Proyecto fin de carrera. E.T.S.I.A.M. Universidad de Córdoba.
  
- López Fragueiro, M. 2002. Diferenciación morfológica de epidóteros carpófagos de la familia Tortricidae que causan daños a especies forestales. Trabajo Fin de Carrera. Universidad de Córdoba.
  
- López L.V.; Hans Börje J. 2001. Biodiversidad del suelo: control biológico de nemátodos fitopatógenos por hongos nematófagos. Cuaderno de Biodiversidad, 6: 12.
  
- López Lillo, A.; Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. 2001. *Árboles en España*. Manual de identificación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
  
- Maniania, N.K. 1993. Evaluation of three formulations of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. For control of the stem borer *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae). J. Appl. Ent. 115: 266-272.
  
- Mansilla, J.P. 1984. Principales insectos que atacan al Castaño en Galicia. Acta de las II Xornadas de estudio sober do tem (Os usos do monte en Galicia). Publicaciones del seminario de estudios gallegos. Cuadernos de Área de Ciencias Agrarias nº 5.
  
- Mansilla, J.P.; Salinero, M. C. 1993. *Pammene fasciana* L. (Lep., Tortricidae) tortrícido precoz del castaño (*Castanea sativa* Mill.). Bol. San. Veg. Plagas, 19: 151-157.
  
- Mansilla, P.; Pérez Otero, R.; Salinero, M.C.; Vela, P. 1999. Control integrado de las plagas del castaño en el area de Verin (Orense): resultados de tres años de experiencia. Bol. San. Veg. Plagas, 25: 297-310.
  
- Mansilla, J.P.; Pérez Otero, R.; Pintos, C.; Salinero, C.; Iglesias, C. 2000. *Plagas y enfermedades del castaño en Galicia*. Xunta de Galicia. Consellería de Agricultura, Ganadería e Política Agroalimentaria. Pontevedra.
  
- Menu, F. 1993. Strategies of emergence in the chestnut weevil *Curculio elephas* (Coleoptera: Curculionidae). Oecologia, 96: 383-390.

- Molina, T. 2009. Aislamiento de hongos entomopatógenos en larvas defoliadoras, suelo y filoplano en encinares de la provincia de Córdoba y determinación de su patogenicidad. Trabajo Fin de Carrera. Universidad de Córdoba.
- Montoya, R.; Hernández Alonso, R. 1988. Un ejemplo de aplicación de feromonas: la procesionaria del pino. En: *Insecticidas Biorracionales* (Bellés, X.). C.S.I.C. Cap. 13, 345-353 pp.
- Muñoz, C.; Pérez, V.; Cobos P.; Hernández.; y Sánchez, G. 2003: *Sanidad forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques*. Mundi-Prensa, Madrid, 576 págs.
- Moreno de Borbón, C.M.; Fernández, G.; Ortuño, S.F. 1998. Economía del castaño (*Castanea sativa* Mill.) en España. *Revista Forestal Española*, 18: 11-21.
- Navarro, R. 2009. Actividad insecticida de entomopatógenos contra insectos que causan daños a *Quercus ilex* y *Castanea sativa*. Trabajo Fin de Carrera. Universidad de Córdoba.
- Nguyen, N.T.H.; Borgemeister, C.; Poehling, H.M.; Zimmermann, G. 2004. Laboratory investigations on the potential of entomopathogenic fungi for biocontrol of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae) larvae and pupae. *Bioc. Sci. Technol.*, 17: 853-864.
- Noyd, R.K. 2000. *Mycology Referente Cards*. The American Phytopalological Society. St. Paul, Minesota. USA.
- Nuez, F.; Llácer, G. 2001. *La horticultura española*. Ediciones de Horticultura. Reus (Tarragona).
- Núñez Granados, M.A. 1998. El medio físico del P.N. de la Sierra de Aracena-Picos de Aroche y su entorno. Paleoalteraciones, edafogénesis actual y unidades ambientales. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Onucar, A.; Ulu, O. 1989. Faunistic survey studies in chestnut plantations and establishment of control measures against the main pests in Izmir. *Doga, Turk Tarm ve Ormanclk Dergisi.*, 13: 637-643.

- Pardiñas, M. 1987. *El castaño*. Editorial Sintet, S.A., Barcelona. 119 pp.
- Pell, J.K.; Eilenberg, J.; Hajek, A.E.; Steinkraus D.C. 2001. Biology, ecology and pest management potential of Entomophthorales. En: *Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential* (Butt T.M.; Jackson, C.; Magan, N., Eds). CAB International, Wallingford, 71-153 pp.
- Pérez Guerrero, S. 2008. Selección de entomopatógenos para el control de plagas de lepidópteros de importancia en Andalucía Occidental. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Perrier, R. 1970. *La Faune de la France*. Illustrée III. Myriapodes. Insectes inférieurs. Delagrave. París.
- Perrier, R. 1971a. *La Faune de la France*. Illustrée V. Coléoptères. 1a Partie. Delagrave. París.
- Perrier, R. 1971b. *La Faune de la France*. Illustrée V. Coléoptères. 2a Partie. Delagrave. París.
- Perrier, R. 1971c. *La Faune de la France*. Illustrée IV. Hémiptères. Delagrave. París.
- Picoaga, A.; Abelleira, A.; Mansilla, J.P. 2008. Initial studies on the diversity and persistence of entomopathogenic nematodes in chestnut soils in Galicia. *Acta Horticulturae*, 784: 181-186.
- Picoaga, A.; Abelleira, A.; Mansilla J.P. 2008. Presencia de nematodos entomopatógenos en suelo de castaño en Galicia. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 26: 39-43.
- Portevin, G. 1935. *Historie naturelle des Coléoptères de France*. Tome IV. Polyphagie : Rhynchophores. Lechevalier. París.
- Quesada-Moraga, E.; Carrasco-Diaz, J.A.; Santiago-Alvarez C. 2006. Insecticidal and antifeedant activities of proteins secreted by entomopathogenic fungi against *Spodoptera littoralis* (Lep., Noctuidae). *J. Appl. Entomol.*, 130: 442-452.

- Real, P.; Balachowsky A.S. 1966. Familia des Gracillariidae. En: *Entomologie appliquée a l'Agriculture* (Ed. A.S. Balachowsky.). Masson et Cie. París. Tomo II. Lépidoptère. Vol. 1, 309-335 pp.
- Remaudiere G.; Seco Fernández M.V. 1990. *Claves de pulgones alados de la región mediterránea*. Vol. 1 y 2. Universidad de León. España.
- Richard, O.W. 1980. Scolioidea, Vespoidea And Sphecoidea. En: *Handbooks For The Identification of British Insects*, Vol. VI, part 3(b). Royal Entomological Society Of London.
- Richard, O.W.; Davies, R.G. 1970. *A General Textbook of Entomology*. Methven & Colad. London. 626 pp.
- Roberts, D.A. y Boothroyd, C.W. 1978. *Fundamentos de Patología Vegetal*. Editorial Acribia. Zaragoza.
- Rodríguez Álvarez, J. 2002. Biología de los insectos perforadores de frutos del castaño e incidencias de los daños en el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche (Huelva). Proyecto fin de carrera. Universidad de Córdoba.
- Romanyk, N.; Cadahia, D. 1992. *Plagas de insectos en las masas forestales españolas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 342 pp.
- Rotundo, G.; Cristofaro, A. de Parillo, R.; Germinara, G.S. 2010. Monitoring of chestnut moths by intra- and interspecific semiochemicals. *Acta Horticulturae*, 866: 435-441.
- Rotundo, G.; Giacometti, R. 1988. Individualization of an attractive mixture for males of *Cydia fagiglandana* Z. (Lep. Tortricidae) by means of a field study. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri'*, 45: 81-97.
- Ruiz de La Torre, J. 1979. *Árboles y arbustos de la España peninsular*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid. 512 pp.
- Samson, R.A. 1981. Identification: entomopathogenic deuteromycetes. En: *Microbial control of pest and plant diseases, 1981*. Academic Press. England. Cap 6, 93-105 pp.



- 
- Santoyo, E. 2005. Biología de los principales perforadores del fruto, *Cydia fagiglandana* (Lep., Tortricidae) y *Curculio elephas* (Col., Curculionidae) en encinares afectados por la Seca. Trabajo Fin de Carrera. Universidad de Córdoba.
  - Scholte, E.J.; Knols, B.G.J.; Samson, R.A.; Takken, W. 2004. Entomopathogenic fungi for mosquito control: A review. *Journal of Insect Science*, 4: 19-43.
  - Seguy, E. 1965. *La Faune de la France*. Illustrée. VII. Diptères. Aphaniptères. Delagrave. París.
  - Shah, P.A.; Pell, J.K. 2003. Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Appl. Microbiol. Biotech.*, 61: 413-423.
  - Sieber, T.N.; Jermini, M.; Conedera, M. 2007. Effects of the harvest method on the infestation of chestnuts (*Castanea sativa*) by insects and moulds. *Journal of Phytopathology*, 155: 497-504.
  - Sikura, A.I. 1974. *Moyens biologiques des Protection des Végétaux* (E.M. Chumakova; E.V. Gusev; N.S. Fedorinchik, Eds.), Moscú. Págs., 68-74.
  - Soria, F.J.; Villagrán M.; Del Tió R.; Ocete M.E. 1995. Incidencia de *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Col.: Curculionidae) en alcornoques y encinares del parque natural Sierra Norte de Sevilla. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 21: 195-201.
  - Soria, F.J.; Villagrán, M.; Martín, P.; Ocete, M.E. 1997. Estudio sobre la distribución de frutos afectados por *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Col.: Curculionidae) en alcornoque (*Quercus suber* L.). *Bol. San. Veg. Plagas*, 23: 289-294.
  - Soria, F.J.; Villagrán, M.; Martín, P.; Ocete, M.E. 1999 a. *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Col.: Curculionidae) y *Cydia fagiglandana* (Zeller) (Lep.: Tortricidae) en encina (*Quercus rotundifolia* Lam.): infestación y relaciones interespecíficas. *Bol. San. Veg. Plagas*, 25: 125-130.
  - Soria, F.J.; Cano, E.; Ocete, M.E. 1999 b. Valoración del ataque de *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Coleoptera, Curculionidae) y *Cydia* spp. (Lepidoptera, Tortricidae) en el fruto de alcornoque (*Quercus suber* Liné). *Bol. San. Veg. Plagas*, 25: 69-74, 1999.

- Speranza, S. 1999. Chestnut pest in Central Italy. Proc. 2<sup>nd</sup> International Symposium on Chestnut. Ed. G. Salesses. Acta Horticulturae, 494: 417-423.
- Storey, G.K. Y Gadner, W.A. 1988. Movement of an aqueous spray of *Beauveria bassiana* into the profile of four Georgia soils. Envirom. Entomol. 17 : 135-139.
- Ting, D. 2009. Human health risk assessment of isomate LBAM Plus. Pesticide and Environmental Toxicology Branch, Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency.
- Tinsworth, E.F. 1990. Regulation of pheromones and other semiochemicals in the United States. En: *Behavior-modifying chemicals for insect management: applications of pheromones and other attractants* (R.L. Ridgway; R.M. Silverstein; M.N. Inscoe, Eds.). Marcel Dekker, New York. pp. 569-603.
- Torremocha, E. 2001. *Los castaños del Valle del Genal (Málaga): Un cultivo tradicional*. Biblioteca Popular Malagueña, 85. Servicio de publicaciones centro de ediciones de la Diputación de Málaga. Málaga.
- Torres-Vila, L.M.; Cruces Caldera, E.; Sánchez González, A.; Ferrero García, J.J.; Ponce Escudero, F.; Martín Vertedor, D.; Aza Barrero, C.; Rodríguez Corbacho, F.; Barrena Galán, F. 2008. Dinámica poblacional y daños de *Curculio elephas* Gyllenhal (Col.: Curculionidae), *Cydia fagiglandana* Zeller, *Cydia triangulella* Goeze y *Pammene fasciana* L. (Lep.: Tortricidae) sobre *Quercus* y *Castanea* en Extremadura. Bol. San. Veg. Plagas, 34: 329-341.
- Torres-Vila, L.M.; Martín Vertedor, D.; Cruces Caldera, E.; Sánchez González, A.; Ferrero García, J.J.; Ponce Escudero, F.; C.; Barrena Galán, F.; Rodríguez Corbacho, F.; Baixeras Almela, J. 2010. Falta de selectividad de las feromonas sexuales sintéticas de *Cydia fagiglandana* Zeller, *Cydia splendana* Hübner y *Pammene fasciana* Linnaeus (Lepidoptera: Tortricidae) en condiciones de campo en Extremadura. Phytoma España, 220: 61-68.
- Trapero, A.; Sánchez, M.E.; Pérez de Algaba, A.; Romero, M.A.; Navarro, N.; Gutiérrez, J.; 2000. *Enfermedades de Especies Forestales en Andalucía*. Agricultura, 821: 822-824.

- 
- Tuncer, C.; Serdar, U. 1996. Studies on the infestation ratio of chestnut fruits and determining of the time of larval exit from fruits in chestnut growing area of Sinop Province, Turkey. *Ondokuzmayis Universitesi, Ziraat Fakultesi Dergisi*, 11: 3, 127-144.
  - Urquijo, P.; Sardiña, S.R.; Santaolalla, G. 1971. *Patología Vegetal Agrícola*. Ediciones Mundi-Prensa. 755 pp.
  - Varner, M.; Lucin, R.; Mattedi, L.; Forno, F. 2001. Experience with mating disruption technique to control grape berry moth, *Lobesia botrana*, in Trentino. *IOBC/WPRS Bulletin*, 24: 81-88.
  - Vázquez, F.M.; Esparrago, F.; López, J.A.; Jaraquemada, F. 1990. Los ataques de *Curculio elephas* Gyll. (*alaninus elephas*) y *Carpocapsa* sp. L. sobre *Quercus rotundifolia* Lam. en Extremadura. *Bol. San. Veg. Plagas*, 16: 755-759.
  - Vinciguerra, M.T.; Clausi, M. 2006. Biological control of chestnut insect pests by means of entomopathogenic nematodes. *Advances in Horticultural Science*, 20: 40-44.
  - Waldner, W. 1997. Three years of large-scale control of codling moth by mating disruption in the South Tyrol, Italy. *IOBC/WPRS Bulletin* 20: 35-44.
  - Weiser, J.; Bucher, G.E.; Poinargo, J.R. 1976. Host relationships and utility of pathogens. En: *Theory and practice of biological control* (Huffaker C.B. & Messenger, P.S., Eds.). Academic Press, New York. 169-185 pp.
  - White, R.A.; Paim U.; Seabrook W.D. 1974. Maxillary and labial sites of carbon-dioxide sensitive receptors of larval *Orthosoma brunneum* (Forster) (Coleoptera, Cerambycidae). *J. Comp. Physiol.*, 88: 235–246.
  - Wilson, E.O. 1965. Chemical communication in the social insects. *Science*, 149: 1064-1071.
  - Witzgall, P.; Kirsch, P.; Cork, A. 2010. Sex Pheromones and their impact on pest management. *J. Chem. Ecol.*, 36: 80–100.
  - Wright, R. H. 1964. After Pesticides what? *Nature*, 204: 121–125.

- Yamamoto, A.; Ogawa, K. 1989. Chemistry and commercial production of pheromones and other behaviour-modifying chemicals. En: *Insect pheromones in plant protection* (A.R. Jutsum; R.F.S. Gordon, Eds.). John Wiley, London. pp. 123–148.



## **Anexo fotográfico**





**Foto 1. Parcela de Cortegana.**



**Foto 2. Parcela de Jabugo.**



**Foto 3. Parcela de Fuenteheridos.**



**Foto 4. Parcela de Los Marines**





**Foto 5. Vista general parcela de Pujerra.**



**Foto 6. Vista general parcela de Parauta.**



**Foto 7. Parcela de Genalguacil.**



**Foto 8. Parcela de Jubrique.**



**Foto 9. Trampa tipo Polillero.**



**Foto 10. Trampa Polillero en un castaño.**



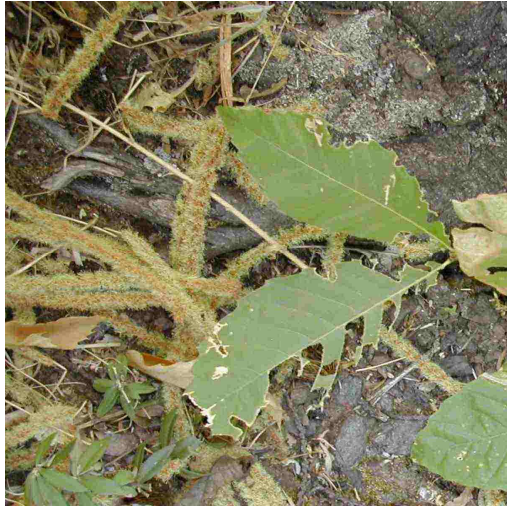
**Foto 11. Trampa tipo Delta.**



**Foto 12. Trampa Delta en un castaño**



**Foto 13. Aplicación tópica de *Beauveria bassiana* sobre larvas de carpófagos.**



**Foto 14. Daños por defoliadores en castaño**



**Foto 15. Larva de *Lymantria dispar* en castaño**



**Foto 16. Galería típica formada por larva de *Lithocollethis* en el haz de una hoja de castaño**



**Foto 17. Galería típica formada por larva de *Lithocollethis* en el haz de una hoja de castaño**



**Foto 18. Mina sinuosa realizada por larva de *Nepticula* sp. en hoja de castaño**



**Foto 19. Galería típica de *Tischeria* sp. en hoja de castaño**



Foto 20. Ninfas de *Lachnus roboris* en rama de castaño



Foto 21. Colonia de *Lachnus roboris* en castaño



Foto 22. Adulto de *Cydia splendana*

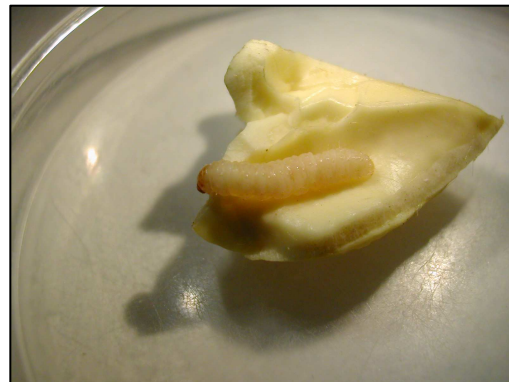


Foto 23. Larva de *Cydia splendana*



Foto 24. Adulto de *Cydia fagiglandana*



Foto 25. Larva de *Cydia fagiglandana*



Foto 26. Adulto de *Pammene fasciana*

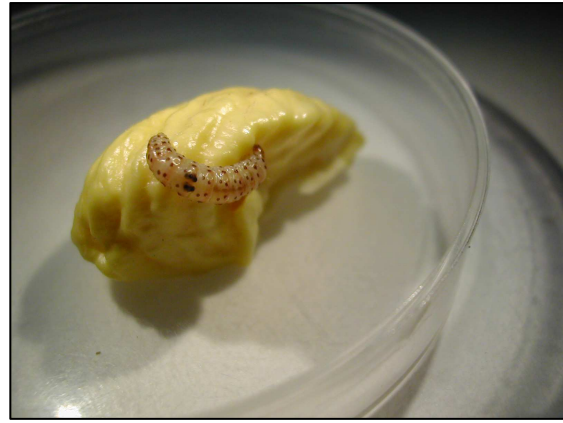


Foto 27. Larva de *Pammene fasciana*



Foto 28. Adulto de *Curculio elephas*



Foto 29. Larva de *Curculio elephas*



Foto 30. Orificios de salida de *Cydia splendana* (izquierda) y de *Curculio elephas* (derecha)