

Distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* Gyllenhal en encina (*Quercus ilex* L.)

Jiménez, A.¹; López, M. Á.¹; González-Andújar J. L.²; Ocete, M. E.¹; Soria, F. J.¹

¹ Laboratorio de Entomología Aplicada, Departamento de Fisiología y Zoología, Universidad de Sevilla, Avda. Reina Mercedes 6, 41012-Sevilla, España.

Correo electrónico: pino@us.es.

² Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC). Apto. 4084.14080 Córdoba. España.

Recibido:4/2/08 Aceptado: 3/10/08

Resumen

Curculio elephas es una de las plagas carpófagas más importantes en encinares y castaños en España. El presente trabajo se llevó a cabo durante un periodo de cuatro años en una dehesa del sur de España, y se ha estudiado la distribución espacial usando métodos clásicos (índices de infestación, índices de dispersión, ajustes a distribuciones estadísticas) y elaborando mapas de densidad larvaria. Nuestros principales resultados fueron: 1) alta incidencia de *C. elephas* en las encinas de la parcela de muestreo, presentándose de un 32 a un 57,4 % de las bellotas infestadas por el balanino; 2) los índices de dispersión, las distribuciones estadísticas y los mapas de densidad larvaria confirman que *C. elephas* presenta una distribución agregada y una estabilidad espacio-temporal de sus poblaciones a lo largo del periodo de estudio; 3) relación directa entre la infestación y la densidad larvaria y el tamaño medio de las bellotas. Estos resultados indican que la distribución espacial anual de *C. elephas* fue heterogénea y que posiblemente esté relacionada, entre otros factores, con la distribución de las encinas con bellotas en las dehesas y de su calidad y grado de madurez.

Palabras clave: balanino, dehesa, distribución agregada

Summary

Spatial distribution and mapping of *Curculio elephas* Gyllenhal in holm oak (*Quercus ilex* L.)

The weevil, *Curculio elephas* is one of the most important carpophagous pest of holm oaks and chestnut trees in Spain. The present paper performed during a four year period in an economically exploited holm oak forest area in Southern Spain, investigated the chestnut weevil spatial distribution using both classic methods (infestation indices, dispersion indices, fitting to statistical distributions) and by elaborating larval density maps. Our main findings were: 1) a very high incidence of *C. elephas* was detected on the holm oaks of the experimental plot, with 32-57.4 % of the acorns infested by the weevil; 2) dispersion indices, statistical distributions and larval density maps confirmed that *C. elephas* had an aggregated distribution and the spatio-temporal stability of its population over long term periods; 3) a direct relation was detected between the weevil infestation and larval density indices and the medium size of the acorns. These results indicate that the annual spatial distribution of *C. elephas* was heterogeneous and that it was possibly related, among other factors, to the distribution of holm-oak with acorns inside the forest and to their quality and degree of ripeness.

Key words: chestnut weevil, dehesa, aggregated distribution

Introducción

El género *Quercus* L. está ampliamente distribuido por el mundo y presente en la mayoría de los ecosistemas forestales. La encina y el alcornoque son las especies arbóreas más representativas del bosque mediterráneo, que se caracteriza por presentar una climatología con inviernos moderadamente húmedos y veranos muy calurosos y secos. España es el primer país en cuanto a extensión de encinares, ocupando unas 2.705.394 ha y una superficie arbolada del 16,48 %. En el sur de España (Andalucía), zona donde se ha realizado el presente estudio, los encinares ocupan un 34 % de la cobertura arbórea con unas 887.379 ha de extensión (M.A.P.A., 1999).

En Andalucía, gran parte de los bosques de encinas se ha transformado en “dehesas”, ecosistemas agroforestales donde están perfectamente integrados el aprovechamiento económico y el mantenimiento de sus valores ambientales y ecológicos (Scarascacia *et al.*, 2000), de tal forma que en 2002 una superficie de 425.000 ha de dehesas en Sierra Morena (SO España) fueron declaradas por la UNESCO Reserva de la Biosfera.

En las dehesas, las bellotas son consumidas, principalmente, por el cerdo ibérico. Sin embargo, también sirven de alimento a distintos insectos carpófagos, grandes ungulados y pequeños roedores (Hrasovec y Margaletie, 1995; Leiva y Fernández-Alés, 2005). La presencia de estos insectos carpófagos en los encinares es un factor biótico que afecta a la calidad y viabilidad de los frutos (Soria *et al.*, 1996; Leiva y Fernández-Alés, 2005). En la zona de estudio, habría que destacar los insectos carpófagos *Curculio elephas* Gyllenhal y *Cydia fagiglandana* (Zeller) (Soria *et al.*, 2002 y 2005; Jiménez *et al.*, 2005 a, b y 2006). Las larvas de estos insectos se desarrollan dentro de las bellotas provocando una caída prematura, destrucción de los cotiledones y una disminución de peso y tamaño (Vázquez *et al.*, 1990; Soria *et al.*, 1996 y 1999 a y b; Branco *et al.*, 2001; Yu *et al.*, 2003).

C. elephas, conocido vulgarmente como «balanino» de las castañas, es un fitófago que afecta a un gran número de frondosas aunque, en la región mediterránea, sus daños son más importantes en encinas y castaños. Diversos autores han citado la incidencia y valorado los daños de esta plaga en diferentes partes de Europa y de la zona mediterránea como Argelia, Italia Polonia, Portugal y España (Pomorski y Tarnawski, 1980; Vázquez *et al.*, 1990; Menu y Debouzie, 1993; Soria *et al.*, 1996; Papparatti y Speranza, 1999; Yaman *et al.*

1999; Branco *et al.*, 2001; Chakali *et al.*, 2002; Leiva y Fernández-Alés, 2005).

C. elephas presenta un ciclo con una generación al año y cuatro estadios larvales (Colizza, 1929). En los encinares del sur de España, los adultos emergen desde finales de septiembre o principios de octubre, coincidiendo con las primeras lluvias otoñales, y dejan de observarse a finales de octubre. Las puestas se observan desde mediados de septiembre o principios de octubre hasta finales de noviembre o mediados de diciembre (Jiménez, 2003). El desarrollo larvario dura entre 35 y 40 días, tras los cuales el fruto ha quedado totalmente excavado y lleno de excrementos (Jiménez *et al.*, 2005). Al finalizar su fase de alimentación en el fruto, salen y se entierran en el suelo donde construyen un cocón terroso para hibernar (Rupérez, 1960; Bovey *et al.*, 1975; Rotundo y Rotundo, 1986; Hrasovec y Margaletie, 1995; Menu y Desouhant, 2002).

La distribución espacial de los individuos dentro de un ecosistema es una de las características más importantes a la hora de plantear un estudio bioecológico de las especies plaga y desarrollar programas de manejo integrado de éstas (Brenner *et al.*, 1998; Blom y Fleisher, 2001). Dicha distribución se puede estudiar empleando índices de dispersión y ajustes a distribuciones estadísticas (Poisson o Binomial Negativa). Los resultados de estos estudios indican si la población presenta una distribución al azar, uniforme o agregada (Iwao, 1968; Iwao y Kuno, 1968; Pielou, 1977; Cadahia, 1977; Taylor, 1984). La distribución de Poisson plantea que los individuos de una población se encuentran esparcidos aleatoriamente y con independencia unos de otros, mientras que la distribución binomial negativa es la que mejor explica fenómenos agrupados, es decir, poblaciones agrupadas o contagiosas (Sokal y Rohlf, 1981). Por otro lado, es posible realizar mapas detallados de la distribución sobre la topografía de un área gracias a la utilización de sistemas de posicionamiento geográfico por satélite y sistemas de información geográfica (Ramírez-Dávila *et al.*, 2005).

En este trabajo se ha estudiado la distribución espacial de *C. elephas* en un encinar del sur de España, utilizando métodos clásicos, como los índices de dispersión y distribuciones estadísticas, y la elaboración de mapas de densidad poblacional. La elaboración de estos mapas junto con el conocimiento de algunas características del hospedador y del área donde se asienta la población, nos permite saber cuales son algunos de los factores que contribuyen a dicha distribución espacial.

Materiales y métodos

1. Área de estudio

El seguimiento de *Curculio elephas* se realizó en una dehesa de encinas localizada en Sierra Morena, concretamente en la Sierra Norte de Sevilla, en la localidad de Castilblanco de los Arroyos (U.T.M. 29SQB6482) a 47 km de Sevilla. El clima de la Sierra Norte se clasifica como mesomediterráneo de tipo ligeramente oceánico, con inviernos moderados y escasa incidencia de temperaturas medias inferiores a 0° C. Predominan los vientos SW, frecuentemente cargados de humedad, que provocan lluvias de valores medios comprendidos entre 500 y 800 mm anuales.

En este encinar se eligió una parcela de muestreo de forma romboidal con 104 árboles (Figura 1) y un extensión aproximada de 2 ha. La parcela presenta un arbolado con perímetros comprendidos entre 52 cm y 139 cm (valor medio 89,5 cm). El sotobosque está compuesto por amplias zonas de matorral medio-alto, integrado principalmente por *Cistus salvifolius* L., *Cistus ladanifer* L., *Phlomis purpurea* L., *Lavandula stoeches* L., *Ulex* sp., y *Genista* sp. El estrato herbáceo está com-

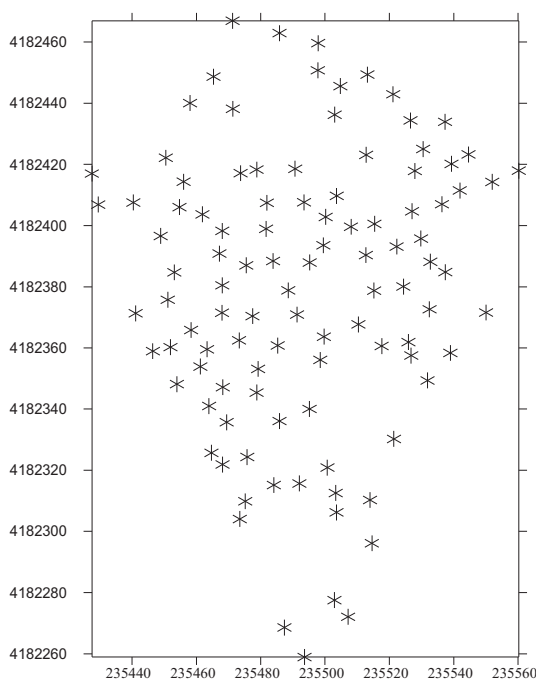


Figura 1. Distribución espacial de encinas en la parcela de muestreo. Eje de abscisas y ordenadas = coordenadas U.T.M.

puesto por pastizal terofítico, de carácter efímero, constituido fundamentalmente por especies de los géneros *Anthyllus* y *Poa*. En diciembre de 2000 la parcela de muestreo se aisló del resto del encinar con una alambrada que impedía la entrada del ganado típico de la zona (ganado vacuno y cerdo ibérico) y ungulados salvajes, para así evitar la pérdida de frutos por consumo. Sin embargo, no se pudo evitar la pérdida de frutos causada por pequeños roedores.

2. Métodos de muestreo

Las 104 encinas de la parcela fueron marcadas y referenciadas con un GPS de alta precisión y medidas en perímetro. Los muestreos se realizaron sistemáticamente durante los años 2001 a 2004 y consistieron en la recogida de 25 frutos de cada encina, justo bajo su zona de proyección y de forma aleatoria ya que la distribución de *C. elephas* en la copa es uniforme (Debouzie *et al.* 1993; Delphanque *et al.*, 1986, Soria *et al.*, 1997 y 1999). El periodo elegido para los muestreos fue a finales de noviembre o principios de diciembre, meses en los que la encina ha tirado al suelo la inmensa mayoría de sus frutos.

En el laboratorio, las bellotas fueron diseccionadas y analizadas, anotándose el número de larvas, vivas o muertas, y el número de orificios de salida del balanino (cada orificio se corresponde con un individuo). Con los datos de cada árbol se calcularon dos índices poblacionales: infestación (proporción de frutos atacados) y densidad (nº medio de larvas/fruto).

A partir de 2002, los frutos también se midieron en anchura y longitud máximas, con el objetivo de probar la influencia del tamaño de la bellota del hospedador durante la selección de frutos de la hembra del balanino para ovoposición. Para ello, el volumen (V) de cada fruto fue estimado como:

$$V = \pi r^2 l / 3 \quad (l: \text{longitud}, r: \text{anchura}/2).$$

Los datos sobre infestación, densidad larvaria y volumen del fruto fueron comparados con los métodos no paramétricos Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney, previa comprobación de la no normalidad de los datos de cada año con el test Wilk-Shapiro. El nivel de significación elegido fue del 5 %.

3. Análisis de distribución espacial

La distribución espacial larvaria de *C. elephas* se estudió utilizando métodos estadísticos clásicos y elaborando mapas de densidad poblacional. Los métodos clásicos empleados fueron las distribuciones estadísti-

cas Poisson y binomial negativa y los índices de dispersión ID (índice de dispersión, $ID=S^2/\mu$) y IG (índice de agregación de Green, $IG=(ID-1)/(n-1)$). Estos métodos son dependientes del tamaño de las unidades de muestreo y de la relación entre la media y la varianza (Sawyer, 1989; Hurlbert, 1990). Para ajustar las distribuciones se ha empleado el programa estadístico Xlstat 2006 (Addinsoft SARL, USA) y los métodos de estimación de momentos para la distribución de Poisson y máxima verosimilitud para la binomial negativa. También se consideró el valor del parámetro K de la distribución binomial negativa que es en sí mismo un índice de contagio y está relacionado inversamente con el patrón de agregación (Southwood, 1978; Taylor, 1984).

Se elaboraron cuatro mapas de densidad larvaria, uno por cada año, utilizando el método de la distancia inversa como interpolador del programa Surfer 7 (Golden software, Golden, CO, USA) Los mapas de años consecutivos fueron comparados para ver la estabilidad a largo plazo de las poblaciones larvarias de *C. elephas*. Estas comparaciones se realizaron utilizando una modificación de la prueba estadística de Cramér-Von Mises (ψ) (Syrjala, 1966). El nivel de significación empleado fue del 5 %.

Resultados

1. Índices poblacionales

Curculio elephas estuvo presente en la parcela de muestreo los cuatro años de muestreo afectando a la mayoría de las encinas portadoras de frutos (Cuadro 1). Los valores de infestación y densidad fueron altos y mostraron diferencias significativas en la prueba de Kruskal-Wallis (infestación, $\chi^2=69,016$; $P<0,0001$; densidad larvaria, $\chi^2=65,294$; $P<0,0001$). Ambos valores fueron significativamente más bajos en 2001 y 2003 y más altos en 2002 y 2004.

2. Distribución espacial: métodos clásicos

En el cuadro 2 se muestran los resultados de la distribución de las larvas de *C. elephas* obtenidos con los diferentes métodos estadísticos que se han aplicado. Los valores del índice de dispersión I.D. (superiores a 1) indican un tipo de distribución agregada durante los cuatro años del estudio. El índice de Green I.G. confirmó dicha agregación con valores superiores a 0, aunque el nivel de agregación es muy bajo porque su valor es cercano a 0. Respecto a las distribuciones estadísti-

Cuadro 1. Comparación de los índices de infestación y densidad larvaria de las larvas *C. elephas* en bellotas de encinas durante los cuatro años de muestreo. % I= % encinas afectadas.

	2001	2002	2003	2004
Nº encinas con frutos	82	87	95	78
% I	95,12	98,85	100	97,43
Infestación	0,320±0,010	0,574±0,011	0,393±0,010	0,502±0,011
Densidad larvaria	0,436±0,015	0,809±0,020	0,555±0,016	0,819±0,023

Cuadro 2. Valores de los índices de dispersión y ajustes a distribuciones estadísticas. N.S.= no significativa, S.= Significativa. ID= índice de dispersión. IG= índice de agregación de Green.

Años	I.D.	I.G.	Poisson	Binomial Negativa	Parámetro K
2001	3,73	0,033	N.S.	S.	2,882
2002	4,06	0,035	N.S.	N.S.	-
2003	3,11	0,022	N.S.	S.	7,066
2004	5,72	0,061	N.S.	S.	3,088

cas, los resultados indican una distribución agregada ya que los datos no se ajustaron a la distribución de Poisson y sí a la binomial negativa, excepto en 2002. El valor de K osciló entre 2,882 y 7,066, indicando los mayores grados de agregación en 2001 y 2004 y más bajo en 2003. Se descarta 2002 por la falta de ajuste.

3. Distribución espacial: mapas de distribución

Los mapas de distribución de *C. elephas* durante los cuatro años de muestreos (Figuras 2 a 5) indican que el insecto se localizó por toda la parcela, colonizando casi

la totalidad de las encinas portadoras de frutos. Sin embargo, esa colonización no fue regular ni al azar como demuestran los índices de dispersión y las distribuciones estadísticas, así como los distintos centros de agregación que se observan en los mapas. Estos centros de agregación se encuentran distribuidos por toda la parcela, mezclándose árboles y zonas de baja densidad del

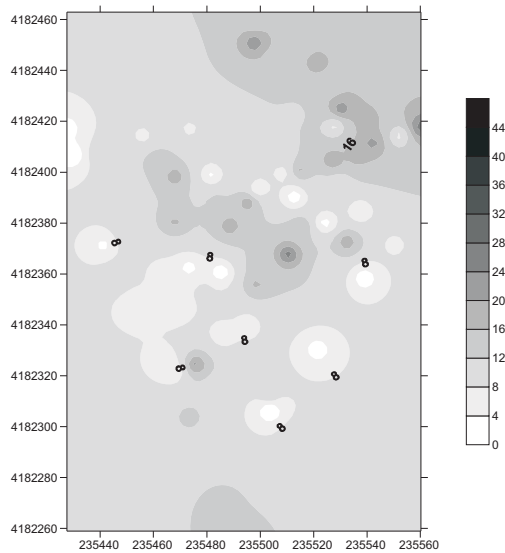


Figura 2. Mapa de densidad larvaria en 2001.

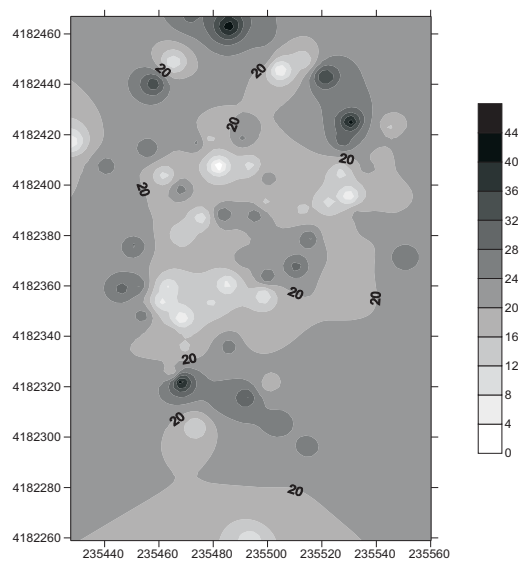


Figura 3. Mapa de densidad larvaria en 2002.

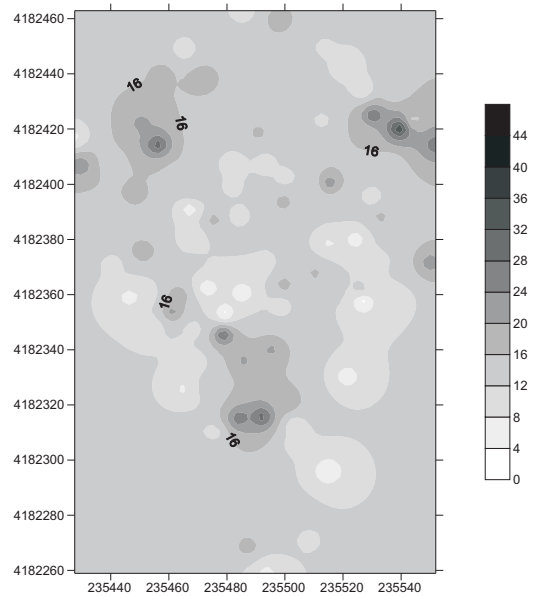


Figura 4. Mapa de densidad larvaria en 2003

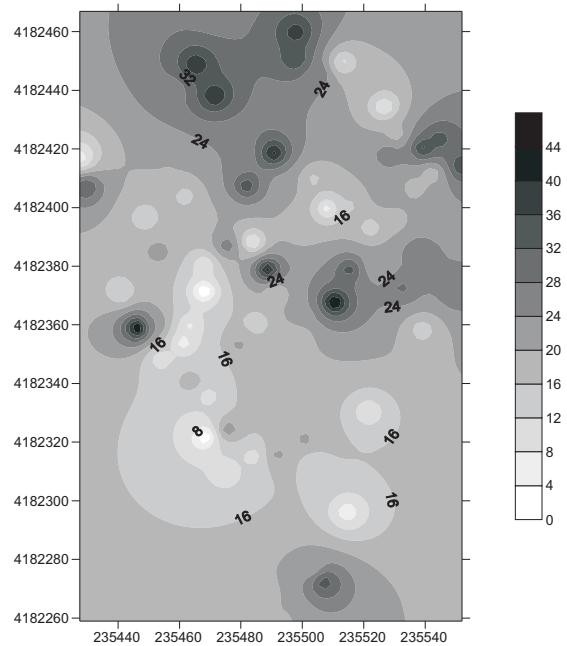


Figura 5. Mapa de densidad larvaria en 2004.

insecto con otras de mayor densidad. Asimismo los mapas con un número mayor de centros de agregación son 2002 y 2004, coincidiendo con los años de mayor densidad larvaria.

Aunque se aprecian diferencias visuales entre los distintos mapas, la prueba de Cramér-Von Mises (ψ) (cuadro 3) indica una estabilidad espacio-temporal a largo plazo de la población larvaria del insecto, ya que al comparar los años sucesivos no se observan diferencias significativas.

4. Relación densidad larvaria y tamaño del fruto

Todas las bellotas (infestadas y no infestadas por *C. elephas*) recogidas durante el periodo 2002 a 2004 tienen un tamaño similar (estadístico Kruskal-Wallis=0,594; P= 0,743) (cuadro 4), por tanto, esta variable no resultó ser un factor determinante durante el proceso de colonización de balanino. Sin embargo, la densidad larvaria mostró una correlación positiva y significativa con el volumen medio de los frutos recogidos los tres años de muestreos (coeficiente correlación de Pearson, 2002: 0,464; 2003: 0,404; 2004: 0,606). Por otra parte, para cada año muestreado los tamaños medios de bellotas infestadas por *C. elephas* fueron significativamente mayores que los de bellotas no infestadas (frutos sanos + frutos ocupados por otros carpófagos) (2002: Mann-Whitney U-test $z=-7,061$, P< 0,0001; 2003: Mann-Whitney U-test $z=-5,667$,

P< 0,0001; 2004: Mann-Whitney U-test $z=-7,061$, P< 0,0001) (cuadro 4).

Discusión

Curculio elephas es un insecto habitual de los encinares del sur de la Península Ibérica (Vázquez *et al.*, 1990; Soria *et al.*, 1995). El presente estudio, llevado a cabo durante cuatro años en un área forestal explotada económicamente, muestra que la mayoría (95 % - 100 %) de las encinas portadoras de frutos en la parcela experimental están infestadas por este insecto, y que existen variaciones significativas en la proporción de frutos infestados (índice de infestación) y el número de larvas por frutos (índice de densidad larvaria) entre años. Nuestros resultados basados en los índices de dispersión y distribuciones estadísticas, muestran que la distribución es agregada, aunque en un bajo grado. Los diferentes mapas de densidad larvaria elaborados para *C. elephas* también muestran una distribución agregada, junto con una estabilidad espacio-temporal de esas poblaciones durante el periodo de estudio. Sugerimos que los bajos niveles de agregación están principalmente relacionados con el alto número de frutos disponibles que facilita el reparto espacial por toda la parcela. Por otra parte, *C. elephas* tiene pocos enemigos naturales (Debouzie *et al.*, 2002) y, normalmente, no se realizan tratamientos fitosanitarios para su control, lo cual facilita la infestación y la amplia distribución cuando los factores ambientales son favorables.

Cuadro 3. Comparación de los mapas con el test bivariable Cramér-von Mises. ψ valor estadístico; p, probabilidad.

	Años	ψ	p
Densidad larvaria	2001 vs. 2002	0,249	0,056
	2002 vs. 2003	0,078	0,407
	2003 vs. 2004	0,133	0,247

Cuadro 4. Tamaños medios (volumen, mm³) (\pm SE) de bellotas, infestadas y no infestadas por *C. elephas* durante los años 2002 a 2004.

	Total de frutos	Frutos no infestados	Frutos infestados
2002	1443,8 \pm 13,94 n=2175	1320,2 \pm 18,23 n=927	1534,0 \pm 19,64 n=1248
2003	1369,9 \pm 10,41 n=2375	1329,9 \pm 13,79 n=1442	1431,0 \pm 15,67 n=933
2004	1380,5 \pm 13,72 n=1950	1286,4 \pm 18,93 n=979	1473,8 \pm 19,40 n=971

Considerando lo expuesto, para cada año de muestreo, los datos sobre los índices de infestación y densidad larvaria de *C. elephas*, los índices de agregación y los mapas de densidad larvaria y el número de encinas con frutos, podemos deducir: a) 2002 y 2004 son años con altas densidades poblacionales y sus mapas son los que muestran mayor número de centros de agregación; b) 2001 y 2004 son años con un bajo número de encinas con frutos y con unos altos niveles de agregación del balanino, como muestra el bajo valor de k obtenido en la distribución binomial negativa; c) 2003 fue un año con un alto número de árboles con frutos y unos bajos niveles de infestación y agregación.

Las fluctuaciones de los índices poblacionales a lo largo del periodo de muestreos pueden tener su origen en factores bióticos y abióticos tales como las condiciones climatológicas, las relaciones intra e interespecíficas con otros carpófagos (Menu, 1993; Debouzie *et al.*, 1996; Soria *et al.*, 1999; Debouzie *et al.*, 2002; Soula y Menu, 2003) o la disponibilidad de frutos de la parcela (Soria *et al.*, 1997). Este último es el motivo que podría explicar el descenso de la infestación en 2003 ya que, en este año, el número de encinas productoras y el número de frutos fue superior al resto de los años lo cual favorece la repartición del insecto ante una mayor disponibilidad de recursos.

A los factores anteriormente mencionados, habría que añadir la mortalidad larvaria que ocasionan de forma indirecta la fauna consumidora de bellotas de la zona, tales como ungulados salvajes, el cerdo ibérico o pequeños roedores. Durante el período de estudios, la valla metálica impidió el acceso de los dos primeros y, por tanto, se evitó alguna pérdida de larvas de *C. elephas* por consumo de frutos. Este hecho pudo favorecer el aumento poblacional del balanino de 2001 a 2002, aunque no se ha podido comprobar con datos de otras parcelas con presencia de ungulados. Sin embargo, estudios en zonas cercadas apoyan esta hipótesis, donde en áreas cercadas sin ungulados los niveles de infestación del insecto alcanzaron el 61,7 % frente a un 30,4 % en zonas con presencia de dicha fauna (Jiménez, 2003).

El aumento de los índices infestación y densidad larvaria en 2004 también puede ser una respuesta del insecto a una menor disponibilidad de alimento, provocando que mayor concentración en hospedadores portadores de frutos. Esta misma respuesta, encontraron Debouzie *et al.* (2002) en sus trabajos sobre *C. elephas* en castaños, donde se concluye que la puesta de las hembras esta limitada por la disponibilidad de lugares apropiados para ello, lo que quiere decir que depende de la

fenología de la planta. Las encinas tienen un carácter vecero (Montoya, 1989; Yu *et al.*, 2003) que hace que esta disponibilidad de frutos varíe mucho de un año a otro sin seguir un patrón estable, lo que induce cambios análogos en la distribución de la población de este carpófago, como aparece en nuestros resultados y ha sido descrito por Crawley y Long (1995).

En el área de estudio, los altos niveles de infestación causaron una alta colonización de las encinas portadoras de bellotas. Sin embargo, el balanino se concentra más en unos árboles que en otros, ya que hay un proceso de selección de hospedador que realiza la hembra durante el periodo de ovoposición. Muchos estudios han comprobado que la disponibilidad del recurso para la ovoposición de los insectos varía con las fases de la fenología de la planta (Prokopy *et al.*, 1984; Quiring, 1992; Dempster, 1997). Varios autores sugieren (Desouhant, 1998; Desouhant *et al.*, 2000) que en castaños la hembra del balanino es capaz de testar la calidad del hospedador cuando perfora agujeros de ovoposición en castañas, aunque no así el tamaño de los frutos, posiblemente debido a la incapacidad de insecto de detectar diferencias dentro de los erizos. Por otro lado, Soria *et al.* (2005) confirmó que en encinas las hembras del balanino seleccionan bellotas para realizar la puesta según el tamaño y los resultados del presente estudio confirman que el balanino se distribuye en las encinas de las dehesas atendiendo, entre otros factores, al tamaño de sus frutos, agregándose en mayor número en aquellos árboles que presentan frutos de mayor talla. Sin embargo, las diferencias de tamaño entre frutos afectados por *C. elephas* y el resto son tan pequeñas, que nos hacen suponer que durante la elección de frutos los factores decisivos son la calidad y grado de madurez más que el tamaño de la bellota. Esta idea es también apoyada por Jiménez (2003) en un estudio realizado en encinares del norte de la provincia de Sevilla (España), donde las primeras puestas del curculionido se contabilizaron a partir de mediados de septiembre, cuando el tamaño medio de las bellotas había alcanzado el 90 % de su valor final. Esta acción asegura que las larvas de *C. elephas* tengan recursos alimenticios suficientes para llevar a cabo su desarrollo completo dentro del fruto.

Agradecimientos

Agradecemos a Dra. Fernanda Osborne Medina y Dr. Ignacio Ibarra por permitirnos realizar los estudios en una zona de su propiedad y a la Dra. Lara Maistrello por la corrección del manuscrito.

Bibliografía

- Blom, E. and Fleisher, S.** 2001. Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomology* 30 (2): 350-364.
- Bovey, P.; Linder, A. et Müller, O.** 1975. Recherches sur les insectes des châtaignes au Tessin (Suisse). *Schw. Zeits. Forstwesen* 126 (11): 781-820.
- Branco, M.; Branco, C.; Merouani, H. and Almeida, M. H.** 2001. Germination success, survival and seedling vigour of *Quercus suber* acorns in relation to insect damage. *For. Ecol. Manage.* 5716: 1-6.
- Brenner, R.; Focks, D.; Arbogast, R.; Weaver, D. and Shuman, D.** 1998. Practical use of spatial analysis in precision targeting for integrated pest management. *American Entomologist* 44 (2): 79-101.
- Cadahia, D.** 1977. Repartición espacial de las poblaciones en Entomología Aplicada. *Bol. San. Veg. Plagas* 3 (1): 219-233.
- Chakali, G.; Attal-Bedreddine, A. and Ouzani, H.** 2002. Insect pests of the oaks *Quercus suber* and *Q. Ilex* in Algeria. *Integrated Protection in Oak Forests* 25: 93-100.
- Colizza, C.** 1929. Contributo alla conoscenza del Balanino delle castagne. *Boll. Lab. Zool. Gen. E Agri. Portici.*, 22: 190-195.
- Crawley, M J. and Long, C R.** 1995. Alternate bearing, predator satiation and seedling recruitment in *Quercus robur* L. *Journal of Ecology* 83: 683-696.
- Debouzie, D.; Desouhant, E.; Oberli, F. and Menu, F.** 2002. Resource limitation in natural populations of phytophagous insects. A long-term study case with the chestnut weevil. *Acta Oecologia* 23: 31-39.
- Debouzie, D.; Heizmann, A.; Desouhant, E. and Menu, F.** 1996. Interference at several temporal and spatial scales between two chestnut insects. *Oecologia* 108: 151-158.
- Debouzie, D.; Heizmann, A. and Humblot, L.** 1993. A statistical analysis of multiple scales in insect populations. A case study: the chestnut weevil *Curculio elephas*. *Jour. Biol. Sys.*, 1 (3): 239-255.
- Dempster, J.P.** 1997. The role of larval food resources and adult movement in the population dynamics of the orange-tip butterfly (*Anthocharis cardamines*). *Oecologia* 111: 549-556.
- Desouhant, E.** 1998. Selection of fruits for oviposition by the chestnut weevil, *Curculio elephas*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 86: 71-78.
- Desouhant, E.; Debouzie, D.; Ploye, H. and Menu, F.** 2000. Clutch size manipulations in the chestnut weevil, *Curculio elephas*: fitness of oviposition strategies. *Oecologia* 122: 493-499.
- Hrasovec, B. and Margaletiae, J.** 1995. Seed pest impact on reforestation efforts in Croatia. I.U.F.R.O. Congress.
- Hurlbert, S.** 1990. Spatial distribution of the montane unicorn. *Oikos* 58: 257-271.
- Iwao, S. and Kuno, E.** 1968. Use of the regression of mean crowding on mean density for estimating sample size and the transformation of data for the análisis of variance. *Res. Popul. Ecol.* 10: 210-214.
- Iwao, S.** 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Res. Popul. Ecol.* 10: 1-20.
- Jiménez, A.** 2003. Bioecología y control de los principales insectos carpófagos de la encina. Tesis doctoral de la Universidad de Sevilla. España. 272 pp.
- Jiménez, A.; Soria, F. J.; Villagrán, M. y Ocete, M. E.** 2006. Seguimiento del ciclo biológico de *Cydia fagiglandana* (Zeller) (Lepidoptera: Tortricidae) en un encinar del sur de España. *Bol. San. Veg. Plagas* 32: 159-168.
- Jiménez, A.; Soria, F. J.; Villagrán, M. y Ocete, M. E.** 2005 a. 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.
- Jiménez, A.; Soria, F.J.; Villagrán, M. y Ocete, M. E.** 2005 b. Distribución espacial y variaciones temporales de *Curculio elephas* Gyllenhal en bellotas de *Quercus rotundifolia* Lam. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 37: 283-288.
- Leiva, M. J. and Fernández-Alés, R.** 2005. Holm-oak (*Quercus ilex* Subs. *ballota*) acorns infestation by insects in Mediterranean dehesas and shrublands. Its effect on acorn germination and seedling emergence. *For. Ecol. Manage.* 212: 221-229.
- M.A.P.A.** 1999. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Anuario de Estadística Agroalimentaria. Madrid.
- Menu, F. and Debouzie, D.** 1993. Coin-flipping plasticity and prolonged diapause in insects: example of the chestnut weevil *Curculio elephas* (Col., Curculionidae). *Oecologia* 93: 367-373.
- Menu, F. and Desouhant, E.** 2002. Bet-hedging for variability in life cycle duration: bigger and later emerging chestnut weevils have increased probability of a prolonged diapause. *Oecologia* 132: 167-174.
- Menu, F.** 1993. Strategies of emergence in the chestnut weevil *Curculio elephas* (Coleoptera: Curculionidae). *Oecologia* 96: 383-390.
- Montoya, J. M.** 1989. Encinas y Encinares. Ed. Agroguías Mundi-Prensa. Madrid.
- Paparatti, B. and Speranza, S.** 1999. Biological control of chestnut weevil (*Curculio elephas* Gyll.; Coleoptera, Curculionidae) with the entomopathogen fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. (Deuteromycotina, Hyphomycetes). *Acta Horticulture* 494: 459-464.
- Pielou, E.** 1977. *Mathematical Ecology*, John Wiley & Sons. Inc..
- Pomorski, R.J. and Tarnawski C.** 1980. A new station of *Curculio elephas* Gyllenhal, 1836 (Col., Curculionidae) in Poland. *Przegląd Zoologiczny* 23: 213-214.
- Prokopy, R. J.; Roiberg, B.D. and Averill, A L.** 1984. Resource partitioning. In: *Chemical ecology of insects*. Eds. Bell, W.J., Cardé, R.T. Chapman and Hall, London, pp. 301-330.

- Quiring, D.T.** 1992. Rapid change in suitability of white spruce for specialist herbivore, *Zeiraphera canadiensis*, as a function of leaf age. *Can. J. Zool.* 70: 2131-2138.
- Ramírez-Dávila, J.F.; González-Andújar, J. L.; López Martínez, M.A. y Ocete, R.** 2005. Modelización y mapeo de la distribución espacial de las ninfas del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergevin & Zanon) (Hemiptera, Cicadellidae) en viñedo. *Bol. San. Veg. Plagas* 31: 119-132.
- Rotundo, G. e Rotundo, A.** 1986. Principali fitofagi delle castagne: recenti acquisizioni sul controllo chimico e biologico. *Giornate di studio sul Castagno. Caprarola (VT):* 3-19.
- Rupérez, A.** 1960. Localización del huevo del *Balaninus elephas* Gyll. con relación al daño denominado "melazo" de la bellota de la encina (*Q. ilex* Oerst.). *Bol. Serv. Plagas For.* 6: 133-145.
- Sawyer, J.** 1989. Inconstancy of Taylor's b: simulated sampling with different quadrat sizes and spatial distributions. *Res. Popul. Ecol.*, 31: 11-24.
- Scarascacia-Mugnozza, G.; Oswald, H.; Piussi, P. and Radoglou, K.** 2000. Forests of the Mediterranean Region: gaps in Knowledge and research needs. *For. Ecol. and Manage.* 132: 97-109.
- Sokal, R. and Rohlf, F.** 1981. *Biometry: The principles and Practice of Statistics in Biological Research.* 3ª Ed. Freeman, New York.
- Soria, F.J.; Cano, E. y Ocete, M.E.** 1996. Efectos del ataque de fitófagos perforadores en el fruto de la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.). *Bol. San. Veg. Plagas* 22: 427-432.
- Soria, F. J.; Villagrán, M.; Martín, P. y Ocete M.E.** 1997. Estudio sobre la distribución de frutos afectados por *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Col.: Curculionidae) en alcornoque (*Quercus suber* Linné). *Bol. San. Veg. Plagas* 23: 289-294.
- Soria, F. J.; Cano, E. y Ocete, M. E.** 1999. Valoración del ataque de *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Coleoptera, Curculionidae) y *Cydia* spp. (Lepidoptera, Tortricidae) en el fruto de alcornoque (*Quercus suber* L.). *Bol. San. Veg. Plagas* 25: 69-74.
- Soria, F.J.; Villagrán, M.; Martín, P. y Ocete M.E.** 1999. *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.; Jiménez, A.; Villagrán, M. y Ocete M.E.** 2002. Influencia de la infestación de *Cydia fagiglandana* (Zeller) (Lepidoptera:Tortricidae) en la caída del fruto de la encina. *Bol. San. Veg. Plagas* 28: 213-216.
- Soria, F.J.; Jiménez, A.; Villagrán, M. y Ocete, M.E.** 2005. Relación entre la colonización de la encina por *Curculio elephas* Gyllenhal (Col., Curculionidae) y el periodo de caída natural de frutos. *Bol. San.Veg. Plagas* 31 (3): 365-375.
- Soula, B. and Menu, F.** 2003. Variability in diapause duration in the chesnut weevil: mixed ESS, genetic polymorphism or bet-heading?. *Oikos* 100: 574-580.
- Southwood, TR.1978. *Ecological methods*, 2ª Ed. Wiley/Halsted. New York.
- Syrjala, E.** 1966. A statistical test for a difference between the spatial distributions of two populations. *Ecology* 77 (1): 75-80.
- Taylor, L.** 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annu. Rev. Entomol.* 29: 321-357.
- Vázquez, F.M.; Esparrago, F.; López, J.A. y Jaraquemada, F.** 1990. Los ataques de *Curculio elephas* Gyll. (*Balaninus elephas*) y *Carpocapsa* sp. L. sobre *Quercus rotundifolia* Lam. en Extremadura. *Bol. San. Veg. Plagas* 16: 755-759.
- Yaman, M.; Demirbag, Z. and Beldüz, A.O.** 1999. Investigations on the bacterial flora as a potencial biocontrol agent of chesnut weevil, *Curculio elephas* (Coleoptera: Curculionidae) in Turkey. *Biologia, Bratislava*, 54/6: 679-683.
- Yu, X.; Zhou, H. and Luo, T.** 2003. Spatial and temporal variations in insect-infested acorn fall in a *Quercus liaotungensis* forest in North China. *Ecol. Research* 18: 155-164.