



## **TESIS DOCTORAL**

**Evaluación del grado de afectación por larvas de *Cerambyx welensii* Küster 1846 (Col., Cerambycidae) del arbolado de las dehesas (*Quercus suber*, L. y *Q. rotundifolia*, Lam.) en Extremadura y su relación con algunas variables importantes del ecosistema**

***Cándido Vicente Calle***

**Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Extremadura**

**Dpto de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra**

*Badajoz, 2013*





**TESIS DOCTORAL**

**Evaluación del grado de afectación por larvas de *Cerambyx welensii* Küster 1846 (Col., Cerambycidae) del arbolado de las dehesas (*Quercus suber*, L. y *Q. rotundifolia*, Lam.) en Extremadura y su relación con algunas variables importantes del ecosistema**

*Cándido Vicente Calle*

**Dpto de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra**

Conformidad de los directores:

Dr. D. JOSÉ CABEZAS FERNÁNDEZ

Dr. D. JOSÉ DEL MORAL Y DE LA VEGA

Dr. D. JOSÉ MARTÍN GALLARDO

*Badajoz, 2013*



*A Antonia*

gracias a su paciencia y sacrificio  
ha sido posible llevar a término este trabajo

*A Dido*

*A mis padres*

*A las sierras y dehesas de Extremadura*



*C'est une triste chose de songer que la nature parle et que le genre humain n'écoute pas\**

**Victor Hugo**

---

\* Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla y que el género humano no escucha



## AGRADECIMIENTOS

¡Qué difícil agradecer a cada uno de los que de un modo u otro han contribuido a que la finalización de esta Tesis fuese una realidad!. Ha sido tanta gente la que ha participado, ayudado, animado, o sencillamente vivido, más o menos de cerca, todo este lento y trabajoso proceso, que resulta imposible nombrar a todos.

Mi gratitud a:

- Antonia, que ha sufrido ausencias e incomodidades e incluso ha llegado a colaborar activamente en el trabajo de campo
- Mi amigo de toda la vida, Pepe Cabezas, que me metió en esto y ha estado a mi lado en todo momento
- Pepe del Moral, de quien fue la idea de esta tesis y que ha soportado con estoicismo sin igual mi lento e irregular ritmo de trabajo
- Pepe Martín, tercer codirector de esta tesis, que ha aportado innumerables ideas y estimulado mi mente
- Al Dr. Rachid Tarik Bouhraoua, de la Universidad de Tlemcen, Argelia, por facilitarme material de sus trabajos sobre cerambícidos y ofrecerme su colaboración en todo momento
- Al Dr. Gahdab Chakali, de la Escuela Superior Agronómica de El Harrach, Argel, Argelia, que me facilitó información sobre el problema de los xilófagos en su país
- La Dra. Elantry Salwa, del Centro de Investigaciones Forestales de Rabat, Marruecos, por sus interesantes observaciones y buena disposición
- Al Dr. Fernando Pulido, que me facilitó referencias de sus artículos sobre la dehesa y su situación fitosanitaria
- Martin Rejzek, por su información sobre las especies paleárticas del género *Cerambyx* y su distribución en Europa

- Pascal Dupont, Pierre Zagatti y André Lequet, del Observatorio Nacional de Invertebrados de Francia, por permitir la inclusión de algunas de sus fotos de cerambícidos en esta tesis
- Aquellas personas con las que contacté en mi trabajo de campo y mantuve interesantes conversaciones sobre el tema, en las que me manifestaron sus inquietudes y me ilustraron sobre el sentir de los directamente afectados por el problema
- Todos aquellos que me resulta imposible nombrar, desde el resto de mi familia hasta compañeros de trabajo y alumnos, que de un modo u otro también han “vivido” esta tesis





## RESUMEN

Los coleópteros del género *Cerambyx*, xilófagos en su fase larvaria, están asociados, en condiciones normales, a árboles viejos o debilitados, por lo que ejercen una importante función ecológica favoreciendo la regeneración del arbolado.

Circunstancias aún en estudio han originado una proliferación explosiva de estos insectos en las dehesas del suroeste de la Península Ibérica, causando cuantiosos daños sobre el arbolado.

En esta tesis se evalúa la magnitud y extensión de los daños producidos sobre quercíneas de las dehesas de Extremadura y su evolución entre los años 1990 y 2007, además de analizar algunos de los posibles factores favorecedores de la plaga.

Los muestreos llevados a cabo en los años 1990 (sobre 662 puntos distribuidos por toda Extremadura) y 2007 (sobre una selección de 120 de los puntos originales), tomando como referencia unidades de 30 árboles, revelan la existencia de una plaga ya en 1990, que se ha acentuado de forma extraordinaria y se ha extendido por prácticamente toda la región hasta alcanzar niveles preocupantes en 2007.

Los principales factores que influyen en el grado de afectación de los árboles son su edad y la ubicación latitudinal, interviniendo de modo menos evidente otras variables, como la orografía, altitud o tipo de explotación.

También se ha realizado un estudio morfométrico de una muestra de 452 imagos de la especie *Cerambyx welensii*, capturados en los alrededores de Badajoz entre los años 2007 y 2010.

De las capturas realizadas se refleja una predominancia absoluta de la especie *Cerambyx welensii*, lo que induce a atribuirle mayoritariamente los daños en el arbolado.

Los índices y parámetros morfométricos más relevantes, así como diversos coeficientes alométricos, permiten confirmar un claro dimorfismo sexual, especialmente en la longitud relativa de las antenas, que se manifiesta como el rasgo esencial para diferenciar los dos sexos.



## ABSTRACT

The beetles of the genus *Cerambyx*, wood decay in its larval stage, are associated, in normal conditions, to old or weakened trees, so they play an important ecological role by promoting the regeneration of the trees.

Circumstances still under study have led to explosive growth of these insects in the dehesas of the west of the Iberian Peninsula, causing extensive damage to the trees.

This thesis evaluates the magnitude and extent of damage on oaks in the dehesas of Extremadura and its evolution between 1990 and 2007, and analyze some of the possible factors favoring the plague.

The surveys conducted in the 1990s (about 662 points distributed throughout Extremadura) and 2007 (on a selection of 120 of the original points), with reference to units of 30 trees, reveal the existence of a pest as early as 1990, that has increased dramatically and has spanned almost the entire region to levels of concern in 2007.

The main factors influencing the degree of damage of the trees are their age and latitudinal location, less obvious intervening other variables, such as topography, altitude or type of exploitation.

Also there has been a morphometric study of a sample of 452 imagos of the species *Cerambyx welensii*, captured around Badajoz between 2007 and 2010.

From the catch reflects a absolute predominance of *Cerambyx welensii* species, which induces mainly attribute damage on trees.

Indexes and relevant morphometric parameters and various allometric coefficients, can confirm an evident sexual dimorphism, especially in the relative length of the antennae, which manifests itself as the essential feature to differentiate the sexes.



## RÉSUMÉ

Les coléoptères du genre *Cerambyx*, xylophages dans son stade larvaire, sont associés, dans des conditions normales, aux arbres âgés ou affaiblis, donc ils jouent un rôle écologique important en favorisant la régénération des arbres.

Circonstances encore à l'étude ont conduit à une croissance explosive de ces insectes dans les dehesas de l'ouest de la péninsule ibérique, causant d'importants dégâts aux arbres.

Cette thèse évalue l'ampleur et l'étendue des dégâts sur les chênes dans les dehesas de l'Estrémadure et de son évolution entre 1990 et 2007, et d'analyser certains des facteurs possibles favorisant la plague.

Les enquêtes menées dans les années 1990 (environ 662 points répartis tout au long de Extremadura) et 2007 (sur une sélection de 120 des points d'origine), en référence aux unités de 30 arbres, révèlent l'existence d'une plague dès 1990, qui a considérablement augmenté et s'est étendu à presque toute la région à des niveaux préoccupants en 2007.

Les principaux facteurs qui influent sur le degré de dégâts des arbres sont leur âge et leur emplacement en latitude, moins évidents qui interviennent d'autres variables, telles que la topographie, l'altitude ou le type d'exploitation.

Il a aussi réalisé une étude morphométrique d'un échantillon de 452 imagos de l'espèce *Cerambyx welensii*, capturé autour de Badajoz entre 2007 et 2010.

Les prises reflètent une prédominance absolue de l'espèce *Cerambyx welensii*, ce qui induit d'attribuer principalement à cette espèce les dégâts sur les arbres.

Indices et paramètres morphométriques compétentes et divers coefficients allométriques, peuvent confirmer un dimorphisme sexuel évident, surtout dans la longueur relative des antennes, qui se manifeste comme la caractéristique essentielle pour la différenciation entre les sexes.



# ÍNDICE

## Capítulo I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes .....	3
1.2. Justificación .....	9
1.3. Descripción del territorio .....	13
1.3.1. Ubicación.....	15
1.3.2. Descripción geofísica .....	17
1.4. La dehesa .....	25
1.4.1. Concepto e historia de la dehesa .....	25
1.4.2. Distribución de las dehesas.....	29
1.4.3. El modelo de explotación y gestión de la dehesa .....	33
1.4.4. La dehesa como ecosistema.....	39
1.4.5. El arbolado de la dehesa .....	43
1.5. La Familia <i>Cerambycidae</i> Latreille (1802) .....	55
1.5.1. Definición y caracteres diferenciales.....	55
1.5.2. Morfología y anatomía .....	57
1.5.3. Biología (Historia Natural).....	61
1.5.4. Taxonomía .....	71
1.5.5. Importancia económica y ecológica de los <i>Cerambycidae</i> .....	73
1.6. El género <i>Cerambyx</i> Linnaeus (1758) .....	75
1.6.1. Definición y caracteres diferenciales.....	75
1.6.2. Taxonomía .....	77
1.6.3. <i>Cerambyx scopolii</i> y <i>Cerambyx miles</i> .....	79
1.6.4. <i>Cerambyx cerdo</i> y <i>Cerambyx welensii</i> .....	83
1.6.5. Identificación de las especies ibéricas del gén. <i>Cerambyx</i> .....	107
1.7. Objetivos .....	115

## Capítulo II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Muestréos de afectación por larvas de <i>Cerambyx</i> sp.....	121
2.1.1. La muestra .....	121
2.1.2. Método de muestreo .....	127
2.1.3. Tratamiento y análisis de los datos.....	129
2.2. Estudio morfobiométrico de <i>C. welensii</i> (Kuster, 1846) .....	135



2.2.1. Capturas.....	135
2.2.2. Variables y parámetros.....	139
2.2.3. Tratamiento y análisis de los datos.....	143
<b>Capítulo III. RESULTADOS</b>	
3.1. Afectación del arbolado de las dehesas extremeñas por larvas de <i>Cerambyx</i> .....	149
3.1.1. Resultados de los muestreos de 1990 .....	149
3.1.2. Resultados de los muestreos de 2007 .....	173
3.1.3. Evolución de los daños en el tiempo .....	199
3.2. Análisis morfobiométrico de <i>Cerambyx welensii</i> (Küster, 1846).....	205
3.2.1. Datos de capturas.....	205
3.2.2. Caracteres morfobiométricos.....	207
3.2.3. Parámetros morfobiométricos.....	217
<b>Capítulo IV. DISCUSIÓN</b>	
4.1. Grado de afectación del arbolado de las dehesas extremeñas por larvas de <i>Cerambyx</i> .....	239
4.1.1. Niveles globales de afectación y su evolución espacio-temporal .....	239
4.1.2. Factores que influyen en la proliferación de la plaga.....	243
4.1.3. Análisis de causas y consecuencias .....	247
4.1.4. Propuestas de actuación .....	249
4.2. Análisis morfobiométrico de <i>Cerambyx welensii</i> (Küster, 1846).....	251
4.2.1. Discusión sobre las capturas realizadas.....	251
4.2.2. Caracteres morfobiométricos.....	255
<b>Capítulo V. CONCLUSIONES</b>	
5.1. Grado de afectación del arbolado de las dehesas extremeñas por larvas de <i>Cerambyx</i> .....	263
5.2. Análisis morfobiométrico de <i>Cerambyx welensii</i> (Küster, 1846).....	265
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	267
<b>ANEXOS</b> .....	299
I. Índice de figuras .....	301
II. Índice de tablas.....	305
III. Puntos de muestreo?	

# Capítulo I

## INTRODUCCIÓN





## 1.1. ANTECEDENTES

### ***A) Los daños causados por larvas de cerambícidos sobre quercíneas***

Los grandes coleópteros longicornes del género *Cerambyx* L. son conocidos desde muy antiguo. Ya desde finales del siglo XIX (BELLIER DE LA CHAVIGNERIE, 1883; UHAGÓN, 1887; FABRE, 1891; FOWLER, 1891) y primeras décadas del XX (TRUFFAUT, 1912; GUÉNAUX, 1919; RAMPÓN, 1920; BARBEY, 1925) se describe en la literatura científica la acción destructora que las larvas de estos insectos ejercen sobre el leño de diferentes árboles, especialmente sobre las quercíneas (género *Quercus* L.).

Ya desde entonces se reconoció que estos insectos no significaban un peligro para los bosques, pues, además de no ser abundantes, se sabía que atacaban casi exclusivamente a individuos muy envejecidos, enfermos o debilitados (BARBEY, 1925; BALACHOWSKY, 1962; BACHILLER et al, 1981). En cualquier caso, el objeto de sus ataques siempre eran árboles, preferentemente encinas, completamente desarrollados, destacando tanto GUÉNAUX (1919) como RAMPÓN (1920) y BARBEY (1925) el hecho de que también solían observarse larvas en el tronco de árboles perfectamente sanos, aunque parece haber un consenso general entre los científicos en cuanto que los árboles preferidos son siempre individuos viejos (PICARD, 1949; DELLA BEFFA, 1961; COLAS, 1972; MONTOYA OLIVER, 1980; VILLIERS, 1978; VIVES, 2000).

Por ello, siempre se ha considerado que, a pesar de los perjuicios económicos que podían originar en casos concretos (GUÉNAUX, 1919; RAMPÓN, 1920), por el deterioro de la madera, el desarrollo de los insectos del gén. *Cerambyx* se ha mantenido dentro de un equilibrio con los árboles a los que parasita, especialmente quercíneas, sin llegar a constituir un peligro digno de destacar (MONTOYA OLIVER, 1980).

En consecuencia, han sido valorados como un importante factor rejuvenecedor del sistema (FABRE, 1891; BACHILLER et al, 1981; HARDE y SEVERA, 1984), ya que se encargan de colaborar en la eliminación de los árboles viejos cuando empiezan a mostrar signos de decrepitud, favoreciendo así el desarrollo de los individuos jóvenes y, por consiguiente, la renovación de las poblaciones.

Así siguen siendo considerados en casi toda Europa, pues realmente los insectos del grupo, según los datos conocidos hasta la fecha, no se han constituido en plaga más que en zonas muy concretas, como la Península Ibérica y el norte de Marruecos. Además, se han reducido sus hábitats por toda su área de distribución europea, hasta el punto de que *C. cerdo* está considerada como especie

protegida (MMA, 2002; MONTAGUD, 2005) por el Convenio de Berna (Anexo II) y como especie de interés comunitario que requieren protección estricta por la Directiva Hábitats (Anexo IV).

Es a partir de la década de los 80 cuando surgen las primeras voces de alarma, al apreciarse un inquietante grado de afectación del arbolado en algunas dehesas extremeñas por las larvas de estos insectos, observada en primera instancia por los propietarios y arrendatarios de las dehesas, que descubrían troncos y grandes ramas derribados por el viento con una frecuencia creciente y que se encontraban totalmente perforados en su interior.

Según relatan DEL MORAL et al. (2002), la preocupación oficial se hizo patente en el año 1986, cuando la Agencia del Servicio de Extensión Agraria de Zafra alertó de la existencia de gran número de árboles con taladros en el tronco en la zona de Burguillos del Cerro y Fregenal de la Sierra, al suroeste de la provincia de Badajoz.

A partir de este momento y a lo largo de los años siguientes se llevaron a cabo varios estudios en esa y otras zonas (DEL MORAL et al, 1988; DEL MORAL et al, 1989; GARCÍA CONCELLÓN et al, 1990; GARCÍA CONCELLÓN et al, 1991; MORCUENDE y NAVEIRO, 1993; NAVEIRO y MORCUENDE, 1994; etc.), obteniéndose cifras de afectación muy elevadas en los árboles, hasta tal grado que apuntaron la más que probable constitución en plaga de estos insectos en buena parte del territorio extremeño (DEL MORAL et al, 1994).

En Andalucía, prospecciones de SORIA et al. (1994), apuntaron que este problema también empezaba a sufrirse en las dehesas del norte de Sevilla, mientras que FUENTES (1993) ya se hacía eco de su avance por todas las áreas de dehesa de la península.

Actualmente, se trata ya de un problema reconocido a todos los niveles, como se manifiesta en el informe de la Dirección General para la Biodiversidad, sobre el Medio Ambiente en España en el año 2004 (DGB, 2005), donde en su apartado dedicado a los principales daños sufridos por los montes españoles ya se alude de forma específica a los daños producidos por perforaciones de *Cerambyx sp* en Extremadura, además de masas de encinar en Baleares y antiguos rebollares en Salamanca.

Aunque en la última década existe una escasa bibliografía sobre el tema, a pesar de su trascendencia, algunos autores confirman la existencia de graves daños en el arbolado de la dehesa, aunque suele relacionarse consistentemente la presencia de *C. welensii* a árboles con un elevado grado de decaimiento (SORIA et al, 1996; LUQUE et al, 2003). También comienzan a aparecer estudios sobre su biología y comportamiento (SÁNCHEZ OSORIO et al, 2004; LÓPEZ PANTOJA et al, 2006; SÁNCHEZ OSORIO et al, 2006; SÁNCHEZ OSORIO et al, 2007), destinados fundamentalmente a obtener resultados de cara al control de la plaga.

En principio, la infestación se atribuyó al grupo de *Cerambyx cerdo* L., sin especificar la especie en concreto, debido a la dificultad para diferenciar entre algunas de ellas. De todos modos, aunque se

indicaba como *Cerambyx* sp., en todo momento se supuso que se trataba de la subespecie considerada dominante en las regiones más meridionales de Europa y norte de África, *Cerambyx cerdo mirbecki* Lucas (1842). Sin embargo, se observó, tanto en Extremadura como en el norte de Andalucía (GARCÍA CONCELLÓN et al, 1990; SORIA et al, 1994; DEL MORAL et al, 1994) que prácticamente ninguno de los ejemplares que eran capturados pertenecían a la citada subespecie, sino que se trataba de otra especie meridional, muy similar pero escasamente estudiada hasta la fecha, *Cerambyx welensii* Küster 1846, siendo en realidad *C. cerdo mirbecki* bastante rara.

Estos datos han sido confirmados por estudios recientes en Salamanca (CALVO, 2004), Andalucía (LÓPEZ PANTOJA et al, 2006), Extremadura (PÉREZ BOTE et al, 2006) y también en Portugal (FIGUEIREDO et al, 2004), en base a los cuales se puede afirmar que, aunque se pueden capturar en las dehesas algunos ejemplares de *C. cerdo* L. y también *Cerambyx scopolii* Füssly (1775), estos son raros y la especie causante del problema en todo el suroeste peninsular es, de forma casi exclusiva, *C. welensii*, que adquiere proporciones de plaga en toda la zona.

Este hecho ha permitido solventar el problema que se avecinaba al tratarse *C. cerdo* de una especie protegida en gran parte de Europa y que en España se encuentra bajo la denominación de especie estrictamente protegida desde la promulgación de la directiva “Habitat” por la CEE (VAN HELSDINGEN et al, 1996), por lo que se hubiera planteado un conflicto entre la necesidad de protección del insecto y la exigencia de evitar el avance en los daños que provoca en los árboles de las dehesas (TORRALBA, 1997).

Estos estudios de distribución y otros en los que se hace referencia a esta especie como barrenador de los árboles y se confirma su presencia o la de la especie análoga *C. cerdo* en inventarios realizados en diferentes zonas (BOUHRAOUA, 2003; FRAVAL, 2004; BRIN et al, 2005; BROS, 2005; LARRIEU, 2005) son los más recientes en los que, directa o indirectamente, se trata sobre *C. welensii*, sin olvidar aquellos otros en los que se hacen recopilaciones bibliográficas sobre sus características anatómicas y su ciclo biológico (MONTAGUD, 2005; VILLEMANT y FRAVAL, 2005) o alguno en el que se establecen relaciones entre sus efectos y los de otros patógenos de los árboles (MARTÍN et al, 2005).

En cuanto a la situación actual del tema, desde los estudios de finales de los años 80 y principios de los 90, mencionados antes, no se han vuelto a realizar muestreos extensos que pongan de manifiesto el grado actual de afectación de las quercíneas de las dehesas extremeñas, ni siquiera a pequeña escala. Por tanto, aunque se presume, y los resultados preliminares de esta tesis así lo confirmaron, que la plaga sigue en aumento y está prácticamente generalizada en todo el territorio de la región, no existen datos actuales que corroboren científicamente esta suposición y que permitan evidenciar de modo objetivo la situación real y el alcance del problema, tanto en cuanto a la gravedad de la afectación de cada zona de la comunidad como a la extensión que alcanza la plaga.

Los datos que aportará esta tesis proporcionarán una valoración objetiva, en base a la metodología utilizada, de los daños que sufren en la actualidad los árboles de las dehesas de toda la región, con lo que se podrá inferir la gravedad de la situación en este momento.

### ***B) Variabilidad morfológica de C. welensii***

En lo que respecta a estudios específicos sobre la especie, cabe destacar aquellos que SÁNCHEZ-OSORIO et al (2004; 2006 y 2007) están dedicando a la fisiología de la orientación olfativa y la respuesta electroantenográfica de *C. welensii* y otros cerambícidos ante diferentes tipos de estímulos olfativos, con el fin de conocer mejor los mecanismos que llevan a la selección del hospedador, entre otros factores.

Sin embargo, no existe estudio alguno de tipo entomológico o taxonómico profundo y detallado sobre ninguno de los 4 representantes del género, salvo las descripciones realizadas ya hace muchos años por diversos entomólogos franceses (FABRE, 1891 y 1922; BELLIER DE LA CHAVIGNERIE, 1883; BARBEY, 1915 y 1925; PICARD, 1949; etc).

También aparecen en la bibliografía diferentes artículos, capítulos de libros o referencias diversas en los que se describen de un modo más o menos detallado, las características morfológicas, el ciclo biológico, los hábitos o la distribución de una o varias de las especies del grupo de *C. cerdo*, entre las que cabe destacar a DELLA BEFFA (1961); BONNEMAISON (1964), COLAS (1972), BÍLY y MEHL (1989) o VIVES (1984 y 2000). Todas estas referencias corresponden, sin embargo, a recopilaciones bibliográficas más que a aportaciones nuevas al conocimiento de estos cerambícidos y en todo caso, ninguna de estas descripciones acomete todo el conjunto de características de los individuos del grupo del *C. cerdo* de un modo amplio, centrándose de forma prioritaria unos en los rasgos de importancia taxonómica, otros en el ciclo biológico y los demás en los daños que causan.

Por otra parte, recientemente (MARTÍN et al, 2005) se ha estudiado la influencia de los daños producidos por las larvas de *Cerambyx sp.* en la posterior infección por hongos, especialmente *Hypoxylon mediterraneum*, que penetran en el leño a través de las galerías y aceleran la degradación del interior del árbol.

En la amplia bibliografía consultada tanto respecto al grupo del *C. cerdo* como sobre *C. welensii* en particular, no se han hallado descripciones sobre numerosos aspectos, de algunos de los cuales apenas se han localizado alguna nota o comentario. Entre estos destacan la fenología, autoecología, hábitos o pautas de vuelo, preferencias alimentarias, comportamiento sexual y mecanismos de apareamiento, crecimiento y desarrollo, longevidad de los imagos, sensibilidad a diferentes factores ambientales, posibles depredadores, mecanismos de limpieza, sistema de defensa o comunicación

acústica. Son, por tanto, estos matices prácticamente desconocidos y solamente se tienen algunas vagas referencias por los estudios realizados sobre los mismos a nivel de Orden o Familia.

En cuanto a estudios de tipo morfométrico, específicos sobre alguna de las especies del género, sólo cabe destacar un amplio y detallado trabajo llevado a cabo por STARZYK y STROJNI (1985), centrado en la variabilidad morfológica en adultos de *C. cerdo*, además de algunos aspectos tratados en la publicación de EL ANTRY (1999) sobre biología y daños de *C. cerdo mirbeckii* en Marruecos.

Solamente DAJOZ (1995) realiza un análisis de crecimiento alométrico, pero en especies próximas de la subfamilia *Cerambycinae*. Además, existen referencias similares en ciertos estudios de tipo alométrico en diferentes familias de coleópteros (HUXLEY, 1931; DAJOZ, 1993; CEPEDA-PIZARRO et al, 1996; MOCZEK, 2002; KNELL et al, 2004) u otros insectos (CLIFFORD, 1969; VILLAGRÁN et al, 1992; BERCEDO y BAHÍLLO, 1999; CEPEDA-PIZARRO et al, 2003; MENES, 2004; PADILLA y HERNÁNDEZ, 2004).

Por otra parte, resultan muy útiles para abordar una investigación de este tipo algunas publicaciones de tipo general en las que se abordan diversos aspectos de la alometría (HUXLEY, 1932 y 1950; WHITE y GOULD, 1965; GOULD, 1971; KUHR Y MARCUS, 1977; KLINGENBERG, 1996; GAYON, 2000), desde los tipos de alometría que pueden detectarse en diferentes grupos animales hasta los métodos de trabajo más adecuados en función del tipo de estudio que se aborde, sin olvidar discusiones sobre las distintas interpretaciones que pueden darse sobre el coeficiente de alometría.





## 1.2. JUSTIFICACIÓN

### *A) Los daños causados por larvas de cerambícidos sobre quercíneas*

Las dehesas son bosques de quercíneas de hoja perenne que han sido transformados por la acción humana en ecosistemas seminaturales (SCARASCIA-MUGNOZZA et al, 2000), que, desde un punto de vista socioeconómico, son sistemas agroecológicos de tipo sabaniforme (SAN MIGUEL, 1994; JOFFRE et al, 1999), que se caracterizan por el aclarado de la densidad arbórea y la casi ausencia de matorral.

Siendo la dehesa el sistema dominante en todo el oeste y suroeste de la península (SAN MIGUEL, 1994; LECO, 1996; JOFFRE et al, 1999; OLEA y SAN MIGUEL, 2006), la comunidad extremeña es la región que presenta, con más de un millón de Has, la mayor extensión de dehesa arbolada, representando la mitad del total en España.

En consecuencia, una porción muy representativa del territorio extremeño se encuentra ocupado por este tipo de sistema.

La dehesa es un modelo de explotación multiproductiva (CUADRADO, 1997) en la que coexisten los usos agrícolas, ganaderos y forestales perfectamente integrados y manteniendo la mínima intervención posible sobre el medio natural. El rendimiento económico de la dehesa se consigue gracias a una estrategia de diversificación, utilizando de forma eficiente y complementaria los productos derivados de sus tres componentes principales, arbolado, pastos y ganado (OLEA y SAN MIGUEL, 2006). De esta manera, la dehesa se convierte en un sistema con usos agrícolas, ganaderos y forestales perfectamente integrados y manteniendo la mínima intervención posible sobre el medio natural.

En Extremadura, la dehesa va asociada a una serie de actividades productivas muy variadas. Estos mismos autores confirman que de estos diferentes usos, la ganadería extensiva es el que representa el más importante producto directo de la dehesa.

Esta utilización de los recursos naturales se lleva a cabo permitiendo la subsistencia de las especies originales, lo que ha convertido a la dehesa en el ejemplo paradigmático de sistema en el cual se ha logrado un equilibrio entre la productividad de un espacio y la preservación de la naturaleza, consiguiendo una utilización eficiente y sostenida de los recursos naturales. De ahí también su elevado valor ambiental, como espacio en el que se ha logrado mantener buena parte de la biodiversidad de los bosques mediterráneos originales (DÍAZ et al, 2006).

Teniendo en cuenta la importancia de la ganadería en la economía extremeña y la variedad de otros productos que se obtienen de la dehesa, se puede concluir que una parte muy significativa de la economía de la región gira en torno a las dehesas.

Por tanto, cualquier tipo de problema que afecte a la dehesa a nivel general o a cualquiera de sus elementos, puede llegar a adquirir una gran trascendencia, ya que sus repercusiones, tanto ambientales como socioeconómicas, podrían tener un gran calado.

Las prácticas intensivas de manejo de las dehesas (laboreo intensivo, podas agresivas, descorches inadecuados, etc.) están produciendo una disminución importante de la regeneración del arbolado y un incremento paralelo de su vulnerabilidad ante todo tipo de infecciones (PIUSSI y FARRELL, 2000), ya que estas especies no están adaptadas fisiológicamente a la poda intensiva (BALDOCCHI et al, 2004). Así, la falta de regeneración, vista de un modo global, se puede considerar como el más importante de los problemas que actualmente amenazan la supervivencia de las dehesas en Extremadura (OLEA y SAN MIGUEL, 2006).

Los insectos barrenadores constituyen otro de los problemas que tradicionalmente han afectado al arbolado de la dehesa, sin que hayan llegado a provocar grandes daños por tratarse de poblaciones en equilibrio con su entorno.

Sin embargo, ya hace años existen datos sobre la más que probable constitución en plaga de las poblaciones de *Cerambyx welensii* Küster en la región, pues sucesivos muestreos en varias zonas, han arrojado cifras muy elevadas de afectación de los árboles (DEL MORAL et al, 1989, 1994a, 2002; NAVEIRO y MORCUENDE, 1994; NAVEIRO et al, 1999).

Por otra parte, son evidentes por todo el territorio los daños causados por las larvas en el interior del leño de las quercíneas, así como la preocupación de los propietarios de dehesas arboladas, al comprobar que una parte significativa de sus árboles se encuentran afectados por el insecto y que es frecuente la caída de grandes ramas en los días de viento.

Teniendo en cuenta estos factores, podemos deducir que estamos ante un problema que a medio plazo puede llegar a adquirir tintes dramáticos, pues no es descabellado aventurar que en no demasiados años la mortalidad de árboles en las dehesas extremeñas se multiplicará de forma extraordinaria.

Este mismo problema se ha detectado también en el norte de Marruecos (EL ANTRY, 1999) y Argelia (BOUHRAOUA, 2003), aunque es *C. cerdo mirbeckii* el que ha proliferado a consecuencia de diversos factores bióticos y abióticos que han desencadenado un debilitamiento y envejecimiento de los árboles.

LIEUTER et al (2004) afirman que *C. cerdo* se ha convertido en plaga en Rumanía, además de lo ya conocido en el norte de África, aunque cabe suponer que será la especie tipo, no la *mirbeckii*, que tiene una distribución más meridional.

En resumen, se trata de evidenciar la gravedad de un problema que afecta al arbolado de las dehesas extremeñas y que a medio plazo puede llegar a provocar una elevada mortalidad de las quercíneas por toda la región, intentando comprobar los motivos por los cuales este insecto ha llegado a constituir una plaga de tales dimensiones. Además, se profundizará en el conocimiento general de la especie, abriendo diferentes vías de investigación y proponiendo medidas provisionales de cara a su posible solución, o que resulten paliativas y puedan favorecer la rehabilitación del arbolado a medio y largo plazo.

Poner de manifiesto la importancia de un problema que ya es incuestionable parece un objetivo capital, capaz por sí mismo de otorgar un gran interés a este trabajo, ya que su trascendencia en el campo extremeño es ya muy evidente y con toda probabilidad en breve tiempo acabará convirtiéndose en un problema de suma gravedad.

### ***B) Variabilidad morfológica de C. welensii***

El conocimiento detallado de diversos aspectos de un insecto causante de una plaga es importante para caracterizarlo de la forma más completa posible. Los conocimientos sobre su morfología, fisiología, distribución y hábitats o biología pueden aportar datos desde diferentes enfoques que contribuirán a entender los motivos por los cuales una determinada especie se ha convertido en plaga, como es el caso de *C. welensii* en el suroeste peninsular y, en consecuencia, para lograr una mejor gestión de sus poblaciones con el fin de intentar restituir el equilibrio necesario entre estos xilófagos y sus hospedadores.

Una caracterización morfológica detallada de la especie puede resultar útil también para estudios taxonómicos sobre el género *Cerambyx*, especialmente a la hora de concretar las diferencias existentes entre sus especies, principalmente las dos más estrechamente relacionadas, *C. cerdo* y *C. welensii*.

Esta descripción cuantitativa de los tamaños y formas y sus variaciones, además de su análisis e interpretación, es el objeto de estudio de la morfometría (ROHLF, 1990), en concreto, la morfometría tradicional, si se considera desde el punto de vista de la medición de distancias entre puntos.

Profundizando más en este aspecto, la alometría se encarga del estudio del crecimiento diferente de distintas partes del cuerpo o entre una parte del cuerpo y el total (HUXLEY, 1932), es decir, analiza las relaciones entre los cambios en las dimensiones relativas de las partes y del organismo en conjunto (GAYON, 2000).

Aplicando la morfometría tradicional y la alometría se pueden obtener datos importantes sobre una especie en general o una población determinada, que resultan útiles a la hora de definir taxonómicamente la especie, investigar su variabilidad genética y la influencia de ciertos factores sobre su desarrollo (HUXLEY, 1932; CEPEDA et al, 1996; MOCZEK, 2002; CEPEDA et al, 2003).

Igualmente, el crecimiento relativo de ciertas estructuras anatómicas suele presentar diferentes ratios entre los sexos (HUXLEY, 1950), por lo que el análisis alométrico de dichas estructuras proporcionará datos para establecer el dimorfismo sexual en la especie estudiada.

Utilizando un buen número de variables morfológicas se mejora la caracterización de una especie o de un cierto grupo geográfico (PADILLA y HERNÁNDEZ, 2004). Por esta razón se ha abordado en este trabajo el análisis de todos los caracteres anatómicos susceptibles de ser cuantificados de forma sencilla y sin ayuda de material especial.

Los datos obtenidos en este trabajo podrán ser utilizados en futuros estudios similares, en los que se pretenda analizar la influencia de las condiciones ambientales sobre el desarrollo de la especie, ya que éstas suelen afectar a la expresión de muchos rasgos morfológicos (MOCZEK, 2002), originando gran variedad fenotípica.

Esto también aportará información sobre la existencia de homogeneidad entre las diferentes poblaciones de la plaga que afecta al suroeste peninsular, lo que favorecerá un mejor conocimiento de los orígenes del desarrollo anormalmente elevado de las mismas y su posible capacidad de dispersión (MENES, 2004), además de sugerir nuevos métodos para su control.

### 1.3. DESCRIPCIÓN DEL TERRITORIO

Esta investigación aborda el problema de los daños que sufren las quercíneas por la abundancia de larvas taladradoras de coleópteros del género *Cerambyx* en el territorio de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Con el fin de caracterizar este marco en los aspectos que pueden resultar de interés para el objeto del presente estudio, en este capítulo se describen las principales características generales de la región, especialmente aquellas que se presume pudieran tener alguna influencia sobre cualquiera de las variables estudiadas o fueran susceptibles de poder explicar algunos aspectos relacionados con el insecto, como su comportamiento parasitario, su distribución o su posible preferencia por ciertas áreas.

Para ello, a continuación se exponen una serie de descripciones del territorio en cuestión, desde los puntos de vista morfológico, hidrográfico, climático y geológico.



Fig. 1.1. Territorio de Extremadura (tomado de Google Earth).



### 1.3.1. UBICACIÓN

Extremadura es una región ubicada en el tercio suroccidental de la Península Ibérica (Fig. 1.2), situándose sus límites geográficos, según datos del Anuario Estadístico de Extremadura. (JUNTA DE EXTREMADURA, 2006), entre los 37° 57' N (extremo meridional) y los 40° 29' N (extremo septentrional) de latitud y entre los 4° 39' W (extremo oriental) y los 7° 33' W (extremo occidental) de longitud.

El territorio regional ocupa una extensión total de 41.634 km<sup>2</sup> (algo más de 4 millones de Has) y está escasamente poblada, pues presenta una densidad de población de sólo 26.09 hab/km<sup>2</sup> (INE, 2007), muy por debajo del resto del estado.

A nivel estructural, Extremadura se incluye en la Submeseta Meridional, extendiéndose por su extremo suroeste y quedando separada de la Submeseta septentrional por las estribaciones occidentales del Sistema Central.

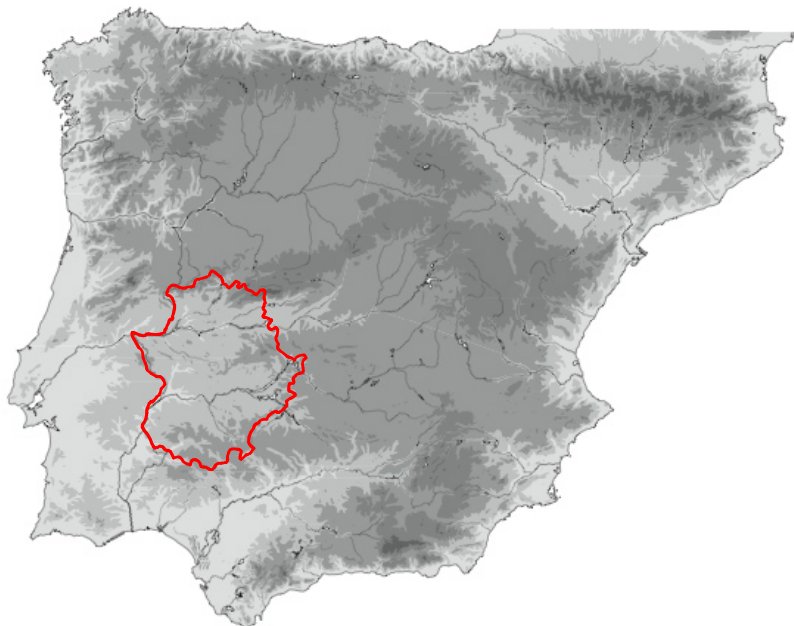


Fig. 1.2. La superficie de Extremadura dentro de la Península Ibérica.





## 1.3.2. DESCRIPCIÓN GEOFÍSICA

### Relieve y Morfología

El relieve y la morfología de Extremadura son muy variados, a pesar del predominio de las formas más o menos llanas, bien como superficies de erosión, bien en forma de llanuras fluviales colmatadas de sedimentos terciarios (LAVADO et al, 2006).

El origen del relieve de la región viene determinado fundamentalmente por la orogenia herciniana, en la cual una serie de movimientos tectónicos muy intensos actuaron sobre el antiguo zócalo paleozoico, levantándolo y dando lugar a alineaciones tectónicas orientadas de NW a SE en toda la mitad occidental de la Península Ibérica (MELÉNDEZ y FUSTER, 1984).

Tras la orogenia vino un dilatado periodo erosivo, que dio lugar a una amplia penillanura de carácter poligénico (TERÁN, 1970), sobre la que actuó la orogenia alpina, que dio lugar a un nuevo relieve que se caracteriza por tres rasgos fundamentales (BARRIENTOS, 1990): la desnivelación de Sierra Morena, el abombamiento del Sistema Central y el basculamiento general hacia el oeste.

En este relieve predominan una serie de macizos y fosas tectónicas que fueron rellenadas por la sedimentación terciaria y sobre los que actuaron otros ciclos erosivos posteriores que terminaron de moldear la penillanura, la cual constituye probablemente el paisaje geomorfológico más representativo de Extremadura (BARRIENTOS, 1990), hasta tal punto que SOLÉ SABARIS et al (1987) hablan de “**Meseta Extremeña**” para referirse al sector occidental de la Meseta Meridional, de situación marginal dentro del conjunto y a la que puede atribuirse una personalidad propia (TERÁN, 1970).

Como consecuencia de todo lo anterior, se pueden diferenciar hasta 6 unidades morfológicas y estructurales en el relieve de la región Extremeña (TERÁN, 1970; SOSA CASTAÑO, 1979; LAVADO et al, 2006), que se representan en la fig. 1.3 y que son las siguientes: zona extremeña del Sistema Central, penillanura central Extremeña, sierras centrales Extremeñas, depresión del Guadiana, penillanuras meridionales y las estribaciones de Sierra Morena.

**A)** La zona extremeña del Sistema Central está constituida por las estribaciones occidentales de dicho sistema montañoso, un conjunto de bloques paleozoicos elevados durante la orogenia herciniana (MELÉNDEZ y FUSTER, 1984) (sierras de Gredos, Béjar y Gata) y delimitados por una serie de fracturas de dirección NE-SO y NO-SE, que dan lugar a fosas estrechas y alargadas surcadas por ríos (valles del Ambroz, Jerte, Tiétar y Alagón).

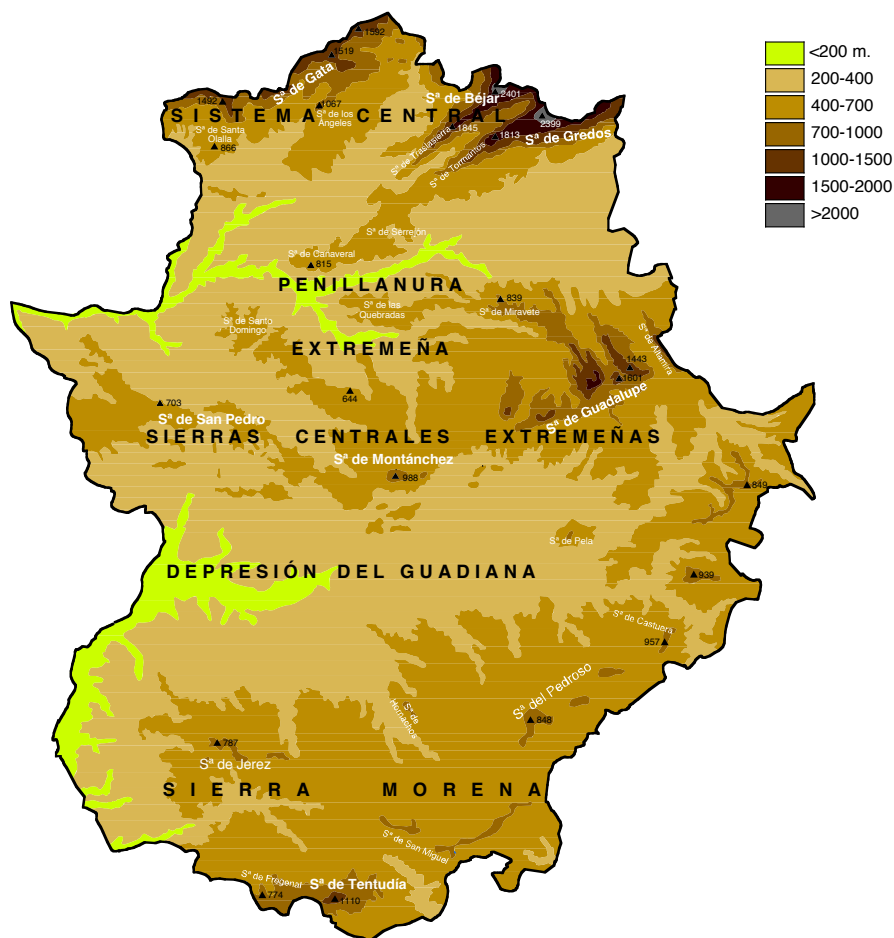


Fig. 1.3. Relieve de Extremadura, con sus principales unidades morfológicas.

**B)** La penillanura central Extremeña es una amplia superficie de erosión, de gran horizontalidad aunque ligeramente basculada hacia el oeste, destacada por SOLÉ SABARIS (1952) como el más extenso y característico ejemplo de penillanura en toda España.

**C)** Las sierras Centrales Extremeñas o “Sierras Medias” constituyen la porción occidental de los Montes de Toledo, recorren todo el extremo sur de la provincia de Cáceres y forman un abombamiento del Macizo Ibérico que separa las cuencas del Tajo y el Guadiana (LAUTENSACH, 1967).

Se puede dividir en tres grandes formaciones (SOSA CASTAÑO, 1979), las sierras de Guadalupe, Montánchez y San Pedro.

**D)** La depresión del Guadiana es una amplia dovela situada entre las Sierras Centrales y las estribaciones de Sierra Morena, hundida y ampliamente colmatada por depósitos terciarios de origen lacustre (BARRIENTOS, 1984).

Constituye un gran valle disimétrico, dividido en dos por el macizo granítico de Mérida, que obliga al río a describir una amplia curva y que separa las Vegas Altas y Bajas del Guadiana, ambas

formadas por depósitos cuaternarios aportados por el Guadiana y sus afluentes, que originan suelos muy fértiles (CRESPO, 1993).

E) Los llanos del sur representan la porción meridional de la Penillanura, que se puede dividir en 4 conjuntos más o menos diferenciados entre sí: los llanos de Olivenza, tierra de Barros, la Campiña de Castuera y la Serena.

F) Las estribaciones de Sierra Morena o “Sierra de los Caballeros” (CRESPO, 1993) son una serie de estructuras más o menos amplias, aunque de escasa altitud, formadas por las sierras de Jerez, Fregenal, Tentudía, Llerena y del Pedroso.

## **Hidrografía**

Hidrológicamente, la casi totalidad del territorio de Extremadura está repartido entre dos grandes cuencas hidrográficas, las del Tajo y el Guadiana, que además estructuran de forma muy aproximada las dos provincias, perteneciendo toda la de Cáceres a la cuenca del Tajo y la mayor parte de la de Badajoz a la del Guadiana.

No hay que olvidar, sin embargo, que una pequeña porción de la superficie regional, representada por los tramos altos de los ríos Viar y Bembézar, como principales cauces, pertenece a la cuenca del Guadalquivir. También existe una “excepción imperceptible” (BARRIENTOS, 1984), el Malena, que pertenece a la cuenca del Duero.

En general, la red hidrológica se sitúa sobre un terreno muy compactado y poco permeable, con predominio de pizarras precámbricas y algunas cubetas arcillosas del Terciario (BARRIENTOS, 1984).

El Tajo circula fuertemente encajado entre pizarras y granitos a lo largo de la penillanura. Recibe la mayor parte de su caudal a partir de sus afluentes por la margen derecha, principalmente el Tiétar y el Alagón, mientras que por la margen izquierda, los ríos de la penillanura, Almonte, Salor y Sever, presentan caudales muy escasos e irregulares, muy dependientes del régimen pluviométrico.

El Guadiana recorre la penillanura meridional, para más adelante introducirse en la amplia cuenca que forman las vegas. El macizo granodiorítico de Mérida divide la cuenca en dos partes, correspondientes a las Vegas Altas y Bajas.

Sus afluentes extremeños le proporcionan escasos aportes, destacando el Ruedas, por su margen derecha, y el Zújar, por la izquierda.

Dentro de las aguas de Extremadura merecen un capítulo aparte los numerosos embalses que jalonan el recorrido de los dos grandes ríos por la región, así como otros muchos en los principales afluentes. Se estima que la capacidad total de embalsado de agua se acerca a los 20000 Hm<sup>3</sup>, lo que significa más de la tercera parte del total en España y una apreciable superficie del territorio regional cubierta por las aguas.

## Caracteres climáticos

De forma general, se puede calificar el clima de Extremadura como mediterráneo con débiles matices atlántico-continentales (BARRIENTOS, 1984), teniendo en cuenta que, dentro del carácter mediterráneo que domina sobre todo el interior de la Península, Extremadura se encuentra sometida a condiciones naturales fronterizas no muy acusadas pero que tienen una cierta influencia.

Los factores que determinan este tipo de clima son, principalmente:

- ✦ La ubicación geográfica, en cuanto a latitud, origina una fuerte insolación durante buena parte del año.
- ✦ También como consecuencia de su situación latitudinal se produce una muy típica influencia alternante (AZCÁRATE et al, 1991) del anticiclón de las Azores y las borrascas del frente polar.
- ✦ La posición cercana a la fachada continental del Atlántico norte, que introduce una cierta suavización de las temperaturas.
- ✦ La orientación del relieve (LAVADO et al, 2006), especialmente de las elevaciones de las sierras Centrales y Sierra Morena, que obstaculizan la circulación de los vientos atlánticos y ejercen un efecto barrera sobre las lluvias.
- ✦ La presencia de amplias zonas de penillanura, que introducen un cierto matiz continental.
- ✦ El efecto pantalla ejercido por las cumbres del Sistema Central ante los vientos fríos del norte.

Si tomamos como referencia los elementos climáticos, las características más destacadas del clima en Extremadura se pueden resumir como sigue:

A) **Las temperaturas** son muy elevadas en verano y suaves en invierno, con una fuerte incidencia de los rayos solares y un dilatado número de horas de sol (AZCÁRATE et al, 1991), que

alcanzan las 2600-2700 horas anuales, aunque aumentando de este a oeste (LAVADO et al, 2006), de modo que los valores máximos se registran en la parte más occidental de la región

La gran eficacia térmica de esta insolación viene establecida por la latitud, la escasa altitud de buena parte del territorio y el efecto barrera del anticiclón de las Azores sobre el efecto suavizador del Atlántico. Esto condiciona que las temperaturas se vean lógicamente escalonadas por la latitud y matizadas por el relieve, mientras que la continentalidad ejerce una influencia muy atenuada en la mayor parte del territorio (BARRIENTOS, 1984).

Destaca la importante amplitud térmica que se desprende de estos valores (entre 15 y 20°C por término medio), que evidencia la acentuada estacionalidad térmica típica del clima mediterráneo, que podría considerarse sorprendente (BARRIENTOS, 1984) para un territorio tan cercano al Atlántico, aunque sí es coherente con su posición latitudinal.

B) **Las precipitaciones** son la principal fuente de humedad para la región, aunque el balance pluviométrico general es claramente negativo desde todos los puntos de vista (AZCÁRATE et al, 1991), pues no sólo son escasas en la mayor parte del territorio, sino que además existe una gran evaporación debido a las altas temperaturas, lo que hace aún más insuficientes dichas lluvias.

La mayor parte del territorio regional se encuentra bajo la isoyeta de los 700 mm, e incluso de la de 600, lo que significa que las precipitaciones son bastante pobres en la casi totalidad la región, e incluso en amplias áreas del centro regional no llegan a los 400, lo que las sitúa en el límite de la aridez esteparia (BARRIENTOS, 1984).

Solamente superan los 800 l/m<sup>2</sup> las áreas elevadas de las tres cadenas montañosas que atraviesan la región, con valores que se aproximan e incluso superan los 1000 l/m<sup>2</sup> en los puntos más elevados y con gradientes notables respecto a las zonas que los rodean.

En lo que respecta al comportamiento pluviométrico a lo largo del año, hay una estación muy claramente árida, el verano, que frecuentemente se prolonga bastante. En el resto del año se dan precipitaciones, aunque con mayor abundancia hacia finales del otoño y principios del invierno en la mayor parte de la región, con lluvias menos importantes en el resto del otoño y durante la primavera, cuando suelen ser altamente irregulares de unos años a otros.

C) El **balance hídrico** es evidentemente negativo, con un acusado mínimo en verano y un periodo de recarga que, aún siendo largo, no suele ser suficiente para permitir con garantías la recuperación de los acuíferos cuando el año ha sido especialmente seco, algo que no es infrecuente.

Tomando como referencia el índice de humedad de Thornthwaite (Ih), en Extremadura se dan los tipos climáticos (Fig. 1.4) semiárido, subhúmedo, seco-subhúmedo y húmedo.

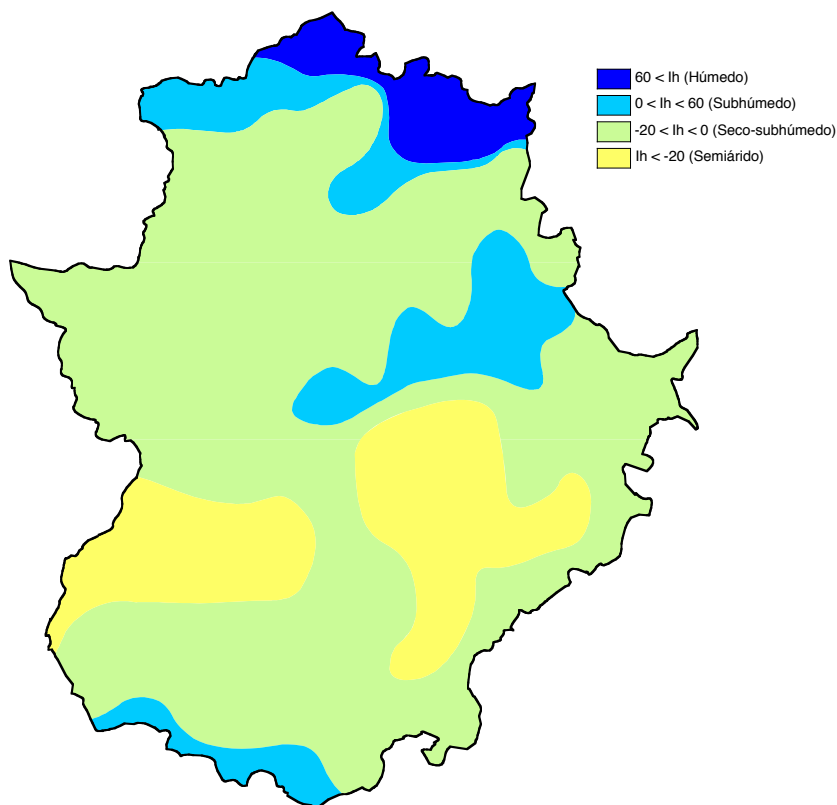


Fig. 1.4. Tipos climáticos en Extremadura, según la clasificación de Thornthwaite.

En base a la clasificación climática de Thornthwaite (AZCÁRATE et al, 1991), el clima de Extremadura sería el correspondiente a la denominación **Ds B ' 2b ' 3**, lo que puede traducirse como: “semiárido con verano más seco que el invierno, del segundo mesotérmico y con elevada concentración en verano de la eficacia térmica”.

Dentro de este conjunto se pueden encuadrar varios matices particulares de ciertas zonas (LAVADO et al, 2006):

- a) **Clima de montaña**: característico de las zonas montañosas más elevadas de la región.
- b) **Clima mediterráneo continental fresco**: se da en la mayor parte de la provincia de Cáceres, excepto las montañas y los límites interprovinciales hasta las Villuercas.
- c) **Clima mediterráneo continental templado**: en casi toda la provincia de Badajoz, excepto la zona suroccidental.
- d) **Clima mediterráneo continental cálido**: en el sector suroccidental, donde se puede hablar de caracteres semiáridos.

## Geología y suelos

Los afloramientos del Macizo Ibérico constituyen la mayor parte de la superficie extremeña, por lo que en toda la región predominan los materiales antiguos y corresponden a rocas metasedimentarias e ígneas precámbricas y paleozoicas (fundamentalmente cámbricas), que conforman el Complejo Esquistoso-Grauváquico en la zona norte, mientras que hacia el sur abundan los materiales más complejos y variados (MUÑOZ BARCO, 1996).

Las rocas ígneas son fundamentalmente granitos y se distribuyen por todo el territorio regional, aunque destacan los grandes conjuntos correspondientes al Sistema Central y a la zona centro de Extremadura.

Las orogenias Caledoniana y Herciniana dio lugar a rocas con un carácter metamórfico especial (MELÉNDEZ y FUSTER, 1984), variadas y de colores generalmente oscuros, predominando las filitas y pizarras.

El resto de los materiales paleozoicos corresponden a cuarcitas y pizarras con intercalaciones de areniscas y calizas, siendo éstas más abundantes en el sureste regional, donde forman importantes alineaciones (MUÑOZ BARCO, 1996).

Las cuencas tectónicas formadas por la orogenia Alpina se rellenaron con sedimentos terciarios formados por acúmulos continentales aluviales, entre los que destacan las “rañas”, formaciones de arcillas rojas con abundantes cantos cuarcíticos, redondeados y gruesos (MURCIEGO, 2004).

En el Cuaternario se depositan sedimentos aluviales y coluviales, además de formarse las terrazas de los grandes ríos.

La uniformidad de las rocas madre, con una presencia mayoritaria de granitos, pizarras y cuarcitas, proporciona una gran homogeneidad en el conjunto de los suelos extremeños, con un dominio de las tierras pardas de carácter silíceo y, por tanto, gran acidez, que varían de unas zonas a otras según la base rocosa y el clima.

Los suelos más abundantes en la región son los poco evolucionados o indiferenciados, principalmente leptosoles de escaso espesor, que se asientan sobre materiales graníticos, cuarcíticos o pizarrosos (HERNÁNDEZ, 2004). Los fluvisoles tienen una representación significativa en las Vegas del Guadiana.

En segundo lugar, atendiendo a su abundancia, se encuentran los suelos con horizonte B árgico, propiciados por la acumulación de arcilla procedente, por iluviación, de horizontes superiores.

Los cambisoles ocupan también una gran superficie, especialmente en la provincia cacereña, donde son los mejor representados.



Los suelos cálcicos tienen una presencia escasa en Extremadura y se localizan en su mayoría en la provincia de Badajoz, constituyendo, junto con los vertisoles, el núcleo central de la comarca de Tierra de Barros.

Finalmente, se señala la presencia de antropoles, suelos tan profundamente modificados por la actividad humana que llega a ser irreconocible el suelo original. En Extremadura son significativos en los bancales del valle del Jerte y La Vera, así como en los terrenos, regados desde antiguo, de Campo Arañuelo y Coria.

## 1.4. LA DEHESA

### 1.4.1. CONCEPTO E HISTORIA DE LA DEHESA

Ya que la dehesa es el sistema que se está viendo afectado por el ataque de las larvas de los coleópteros del gén. *Cerambyx*, un conocimiento en detalle de las características de este tipo de sistema agroecológico nos permitirá valorar los diversos factores de incidencia del insecto, así como la trascendencia que pueden alcanzar sus daños.



Fig. 1.5. Dehesa típica del suroeste de Badajoz.

### Concepto

La *dehesa* (“*montado*” en Portugal) es un sistema natural modificado por el ser humano (un ecosistema “man-made”, en palabras de JOFFRE et al, 1999) que domina el paisaje de todo el suroeste de la Península Ibérica (SAN MIGUEL, 1994) y que se caracteriza por la presencia de un estrato arbóreo de fisonomía sabaniforme, dominado por quercíneas de hoja perenne.

De acuerdo con estos mismos autores, es necesario precisar que este concepto no sólo describe un tipo peculiar de paisaje, sino que también hace referencia a una determinada forma de uso de la tierra, lo que añade un matiz cultural, de modo que resulta acertado decir que la dehesa es *“una elaboración cultural a partir del bosque mediterráneo autóctono que ensambla una serie de usos productivos en un agrosistema que supera sabiamente las adversas condiciones de suelo y clima”* (ACOSTA, 2005a).

No hay que olvidar otros factores que convierten a las dehesas en elementos esenciales del paisaje en toda la cuenca mediterránea, como su efecto regulador del clima, de modo que los territorios cubiertos de dehesas arboladas tienen un clima benigno, que los aleja de la aridez de las zonas áridas y subáridas que la rodean (SANTOS AMARO, 1988).

Desde que la dehesa ha empezado a ser estudiada de forma científica, se han propuesto numerosos y variados conceptos (LAVADO et al, 2000), en base a los diferentes enfoques desde los que se aborda su estudio. En todo caso, para intentar definir de forma precisa la dehesa hay que tener en cuenta criterios como las condiciones climáticas, la composición del suelo o el grado de intervención humana (PUERTO, 1997).

Según la **Ley sobre la dehesa de Extremadura** (BOE, 22/7/1986; DOE 15/5/1986), *“se entiende por dehesa toda finca rústica en la que más de cien hectáreas de su superficie, sea susceptible, según su destino agrario más idóneo, de un aprovechamiento ganadero en régimen extensivo”*. La misma ley especifica que también serán consideradas como dehesas *“todas las fincas que pertenezcan a un mismo titular y formen parte de una unidad de explotación agraria, siempre que radiquen en el mismo término municipal o en términos colindantes y que la suma de sus respectivas superficies, según su destino agrario más idóneo, de un aprovechamiento ganadero en régimen extensivo, exceda de cien hectáreas”*.

Se trata ésta de una concepción estrictamente legal y que incluye pastizales y prados, los cuales, desde el punto de vista de la producción animal, también son considerados como dehesas, en tanto superficies pastables. Sin embargo, según DEVESA (1995), esta definición es eminentemente economicista y no se ajusta a la identidad propia de la dehesa, pues no da importancia a la presencia o no de arbolado, cuando se trata de un elemento fundamental y característico de este sistema.

Debido a que este trabajo se centra en los daños sufridos por los árboles de las dehesas extremeñas a consecuencia de la acción de un grupo de insectos barrenadores, en adelante utilizaremos el término dehesa siempre en referencia a la denominada **“dehesa arbolada”**, que incluye al monte adehesado pero no a los pastizales y prados.

Si intentamos precisar un concepto de dehesa arbolada, desde un punto de vista principalmente ecológico, podemos señalar que, en base a diferentes aproximaciones (GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1987; GÓMEZ GUTIÉRREZ et al, 1992; BERMEJO, 1994; HERNÁNDEZ, 1995), se trataría de un tipo de pastizal arbolado de encinas y alcornoques formado por la acción humana sobre el ecosistema de

bosque y matorral mediterráneo original, aclarando la densidad arbórea y eliminando la mayor parte del matorral para disponer de una extensión destinada a pastos.

Esta intervención humana sobre el ecosistema original ha sido equilibrada hasta el punto de permitir la subsistencia de las especies autóctonas al tiempo que se realiza un aprovechamiento agrícola y ganadero y se obtienen otros rendimientos económicos (leña, corcho, etc.).

Por esto, la dehesa es reconocida como el agrosistema más equilibrado (DEL MORAL et al, 2002) que en la Carta Europea del Suelo es definido como “*uno de los bienes más preciados de la humanidad*”, figurando la dehesa arbolada en el anexo I (32.11) de la Directiva “Hábitats”, como bien que debe ser conservado y protegido.

## **Origen y evolución histórica**

El término *dehesa* procede de los vocablos latinos “*defensus*” o “*defendere*”, de los que parece haber derivado “*deffesa*” y que habría sido utilizado por primera vez en los albores de la Edad Media, cuando se hablaba de “*pratum defensum*” (LAVADO et al, 2000) en referencia al acotamiento de terrenos.

Según esto, se puede afirmar (HERNÁNDEZ, 1995) que “*la dehesa fue el primer espacio natural protegido en España*”, pues su origen se encuentra estrechamente ligado a unas normas de protección de ciertos terrenos.

Se guarda registro escrito de esta palabra en “Las 7 Partidas” de Alfonso X el Sabio en el siglo XIII, donde se afirma (Partida 7, Título 33, Ley 8) que “*pascua llaman en latín a la dehesa o extremo donde pacen y se gobiernan los ganados*”, teniendo en cuenta que el concepto se refiere al acotamiento y la “defensa” que los lugareños ejercían sobre determinados terrenos para el ganado. No queda claro si esta defensa era para evitar la invasión de árboles y arbustos y favorecer el crecimiento de los pastos, o bien para evitar la entrada de la cabaña trashumante (PLIENINGER, 2006).

Así, durante toda la Edad Media se utilizó el vocablo “*prados deffesados*” (GÓMEZ GUTIÉRREZ et al, 1992) para referirse a los campos de pastoreo “defendidos” (es decir, sujetos a un mantenimiento) y que el rey permitía acotar y cerrar para evitar el pastoreo de los abundantes rebaños mesteños que recorrían todo el oeste y suroeste peninsular (SAN MIGUEL, 1994).

El aprovechamiento de las dehesas en la época medieval es, por tanto, exclusivamente ganadero, quedando reguladas las actividades que tradicionalmente se habían llevado a cabo en el bosque mediterráneo, que según OLEA y VIGUERA (1999) son: aclarado del bosque, control de la vegetación leñosa y el establecimiento y mejora de los pastos.

Durante los siglos siguientes se van consolidando estos espacios al afianzarse los derechos de propiedad, de manera que a mediados del siglo XVIII el monte mediterráneo aclarado ocupa ya más del 30% de todos los terrenos, productivos e improductivos (LINARES y ZAPATA, 2003).

El gran cambio en la concepción, manejo y explotación de las dehesas en España sucede con las desamortizaciones iniciadas por Godoy a finales del siglo XVIII y que continuarían a lo largo del XIX, dando lugar a la privatización de vastas extensiones de bosques y dehesas, que pasaron en su gran mayoría a unas pocas manos, originando grandes latifundios (LINARES y ZAPATA, 2003).

Como consecuencia de las desamortizaciones se talaron millones de árboles y la superficie adehesada se redujo drásticamente.

La segunda gran crisis sufrida por las dehesas en España fue en la postguerra, cuando la falta de recursos obligó a muchas familias a mantener una economía de subsistencia que en el medio rural se basaba en los recursos derivados de la dehesa. Esto dio lugar a amplias talas que menguaron de forma catastrófica la extensión de arbolado (DEL MORAL et al, 2002) o a podas muy agresivas, que malformaron gran cantidad de encinas, quedando marcadas para siempre por grandes heridas en las ramas principales (RUBIO, 2000).

A partir de finales de los años 50, el cambio de modelo económico a nivel mundial dio lugar a una profunda crisis de la agricultura y ganadería tradicionales que acabó por hacer desaparecer prácticamente el modelo tradicional de dehesa (ACOSTA, 2005a). Esta transformación favoreció la agricultura, mediante la puesta en marcha de vastas zonas de regadíos, suprimiendo enormes superficies de terrenos adehesados, como ocurrió en Extremadura con el “Plan Badajoz”, mediante el cual se construyeron numerosos pantanos y se arrancaron del orden de 100000 Has de dehesas (DEL MORAL et al, 2002), dando lugar a las actuales Vegas del Guadiana. En los últimos 40 años esa tendencia se ha ido invirtiendo de forma muy lenta pero progresiva, de modo que al menos se ha apreciado una creciente reducción en la destrucción de terrenos adehesados y la tala de encinas (PÉREZ FERNÁNDEZ y GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1995), hasta la actualidad, en que las medidas legales al respecto han frenado definitivamente la disminución de las dehesas.

Hoy día estamos viviendo una época de resurgimiento de la dehesa como modelo de explotación sostenible y rentable, basado en la concepción de desarrollo sustentable tan en boga hoy en día, de la cual la dehesa se ha alzado como paradigma a nivel mundial, lo que facilita políticas de apoyo y ayudas a todo tipo de explotación que respete los principios de este tipo de desarrollo.

## 1.4.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS DEHESAS

### Localización de las dehesas en España

La dehesa arbolada es el sistema dominante en todo el oeste y suroeste de la Península Ibérica (SAN MIGUEL, 1994; LECO BERROCAL, 1996; JOFFRE et al, 1999; OLEA y SAN MIGUEL, 2006), pues ocupa una extensión aproximada de unas 4 millones de Ha en España y Portugal.

Según los datos expuestos en la Red Temática de la Dehesa (Junta de Extremadura, 2006), “*los terrenos adehesados constituyen una superficie de 3.83 millones de Ha, de las cuales 2.52 millones pertenecen a España y el resto a Portugal*”.

La casi totalidad de las dehesas españolas se agrupa en el tercio suroccidental (fig. 1.6), entre las cuencas del Duero y Guadalquivir, territorios que corresponden a toda Extremadura, buena parte de las provincias occidentales de Andalucía (Córdoba, Sevilla, Huelva y Cádiz), además de Salamanca, Zamora, Ávila y algunas zonas de Castilla La Mancha (Toledo y Ciudad Real principalmente).

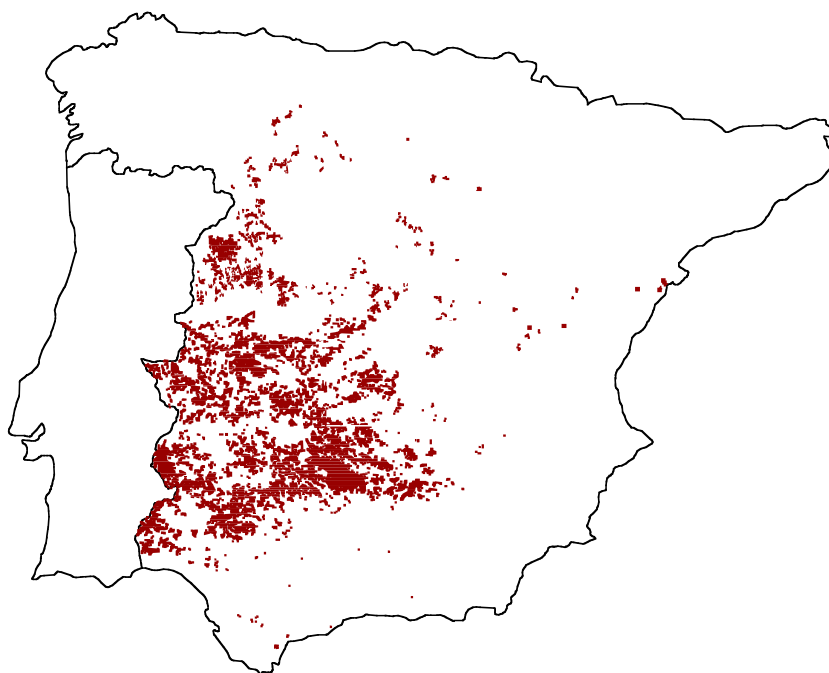


Fig. 1.6. Distribución de las dehesas en España (basado en SAN MIGUEL, 2006).

Así, en estas provincias españolas la dehesa representa el 52% del total de los espacios de usos agrarios (CAMPOS PALACÍN, 1992).

En Portugal es, seguramente, el principal elemento del paisaje a lo largo de todo el país, aunque especialmente en la mitad sur y sobre todo, en el Alentejo (PIRES, 2006; ROXO et al, 2006).

## Las dehesas en Extremadura

Según los datos aportados por la Red Temática de la Dehesa (JUNTA DE EXTREMADURA, 2006), en Extremadura, el 45.29% del total de la superficie forestal está ocupada por dehesas, lo que supondría una extensión de 1429958 Ha.

Aún cuando estas cifras varían en cierta medida según las fuentes consultadas y dependiendo del concepto aplicado al término dehesa. Si nos atenemos a la superficie arbolada ocupada por quercíneas, dato que resulta más relevante para los objetivos perseguidos por este trabajo, los datos del Mapa Forestal de España (MMA, 1999-2001) reflejan una extensión de 1390556 Ha ocupada por árboles de este grupo.

Se trata, por tanto, de la región española con mayor superficie de dehesa arbolada (DEL MORAL et al, 1994), pues representa del orden del 30% del total de terrenos adehesados (29.3% según LECO BERROCAL, 1996) y alrededor del 50% en España.

Teniendo en cuenta la especie arbórea dominante (tabla I.1), la encina es el árbol ampliamente predominante en las dehesas de Extremadura, pues ocupa, si consideramos solamente las dehesas puras de encinas, el 82.16% del total (el 93.84%, si se incluyen también las superficies de dehesas mixtas, pues en todas ellas interviene la encina junto a otras quercíneas, principalmente alcornoque o quejigo). Las dehesas puras de alcornoques solamente representan el 4.4% del total, aunque si se considera que la gran mayoría de las dehesas mixtas contienen encinas y alcornoques, podemos cifrar la extensión ocupada por estos últimos en aproximadamente un 15% del total de dehesa arbolada en Extremadura.

	<i>Q. rotundifolia</i>	<i>Q. suber</i>	Mixta	<i>Q. pyrenaica</i>	Total
BADAJOS	637496	17825	71743	523	727587
CÁCERES	504553	43273	91146	23996	662968
TOTAL	1142049	61098	162889	24519	<b>1390556</b>

Tabla I.1. Extensión de las dehesas en Extremadura según la especie arbórea dominante (según datos del Mapa Forestal de España, 2001).

A partir de estos datos y los gráficos expuestos por SANTIAGO BELTRÁN (2006) y LAVADO et al (2006), se han diseñado los mapas de distribución de las dehesas extremeñas en función de los árboles preponderantes\* (fig. 1.7), donde se diferencia entre aquellas en las que cada árbol es la especie única o preponderante y otras en las que se presenta como especie secundaria.

\*\* Solamente se han diseñado mapas de distribución para las dos especies principales, encina y alcornoque, ya que solamente dehesas con una u otra de estas especies han sido analizadas en este trabajo.

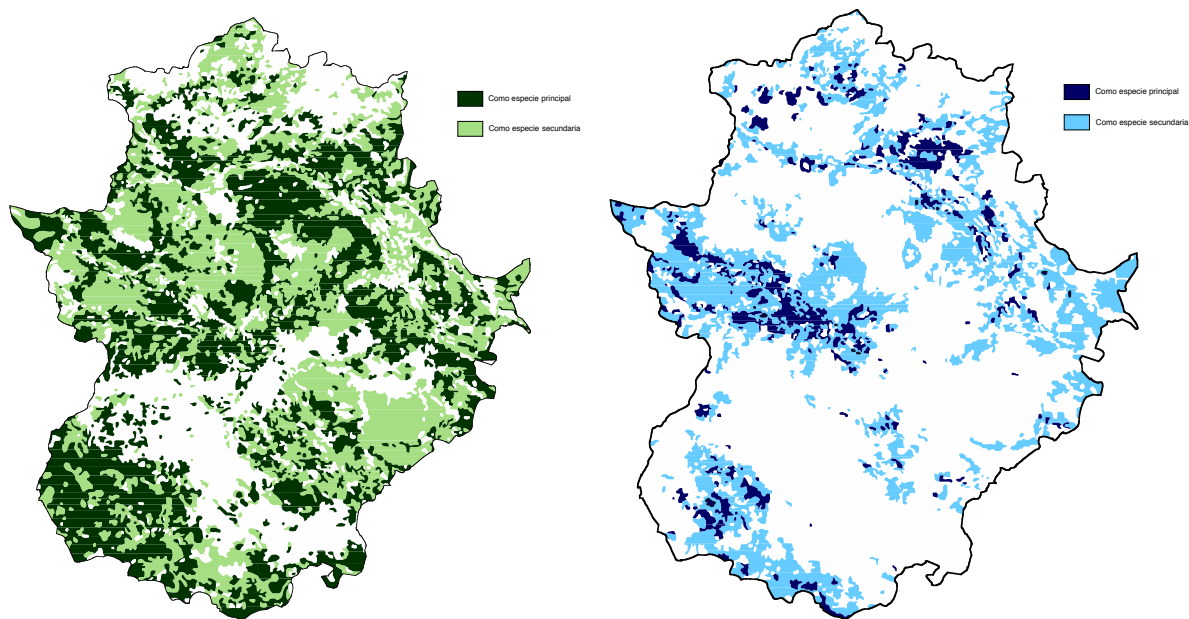


Fig. 1.7. Distribución de las dehesas de *Q. rotundifolia* (izda) y de *Q. suber* (dcha) en Extremadura

De toda esta superficie de dehesa arbolada, solamente unas 30000 Has (2.19% del total) corresponden a “bosque mediterráneo”, también denominado “bosque improductivo”(DEL MORAL et al, 2002), en el cual la masa arbolada está acompañada de un denso sotobosque formado por una gran variedad de especies arbustivas.





### 1.4.3. EL MODELO DE EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE LA DEHESA

#### La dehesa como modelo de explotación sostenible

Aunque el manejo de la dehesa es de tipo agroforestal, al permanecer una cierta cantidad de fauna salvaje, parece más adecuado hablar de *sistema agrosilvopastoral*, ya que este concepto hace referencia al sistema de uso de la tierra en el cual coexisten plantas leñosas perennes (árboles y/o arbustos), cultivos herbáceos o pastizales y ganado, junto a animales en libertad (CUEVAS y TORRES, 1999).

La utilización de los recursos de la tierra permitiendo la subsistencia de las especies originales, es lo que ha convertido a la dehesa en el ejemplo paradigmático de explotación en el que se ha logrado un equilibrio entre la productividad y la preservación de la naturaleza. Así, sin quebrantar su interés económico, se mantiene un incuestionable interés ecológico, gracias al mantenimiento e incluso mejora de los recursos edáficos, la conservación de los botánicos y el sostenimiento de una presión soportable sobre los faunísticos (GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1987), gracias a que se trata de un sistema extensivo, obligado por las características del medio.

Estos sistemas ganaderos extensivos se caracterizan (MARTÍN BELLIDO et al, 2001) por mantener un número limitado de animales por unidad de superficie, una baja productividad, una alimentación basada en el pastoreo natural y en subproductos de la agricultura, además de mantener un reducido consumo de energía fósil, entre otras cualidades que le permiten mantener un rendimiento económico a pesar de las rigurosas condiciones del medio.

En este sentido, ACOSTA (2005a) afirma que la dehesa ha sido siempre “una solución de compromiso entre producción y conservación, una inteligente forma de articular diferentes recursos y usos para conseguir una producción discreta pero sostenida de una serie de materias primas en un medio con grandes limitaciones productivas”. Por esto, debe ser reconocida como esencial para mantener de forma productiva amplias zonas con suelos pobres y climatología adversa (LONG, 1987).

Por consiguiente, teniendo en cuenta que su estabilidad depende de los aprovechamientos a que sea sometida (JAMBRINA y LADERO, 1993), su elevado valor ambiental es una consecuencia de su uso extensivo, integrado y eficiente (OLEA y SAN MIGUEL, 2006).

En este mismo sentido se pronuncia HERNÁNDEZ (2003), al recordar que la sostenibilidad de los sistemas adhesados se fundamenta en minimizar la competencia entre arbolado y pastizal o cultivos. Dicho de otro modo, es necesario que las tasas de aprovechamiento se mantengan equilibradas con las tasas de renovación del sistema, en términos de biomasa y biodiversidad.

No hay que olvidar, sin embargo, su utilidad social, destacada por autores como LONG (1987), para el cual la dehesa, además de constituir un considerable patrimonio de interés general, es un excelente instrumento para la ocupación y manejo de los espacios mediterráneos de suelos pobres y clima semiárido.

Por otra parte, la múltiple utilización de la dehesa hace que los beneficios, tanto directos como indirectos, sean mayores que si los aprovechamientos se realizasen independientemente o por separado, además de revertir en la propia mejora y estabilización del sistema (FERNÁNDEZ y PORRAS, 1998). Así, sirva como ejemplo que la ganadería extensiva es un instrumento fundamental para crear y mejorar pastos naturales y sembrados (OLEA y SAN MIGUEL, 2006).

### **Importancia económica de la dehesa**

Desde un punto de vista económico, su interés radica en que compagina el aprovechamiento de los dos recursos básicos del sistema, el suelo y el arbolado (GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1987), obteniendo el mayor partido posible de ambos en zonas de suelo pobre y condiciones ecológicas adversas. Para ello ha sido necesario hacer de la dehesa una explotación agroforestal multiproductiva (CUADRADO, 1997). Este carácter casi siempre guarda una complementariedad, en cuanto que tiende, por un lado, a la obtención de productos diversos y, por otro, a prácticas que revierten beneficios al sistema natural para su mantenimiento o perpetuación (RUBIO, 2000).

Económicamente, la dehesa se considera una inversión de bajos riesgos y rentabilidad. El rendimiento económico se consigue gracias a una estrategia de diversificación, utilizando de forma eficiente y complementaria los productos derivados de sus tres componentes principales, arbolado, pastos y ganado (OLEA y SAN MIGUEL, 2006), manteniendo la mínima intervención posible sobre el medio natural.

En Extremadura, la dehesa va asociada a una serie de actividades productivas muy variadas. Entre estos diferentes usos, el principal aprovechamiento directo que se obtiene de ella es la ganadería extensiva, teniendo en cuenta que tradicionalmente estos sistemas extensivos se han apoyado en la utilización de especies de interés zootécnico (ESCRIBANO et al, 1997; MARTÍN BELLIDO et al, 2001), que aprovechan eficazmente los recursos naturales mediante el pastoreo, siendo el ganado de renta el verdadero catalizador del manejo productivo de estos sistemas (CAMPOS PALACÍN, 1984a). Las especies ganaderas explotadas suelen presentar genotipos autóctonos, adaptados a las especiales condiciones ambientales del entorno.

Se afirma en la web de la Red Temática de la Dehesa (JUNTA DE EXTREMADURA, 2006) que Extremadura se puede considerar como el paradigma de la producción ganadera extensiva, ya que el 90 % del total de producción ganadera extremeña es obtenida mediante este sistema de producción.

Probablemente sea la oveja la especie ganadera más adecuada para la dehesa (SAN MIGUEL, 2006) y concretamente, la raza merina. Por eso, más del 80% del ganado presente en las dehesas extremeñas es ovino. El bovino (razas retinta, morucha y avileña ibérica) y el porcino (cerdo ibérico) le siguen en importancia.

Además de la ganadería, la dehesa proporciona otros muy variados recursos. Según lo expuesto en las webs del Proyecto Montado-Dehesa y de la Red Temática de la Dehesa (JUNTA DE EXTREMADURA, 2006), los principales recursos que ofrece la dehesa son el corcho, la leña, las bellotas, el pasto, el ramón, la caza y los cereales.

Hay otros muchos aprovechamientos, más o menos marginales, aunque algunos en pleno proceso de florecimiento en la actualidad, como la apicultura o la extracción de aditivos o condimentos, fibras textiles, aceites esenciales y resinas de usos medicinales o en cosmética y perfumería (ládano), etc. No conviene olvidar la recogida y venta de productos silvestres (setas y espárragos fundamentalmente), no sujeta aún a ningún tipo de control y que supone una importante ayuda económica para muchas familias del medio rural.

Otro sector en claro desarrollo en los últimos años es el uso de la biomasa vegetal para generar electricidad mediante la combustión en calderas o la gasificación (SANTIAGO BELTRÁN, 2006).

También comienzan a cobrar importancia los usos culturales: el turismo rural y agroturismo, los usos recreativos, deportivos, didácticos o científicos de la dehesa.

La Ley sobre la dehesa de Extremadura (BOE, 1986) establece, en su capítulo III, que el modo de determinar la productividad potencial de una dehesa será en base a su producción ganadera efectiva, sin olvidar el aprovechamiento del corcho en dehesas con alcornoques susceptibles de aprovechamiento.

La comprobación de la productividad potencial del aprovechamiento ganadero extensivo de una dehesa se obtiene a partir de su carga ganadera potencial, que es el ganado que dicha dehesa puede mantener en base a sus recursos naturales, teniendo en cuenta las características del clima, suelo y arbolado. La citada ley dispone qué fórmulas se aplicarán para calcular las cargas ganaderas potenciales y efectivas de las dehesas, con el fin de determinar si el aprovechamiento que se lleva a cabo en cada caso es el adecuado.

En lo que respecta a la eficiencia energética de la dehesa, se ha estimado (CAMPOS PALACÍN, 1983 y 1984b) que la eficiencia global de la dehesa tradicional es del 10%, es decir, que se obtienen del orden de 10 kcal de producción final por cada 100 kcal de *inputs* (entradas de energía en diferentes

formas) empleados. Si se considera que una parte de estos *inputs* se obtiene en la propia dehesa, se estima que el índice de eficiencia respecto a los gastos externos es del orden del 46%. Este índice se considera elevado para un sistema de explotación predominantemente ganadero.

Por tanto, puede afirmarse que la eficiencia energética global de la dehesa es baja, por lo que adolece de una muy escasamente competitiva desde un punto de vista cuantitativo. Sin embargo, su competitividad es importante desde la perspectiva de que se trata de energía de alta calidad. Si tenemos en cuenta que esto ocurre en un sistema sostenible asentado sobre zonas climatológicamente adversas y de suelos delgados y oligotróficos, esta eficiencia ha de considerarse muy provechosa.

## **Gestión y mantenimiento**

El nuevo equilibrio creado en la dehesa a través de la explotación sostenible se caracteriza por su complejidad e inestabilidad (CAMPOS PALACÍN, 1984; GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1987), de tal modo que sólo se mantiene gracias a la permanente la intervención humana. Su mantenimiento se practica fundamentalmente a través del redileo del ganado, la roturación periódica del terreno y la poda de los árboles (DEL MORAL et al, 2002).

El control de la invasión por el matorral autóctono se ha llevado a cabo tradicionalmente mediante el desarraigo manual o el aclarado y arado de diferentes áreas (JOFFRE et al, 1999), mientras que la selección y laboreo de los árboles también es esencial para obtener ejemplares de frutos más dulces y mayor producción. Este manejo del arbolado es tan importante que su aspecto y porte es muy diferente del que presentan cuando se desarrollan sin influencia humana, de modo que GÓMEZ GUTIÉRREZ (1987) sostiene que un monte adehesado actual se asemeja más a un jardín que a un sistema natural, e incluso llega a calificar a las actuales encinas como verdaderos “árboles frutales” (GÓMEZ GUTIÉRREZ et al, 1992), seleccionados y manipulados a lo largo de generaciones y muy diferentes de aquellas que se desarrollan de forma silvestre en zonas de bosque y matorral mediterráneo. En el mismo sentido se pronuncia RUBIO (2000), al afirmar que la dehesa es un “paisaje fabricado” a consecuencia de la manipulación del arbolado.

En lo que respecta a las labores de mantenimiento, en la Ley sobre la dehesa de Extremadura (BOE, 1986) se establece que la explotación de las dehesas se realizará mediante el empleo de técnicas culturales y sanitarias adecuadas, que permitan la mejora, conservación y utilización de sus recursos naturales. Entre estas técnicas se diferencian las que son de aplicación obligatoria, de aplicación recomendada y de aplicación prohibida.

Estas labores son:

- Entresacas, tala de ciertos árboles diseminados, con objeto de sanear la masa vegetal, mejorar

su composición específica o su origen, regular su densidad, eliminar árboles decrepitos, enfermos o improductivos y auxiliar la regeneración de la masa arbórea (MONTROYA OLIVER, 1980 y 1989).

- Descuaje de matorral (arrancar el matorral de raíz), limpieza (eliminar los restos de matorral o rocas que dificulten las labores) y laboreo (para incorporar al terreno los restos orgánicos).
- Lucha contra incendios, mediante cortafuegos obligatorios en las zonas que revistan grave peligro de incendio.
- Podas, técnica cultural obligatoria, cuyos fines principales son dar una forma determinada al árbol (podas de formación) y estimular su producción de frutos (podas de producción y mantenimiento), además de la obtención de leña y ramón y un rejuvenecimiento del árbol. La técnica de poda debe ser la adecuada para que la represente el menor daño posible para los árboles.
- Descorche en el alcornoque, que también es agresiva y provoca un cierto quebranto al árbol, por lo que debe ajustarse a una serie de condiciones establecidas legalmente.
- Sanidad vegetal, que es obligatoria para una serie de plagas habituales de las dehesas.
- Sanidad animal, para la que existen enfermedades de profilaxis obligatoria y campañas de vacunación.

Una gestión adecuada de las dehesas es difícil y compleja y necesita de la intervención de los poderes públicos para realizar un adecuado ordenamiento del medio adehesado (JAMBRINA y LADERO, 1993), con el fin de evitar tanto la sobreexplotación y degradación del territorio como la proliferación del matorral.

Aún así, hay autores que reivindican un tratamiento más racional y equilibrado del que en general se ha llevado hasta ahora. A este respecto, MONTROYA OLIVER (1980) argumenta que “*es necesario comprender que las dehesas no son pastizales, sino bosques pastados*”, con todo lo que ello implica, pretendiendo resaltar la necesidad de tratar la dehesa más como bosque que como pastizal a la hora de su manejo y gestión, por lo que es preciso utilizar medidas silvopastorales integrales.

## **Las grandes amenazas para el equilibrio de la dehesa**

En la actualidad la dehesa goza de buena salud y estabilidad económica a corto plazo. Sin embargo, la necesidad de obtener una rentabilidad inmediata ha llevado a muchas dehesas a una situación de degradación de sus recursos naturales (JAMBRINA y LADERO, 1993).

Según CAMPOS PALACÍN (1984), “*la evolución de la ganadería extensiva en Extremadura en las dos últimas décadas ha puesto en peligro la estabilidad del ecosistema adehesado*”. Plantea como principales causas de esta situación una serie de actuaciones erróneas que se están llevando a cabo

sobre los campos y que para GÓMEZ GUTIÉRREZ (1987) en muchos casos están convirtiendo la explotación de las dehesas en expoliación, debido al afán de los propietarios de obtener el mayor rendimiento a corto plazo, para alcanzar un mejor nivel económico, sin prever las repercusiones futuras de su actuación.

En base a esto y considerando las aportaciones de muy diversos autores (MONTOYA OLIVER, 1980; CAMPOS PALACÍN, 1984; GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1987; MONTOYA OLIVER, 1989; GÓMEZ GUTIÉRREZ et al, 1992; FERNÁNDEZ REBOLLO, 2004; ACOSTA, 2005b; PLIENINGER, 2006; SCHNABEL et al, 2006)), se pueden concretar los siguientes factores responsables del futuro posible decaimiento de la dehesa:

- Excesivo laboreo, que favorece la erosión del suelo y la evaporación.
- Sobrepastoreo, con iguales efectos.
- Envejecimiento por falta de regeneración.
- Disminución del grado de cobertura de las copas de los árboles.
- Invasión por matorral, con el consiguiente deterioro de los pastos.
- Reducción de la diversidad vegetal.
- Arranque de encinas (ya muy controlado en la actualidad).
- Podas muy agresivas que debilitan en exceso a los árboles.
- Incremento desmedido de la superficie de laboreo.
- Proliferación de las plagas de insectos y enfermedades.
- Plantación de pinos y eucaliptos.

Los efectos de todos estos elementos están despertando la preocupación por la continuidad de las dehesas y han provocado que se haya llegado a cuestionar la sostenibilidad del sistema de explotación de la dehesa (PLIENINGER, 2006), al menos del modo en que está concebido en la actualidad, pues es posible que conduzcan a una progresiva desaparición del arbolado, para transformarse finalmente en pastizales.

#### 1.4.4. LA DEHESA COMO ECOSISTEMA

El principal valor de la dehesa reside en que no se trata solamente de un sistema productivo, sino que también es un ecosistema con una importante diversidad biológica y, por consiguiente, de gran valor ambiental (SAN MIGUEL, 2006).

A nivel ecológico, la dehesa es un ecosistema seminatural (SCARASCIA-MUGNOZZA et al, 2000), pues procede de la degeneración, provocada de forma intencional por el ser humano, de los encinares y alcornocales, que son mantenidos en una situación de periclímax (MARTÍN BOLAÑOS, 1943). Su situación de clímax sería el bosque mediterráneo, a la que tiende siempre que es abandonada o se descuida por largo tiempo su mantenimiento.

Como se ha indicado en el apartado anterior, la dehesa es un ecosistema mediterráneo artificializado por la acción humana para obtener un rendimiento económico. Por esta razón, es necesario mantener el nuevo equilibrio, impidiendo que se desencadene una sucesión secundaria que acabaría transformando la dehesa de nuevo en un bosque mediterráneo cerrado.

Así, sus características como sistema ecológico derivan de este nuevo equilibrio que se mantiene gracias a la constante actividad humana, de modo que la gestión tradicional de las dehesas se ha convertido en el principal instrumento para su conservación.

#### **Biotopo**

Las condiciones del medio en el que se encuentran la mayoría las dehesas son claramente hostiles (HERNÁNDEZ, 1995), pues se halla sometido a unos factores climáticos adversos y unas condiciones edafológicas desfavorables.

El tipo de *suelo* más extendido en las zonas en las que se asientan las dehesas en Extremadura son las tierras pardas meridionales (CAMPOS PALACÍN, 1984), en general pobres y poco evolucionados, de poca profundidad, muy limitada capacidad de retención de agua, escasa materia orgánica y en general ácidos (RUBIO, 2000; FERNÁNDEZ REBOLLO, 2004; CUEVAS, 2005), pues derivan de rocas de tipo silíceo, predominantes en la región Extremeña (pizarras, granitos y cuarcitas, fundamentalmente). También pueden darse en terrenos calizos, que aparecen en zonas puntuales de la región, aunque tienen dificultades para desarrollarse sobre suelos ricos en calcio.

Es prácticamente imposible hallar dehesas sobre suelos fértiles, ya que estos fueron roturados para obtener campos de labor (LAVADO et al).



En cuanto al *clima*, las zonas sobre las que se asienta la dehesa son casi todas de condiciones mediterráneas semiáridas, con veranos largos, calurosos y muy secos e inviernos no demasiado fríos y húmedos.

Estos dos factores, el carácter mediterráneo semiárido del clima y la escasa fertilidad del suelo, son, a juicio de OLEA y SAN MIGUEL (2006), los que marcan el entorno típico de las dehesas españolas y, en consecuencia, los que determinan sus peculiaridades como ecosistema.

En cuanto a su distribución altitudinal, se pueden encontrar dehesas desde prácticamente el nivel del mar hasta los 1000 m., aunque su altitud ideal se encuentra entre los 300 y 500 m.

## **Biocenosis**

Bajo las condiciones edafoclimáticas expuestas, la vegetación potencial de las zonas de dehesa es el *bosque mediterráneo esclerófilo* (ACOSTA, 2002), con especies muy bien adaptadas a las difíciles condiciones ambientales, representadas por la fuerte estacionalidad y sobre todo, la aridez, mediante mecanismos de respuesta ante el stress ambiental (SCARASCIA-MUGNOZZA et al, 2000), que incluyen diversas adaptaciones morfológicas, fenológicas y fisiológicas.

En tanto agrosistema modificado por la acción humana, la dehesa está configurada esencialmente por dos estratos vegetales: el arbóreo y el herbáceo.

El *arbolado* de la dehesa está constituido casi exclusivamente por quercíneas. Hasta tal punto son preponderantes y característicos estos árboles en este ecosistema, que CAMPOS PALACÍN (1984) afirma que “*no existe en la dehesa otro factor de diferenciación con otros sistemas ganaderos extensivos más acusado que el arbolado de quercíneas*”.

La especie típica e incluso simbólica de la dehesa es la encina, apareciendo con cierta frecuencia el alcornoque, más frecuentemente asociado a encinas en dehesas mixtas que en solitario.

Otra especie arbórea que aparece en las dehesas, aunque mucho más raramente y sólo en las zonas más húmedas del norte de la región, es el roble rebollo o melojo (*Quercus pyrenaica* Willd.). En ocasiones aparecen otros árboles introducidos acompañando a las encinas, como algunas especies de pinos y sobre todo, castaños (*Castanea sativa* L.).

Este estrato arbóreo sólo se ve acompañado, en las dehesas permanentemente laboreadas, por una gran variedad de plantas *herbáceas*, en ocasiones cultivadas (trigo, avena, cebada), aunque generalmente vegetación constituida por especies pratícolas anuales, que tienen dos máximos de producción, en otoño y primavera (MARTÍN BELLIDO, 1996) y que pertenecen a unas pocas

familias, principalmente (DEVESA, 1995) las Compuestas (Fam. *Compositae/Asteraceae*), Gramíneas (Fam. *Gramineae/Poaceae*) y Leguminosas (Fam. *Leguminosae/Fabaceae*) y, en menor proporción, Cariofiláceas (Fam. *Caryophyllaceae*), Crucíferas (Fam. *Cruciferae/Brassicaceae*), Umbelíferas (Fam. *Apiaceae/Umbelliferae*) y Labiadas (Fam. *Labiatae/Lamiaceae*).

Probablemente sea el grupo de las leguminosas el más importante, tanto por su mayor valor nutritivo para el ganado y fauna silvestre (son su principal fuente proteica) como por su riqueza en Nitrógeno, que fijan de la atmósfera gracias a la asociación simbiótica que sus raíces establecen con bacterias nitrificantes, que finalmente acabará enriqueciendo el suelo.

En cuanto al estrato arbustivo, la denominación genérica de **matorral** se aplica a todas las formaciones y agrupaciones de especies leñosas arbustivas y subarbustivas (GÓMEZ GUTIÉRREZ et al, 1992) que compiten por el territorio con los árboles y las herbáceas.

Se considera que apenas debe existir estrato arbustivo en una dehesa adecuadamente mantenida, por lo que cuando ésta abunda es consecuencia de su abandono o mal manejo. Esto es debido a al ser un sistema artificial altamente inestable y de muy elevada reversibilidad (DEVESA, 1995), el matorral irrumpe rápidamente en cuanto cesa la presión ganadera (JOFFRE et al, 1999).

Cuando se da esta situación, generalmente por cesar el aprovechamiento ganadero, en pocos años proliferarán gran número de especies arbustivas y subarbóreas, entre las que destacan el quejigo (*Quercus faginea* Lam.), la coscoja (*Quercus coccifera* L.), el acebuche (*Olea silvestris* L.), el madroño (*Arbutus unedo* L.), el galapero o piruétano (*Pyrus bourgeana* Dacen), la jara pringosa o jara del ládano (*Cistus ladanifer* L.), el jaguarzo negro (*Cistus monspeliensis* L.), el jaguarzo morisco (*Cistus salviifolius* L.), la estepa blanca (*Cistus albidus* L.), la jara macho (*Cistus populifolius* L.), el jaguarzo blanco (*Halimium halimifolius* L.), los brezos blanco (*Erica arborea* L.) y rojo (*Erica australis* L.), la brecina (*Erica umbellata* L.) las esparragueras negra (*Asparagus acutifolius* L.) y blanca (*Asparagus albus* L.), el cantueso (*Lavandula stoechas* L.), el durillo (*Viburnum tinus* L.), la retama común (*Retama sphaerocarpa* L.), la escoba negra (*Cytisus scoparius* L.), la ahulaga (*Genista hirsuta* Fahl.), el torvisco (*Daphne gnidium* L.), etc.

Empiezan a surgir, sin embargo, estudios que ponen en duda esta tendencia a otorgar sólo consecuencias negativas a la proliferación del matorral en una dehesa. A este respecto, MORENO y PULIDO (2006) muestran resultados según los cuales el matorral tiene efectos negativos sobre la disponibilidad de ciertos minerales, así como sobre el potencial hídrico y la tasa fotosintética; mientras que se mostró provechoso para la regeneración de plántulas y favoreció el incremento de las tasas de ciertos elementos minerales, entre los que destaca el Fósforo, uno de los que tienen un mayor efecto limitante en los suelos de las dehesas. Por estas razones, aconsejan diversificar los usos de las dehesas, manteniendo parcelas con diferentes grados de matorralización.

## Importancia ecológica

Tras el despertar de la conciencia medioambiental en todos los niveles sociales y la apuesta cada vez más decidida por el desarrollo sostenible en muchas actividades productivas, la dehesa ha pasado a ser considerada como un agrosistema de extraordinario valor ecológico, además de un ejemplo de actividad productiva humana en la cual no se menoscaba dicho valor.

El elevado valor ecológico que por fin se reconoce a la dehesa es debido a las siguientes particularidades (ACOSTA, 2005a):

- Conforman una de las mayores extensiones con continuidad de bosques autóctonos de Europa
- Es una valiosa reserva de biodiversidad
- Compone una notable barrera frente a la erosión
- Constituye un importante sumidero de contaminación
- El valor cultural, social y recreativo también hoy día reviste una importancia creciente

Tal vez el aspecto que más merezca ser destacado es el de la *diversidad biológica* de los sistemas adehesados, la cual, sin entrar en un análisis más profundo, tiende a ser sensiblemente mayor que la de otros sistemas de las zonas templadas (DÍAZ et al, 2006), hasta tal punto que los pastizales adehesados tienen la mayor biodiversidad de la zona templada (GARCÍA y YOLDI, 1987), además de ser una de las formaciones vegetales con mayor diversidad florística del planeta.

La diversidad de vertebrados es también muy elevada y especial, a causa de los cambios naturales y la presión humana, de manera que de las 200 especies de mamíferos que pueblan las dehesas, alrededor del 25% son endémicas.

Esta gran diversidad hace que su conservación sea crucial para la supervivencia de numerosas especies amenazadas (BERMEJO, 1994). Es por esta razón que estos sistemas se encuentran explícitamente protegidos por la “*Directiva Hábitat*” de la Unión Europea, donde se incluyen como Lugares de Interés Comunitario (LIC) por su extraordinaria riqueza de especies y biotopos (PLIENINGER, 2006), sin olvidar que se trata de espacios naturales fuertemente humanizados, que se han convertido por ello en los más apreciados sistemas de aprovechamiento sostenible del medio rural de toda Europa.

Se puede concluir, por todo lo expuesto en este apartado, que el elevado valor ecológico y paisajístico de la dehesa está muy estrechamente relacionado con su arbolado (HERNÁNDEZ, 2003), principalmente con su densidad, calidad frutera, edad y tasa de renovación, sin olvidar su estado de salud.

### 1.4.5. EL ARBOLADO DE LA DEHESA

#### Características del arbolado de la dehesa

La práctica totalidad de los árboles de las dehesas son quercíneas, es decir, pertenecientes al género *Quercus* L., el principal de la familia *Fagaceae*, y son árboles caducifolios y perennifolios anemófilos, además de esclerófilos. Los dos máximos exponentes de este género en Extremadura son la encina y el alcornoque, cuyas denominaciones científicas aceptadas actualmente (CASTROVIEJO, 1990) son:

- *Q. ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp. in Bol. Soc. Brot. 24: 102 (1908-9)
- *Q. suber* L., Sp. Pl. 995 (1753)



Fig. 1.8. *Q. rotundifolia* (izda) y *Q. suber* (dcha)

En las dehesas, la especie característica, por su abundancia, es la encina. Varios estudios (ESPÁRRAGO et al, 1992; FERNÁNDEZ, 1986) establecen que la especie que habita en Extremadura es *Quercus rotundifolia* Lam. (fig. 1.8), de nombre común “encina carrasca”, aunque la denominación aceptada actualmente para este taxón es *Q. ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp.

Es un árbol de gran plasticidad y amplitud ecológica (FERNÁNDEZ, 1986; ACOSTA, 2002), bastante indiferente a la naturaleza del sustrato y que resiste con garantía la continentalidad y las fuertes sequías estivales.

Su vigor y desarrollo dependen de la buena textura y profundidad del suelo (FUENTES, 1994), hallando sus condiciones óptimas en terrenos arenosos y no pesados, preferentemente aquellos que proceden de materiales graníticos y pizarrosos, mientras que no se adapta a suelos ricos en materia

orgánica, ni a los calizos o yesosos y los arcillosos (FUENTES, 1991). Se adapta bien a suelos pobres, ácidos o alcalinos, y tiende a transformarlos en suelos neutros ACOSTA, 2002).

Puede vivir desde el nivel del mar hasta los 2000 m. (ACOSTA, 2002), aunque se desarrolla de forma ideal a altitudes entre 300 y 700 m., teniendo menos facilidad por encima de los 900.

Las condiciones climáticas de los territorios ideales para las encinas se caracterizan por una gran amplitud térmica, soportando con garantías valores térmicos que van desde los -20 a los 45°C (FUENTES, 1991). La pluviosidad ideal se sitúa entre los 350 y los 700 mm anuales, aunque no sufre por encima de los 1000 mm, siempre que el suelo tenga un buen drenaje.

El alcornoque (*Quercus suber* L.) (fig. 1.8) también es frecuente, aunque en menor medida, apareciendo asociado a la encina en dehesas mixtas y formando dehesas en solitario solamente en los terrenos específicos que satisfacen sus marcadas exigencias ecológicas (FERNÁNDEZ, 1986).

Estas exigencias consisten principalmente en suelos no calizos, más bien profundos, preferentemente silíceos y arenosos, con buena aireación y escasa probabilidad de encharcarse, aunque se trate de suelos poco fértiles.

A nivel climático prefiere un clima mediterráneo atemperado, no tan extremo como el que soporta la encina, por lo que en las mismas zonas prefiere lugares orientados al norte, en umbría y vaguadas, donde el suelo puede mantener una mayor humedad (ACOSTA, 2002). No se adapta bien a los inviernos muy fríos, pues le dañan las fuertes heladas. Soporta bien los veranos secos y calurosos, aunque siempre que las precipitaciones globales sean relativamente abundantes, entre los 600 y los 900 mm., teniendo serias dificultades para su desarrollo por debajo de los 350 mm.

Su distribución altitudinal es amplia, viniendo definida la altitud máxima a la que pueden sobrevivir por las temperaturas mínimas (en Marruecos se encuentran hasta casi 2000 m. de altitud).

La encina y el alcornoque son especies de crecimiento extraordinariamente lento, de modo que en circunstancias ideales, es decir, sin la presión de los herbívoros ramoneadores, suele necesitar al menos 30 años para alcanzar un diámetro de 20 cm (GÓMEZ GUTIÉRREZ et al, 1992), mientras que en situaciones más habituales, es frecuente que no lleguen a alcanzar dicho tamaño ni siquiera en 50 años.

Aunque la calificación del quejigo (*Quercus faginea* Lam.) como un árbol no es totalmente correcta, estrictamente hablando, a veces se le incluye entre las quercíneas arbóreas de la dehesa, pues en bastante abundante, acompañando a las encinas en muchas dehesas de Extremadura.

El arbolado de las dehesas presenta un cierto desequilibrio en la distribución de edades y una alta variabilidad en el grado de cobertura, en muchos casos inferior al 20% (FERNÁNDEZ REBOLLO, 2004). Además, existen numerosas dehesas muy envejecidas, con abundancia de árboles muy viejos, fuertemente deteriorados y notables signos de decrepitud.

El problema radica, más que en la abundancia de árboles viejos, en la falta de renovación, manifestada en una fracción muy reducida de árboles jóvenes en la gran mayoría de las dehesas extremeñas.

La *densidad* arbórea de las dehesas no es la natural, puesto que ha sido aclarada artificialmente, hasta extremos tales que en muchos lugares sería más correcto hablar más bien de praderas con algunos árboles aislados.

HERNÁNDEZ (1995) estima que en Extremadura la densidad del arbolado de las dehesas oscila entre los 10 y 40 pies de encina por Ha, por término medio, mientras que SAN MIGUEL (2006) establece un rango mucho más amplio y variable, entre 15 y 200 pies/Ha, aunque delimitando a 20-100 como intervalo más frecuente.

Más recientemente, CAMPOS PALACÍN et al (2003) proponen un valor medio de 5-25 árboles/Ha, considerando la masa total de dehesa, mientras que el valor se incrementa hasta 10-80 árboles/Ha si solamente se tienen en cuenta las superficies arboladas.

Estudios para zonas concretas de dehesa típica (PLIENINGER et al, 2003) arrojan unos valores medios entre 16,61 (para dehesas viejas) y 25,57 (para dehesas jóvenes) árboles por Ha.

En todo caso, estos valores son muy bajos, ya que se considera (HERNÁNDEZ, 1996; LAVADO et al, 2000) que lo deseable, tanto desde un punto de vista ecológico como económico, debería estar en torno a lo 60-80 pies por Ha, sobre todo si se tiene en cuenta que solamente cuando la densidad supera los 50 pies por Ha, se homogenizan los efectos causados por la arboleda sobre la dinámica del ecosistema, fundamentalmente en lo que respecta a su influencia sobre la incidencia de la radiación solar, la precipitación o la evaporación, etc. (HERNÁNDEZ, 1998).

## **Importancia del arbolado en la dehesa**

La prueba más patente de su importancia es su propia presencia, ya que si no fuera fundamental para las dehesas habría ido desapareciendo a lo largo de la historia (SAN MIGUEL, 2006).

Aunque los árboles suelen perjudicar el desarrollo de las comunidades herbáceas, por efecto de su sombra, competencia radical y ocupación física del terreno (MONTROYA OLIVER, 1980), en las condiciones que se dan en el suroeste de la península, con un clima semiárido y suelos pobres, los

árboles pasan a ser beneficiosos, ya que intervienen sobre factores decisivos (FERNÁNDEZ, 1986; GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1987; LAVADO et al, 2000; FERNÁNDEZ REBOLLO, 2004; MATEOS, 2005), como el suelo, la vegetación, las condiciones climáticas o el equilibrio ecológico.

#### ***A) Efectos sobre el suelo***

La influencia del arbolado sobre las propiedades del suelo situado a su alrededor se concentran en tres aspectos:

- Protección del suelo frente a los efectos erosivos de los agentes geológicos externos, gracias al efecto fijador de sus raíces.
- Movilización y transporte de agua y nutrientes desde los niveles profundos hacia los horizontes superficiales, en los cuales se nutre el pastizal. Se compensan así las pérdidas por lavado descendente.
- Aporte de humus como resultado de la acumulación de restos vegetales y animales bajo la copa, especialmente su propia hojarasca (MONTOYA OLIVER, 1980).

De este modo, se garantiza el mantenimiento de la fertilidad del suelo a largo plazo, ya que algunos nutrientes incluso doblan su concentración en la zona de influencia directa de los árboles (GÓMEZ GUTIÉRREZ et al, 1992). Esto es especialmente importante en lo que respecta a los nutrientes de efecto limitante, como el K o el P.

Por otra parte, la sombra de los árboles realiza una importante función de filtrado de la radiación solar, ralentizando la combustión de la materia orgánica, sobre todo en épocas de alta insolación (LAVADO et al, 2000), facilitando su descomposición y la incorporación de los nutrientes al suelo.

#### ***B) Efectos sobre el estrato herbáceo***

Los árboles ejercen una acción protectora sobre la vegetación, que se suma a los beneficios por los efectos sobre el suelo descritos antes, que se manifiestan en una mayor disponibilidad de agua, nutrientes y humus para estos vegetales. Por esto, bajo las copas de los árboles se desarrolla un denso césped de hierbas espontáneas (FUENTES, 1994), que son más abundantes y más longevas que las que crecen fuera de este abrigo (MATEOS, 2005). Como consecuencia del microclima que se crea bajo la copa, se condiciona la fenología y composición del pasto, alargándose el periodo de aprovechamiento y mejorándose su producción (MONTOYA OLIVER, 1980; FERNÁNDEZ REBOLLO, 2004).

### ***C) Efectos sobre las condiciones climáticas***

Los árboles de la dehesa, además de ejercer un efecto barrera sobre el viento, interceptan la radiación solar y la lluvia, de manera que resguardan su zona de influencia, especialmente bajo su copa, de las adversidades climatológicas.

La protección frente al viento reduce la evaporación y la erosión causadas por éste.

El efecto pantalla sobre las precipitaciones minimiza las consecuencias negativas del golpeo de las gotas de agua sobre el suelo, sobre todo cuando las lluvias son moderadas o fuertes, además de facilitar una distribución más homogénea y equilibrada del agua en el suelo (MATEOS, 2005). Esto también reduce la escorrentía superficial. Por otra parte, los árboles facilitan la condensación de las nieblas, reteniendo la humedad y precipitándola hacia el suelo.

La protección que realiza la copa tanto frente a las heladas como ante la fuerte insolación veraniega, proporciona unas temperaturas más suaves durante todo el año en su área de influencia.

### ***D) Efectos sobre el equilibrio ecológico***

Es muy importante el soporte físico que los árboles proporcionan para la nidificación o el refugio de muy diversas especies de vertebrados e invertebrados directamente sobre el tronco o ramas (aves, pequeños mamíferos, multitud de insectos, arácnidos, etc.), así como el cobijo que proporciona su copa ante las heladas, lluvia, sol, etc. para otras muchas especies.

Igualmente, el ramón y las bellotas constituyen una importante fuente de alimento o complemento alimenticio para diversas especies (principalmente aves, mamíferos y muy diferentes especies de insectos).

Por todo lo anterior, es incuestionable que la presencia de una comunidad arbórea sana y bien desarrollada es fundamental en el funcionamiento y equilibrio ecológico del sistema adehesado, debido a la multiplicidad de funciones que ejerce en el medio (LAVADO et al, 2000).

## **La problemática del arbolado de la dehesa**

ACOSTA (2005,b) califica de preocupante el estado del arbolado de las dehesas a nivel global. La presión humana a que se ven sometidas es, probablemente, la causa más directa de los principales problemas que acucian a las masas arbóreas. Este problema también ha sido descrito en Marruecos (BAKRY et al, 1999) con las grandes masas forestales de *Q. suber*.



En otros lugares de Europa la degradación de quercíneas también alcanza niveles preocupantes (BRANCO et al, 2002; RAGAZZI et al, 2002; RIZIERO et al, 2002) y se destacan, además de la influencia humana, ciertos factores abióticos (sequías prolongadas, erosión), que facilitan la intervención de los bióticos, principalmente microorganismos y hongos, además de los insectos defoliadores y perforadores. Las características nutricionales del suelo parecen no afectar de un modo significativo (HASNAOUI et al, 2005).

En todo caso, en la dehesa española las causas de la degradación de las masas arboladas se puede resumir en 4 factores principales: La degradación del suelo, la escasa regeneración, las labores selvícolas inadecuadas y la fuerte incidencia de plagas y enfermedades.

#### ***A) La degradación del suelo***

Las labores agrícolas intensivas conllevan una sobreexplotación de unos suelos ya de por sí pobres (CAMPOS PALACÍN, 1983; OLEA y VIGUERA, 1999), lo que reduce su potencial nutritivo y favorece la erosión (SCHNABEL et al, 2006).

Las sequías, cada vez más frecuentes también perjudican al arbolado directa e indirectamente, al favorecer la erosión. Estos factores son destacados por varios autores (BRANCO et al, 2002; RAGAZZI et al, 2002; RIZIERO et al, 2002) como esenciales en la degradación de masas de quercíneas en diversos lugares de Europa.

Las características nutricionales del suelo parecen no afectar de un modo significativo (HASNAOUI et al, 2005), salvo que resulten gravemente afectadas por el laboreo o pastoreo intensivo.

La reducción de los niveles de los acuíferos (ACOSTA, 2005,b), a causa de la excavación de pozos para disponer de agua para el ganado, es otro factor a tener en cuenta como causante de erosión y deforestación.

La ganadería intensiva es probablemente la principal causa de degradación de los suelos de las dehesas (ACOSTA, 2005,b), a causa de la eliminación de la cubierta vegetal y la compactación de suelo debido al pisoteo constante, que favorecen la erosión y reducen la capacidad de retención de agua (SCHNABEL et al, 2006).

Todo ello perjudica al arbolado en mayor o menor medida, ya que dispondrá de menores aportes hídricos y de nutrientes.

### ***B) La escasa regeneración***

Uno de los grandes problemas que viene sufriendo la dehesa, ya desde muy antiguo, es la insuficiente regeneración del arbolado, que es responsable del progresivo envejecimiento de la población de quercíneas, lo cual trae como consecuencia una elevada mortalidad, tanto por causas naturales como por enfermedades o plagas que afectan con mayor intensidad a los individuos envejecidos (como es el caso que nos ocupa) o producen mayores daños en ellos.

De un modo u otro, esto está ocasionando una reducción progresiva de la densidad arbórea y llevando finalmente a la transformación de muchas dehesas en pastizales desarbolados.

En un encinar adulto con regeneración natural la distribución de edades sigue una curva exponencial negativa bien equilibrada (PLIENINGER, 2006), de modo que los individuos viejos o enfermos van siendo sustituidos por los más jóvenes en un reemplazo continuo, no en episodios regenerativos intercalados con etapas sin regeneración.

La regeneración natural es un proceso dinámico, que sucede por germinación directa de las bellotas (PULIDO y DÍAZ, 2003), que poseen, sobre todo las de la encina, un elevado potencial germinativo (FERNÁNDEZ REBOLLO, 2004).

Esta regeneración es actualmente imposible o muy rara, ya que el ganado impide la germinación, bien por alimentarse de las bellotas (porcino), bien abortando el crecimiento por eliminar los tallos jóvenes de forma continuada hasta provocar la muerte de las plántulas. Esto ocurre tanto por la falta de protección de las plantas como por la abundancia de ganado en prácticamente todas las explotaciones, pues una regeneración natural sólo parece ser compatible con una tasa muy baja de pastoreo (PLIENINGER, 2006), algo que no se da actualmente en ninguna dehesa dedicada a este aprovechamiento.

Este hecho es tan generalizado en todas la dehesas de Extremadura que quizá no sea descabellado considerarlo como el más importante problema de los sistemas adehesados en la actualidad (OLEA y SAN MIGUEL, 2006; SAN MIGUEL, 2006).

Existen estudios recientes (PULIDO et al, 2001; PLIENINGER et al, 2003; PULIDO y DÍAZ, 2003) que cuantifican estos problemas de regeneración, confirmando que la distribución por edades de las poblaciones de árboles de las dehesas de Extremadura muestra una desproporcionada importancia de las clases centrales, con una excesiva mortalidad de los grupos de edad más jóvenes. Esto demuestra una grave insuficiencia de regeneración, que va a comprometer su sostenibilidad a medio y largo plazo.

Otros autores (HERNÁNDEZ, 1996; DÍAZ et al, 2006) apuntan, además del sobrepastoreo, otras causas de esta falta de regeneración del arbolado, como el subpastoreo, el pisoteo constante, las plagas y enfermedades o la escasez de organismos que actúan de facilitadores de la germinación y el

progreso inicial de las plántulas, como animales dispersantes y los matorrales que protegen a las plántulas de la desecación durante su primer verano.

### ***C) Las labores selvícolas inapropiadas***

Destacan en este aspecto la podas incorrectas, los descorches inadecuados o las agresiones sobre el suelo al realizar el laboreo.

★ Las podas incorrectas, por falta de interés o de especialización, son cada vez más frecuentes. Se habla de una poda poco cuidadosa cuando se causa un daño importante al árbol, por provocar grandes heridas al cortar ramas gruesas o por abusar del despunte. En estos casos, el árbol quedará muy debilitado, disminuyendo su vitalidad y su capacidad de cicatrización, al tiempo que se favorece la entrada de agentes patógenos (microorganismos, hongos, insectos). No hay que olvidar que la poda es una actividad muy agresiva, que produce un sufrimiento al árbol y que origina efectos indeseables, como una ralentización del crecimiento diamétrico del árbol, merma de su capacidad de cicatrización, favorecimiento de la entrada de plagas, incremento de la sensibilidad ante enfermedades o reducción del calibre del corcho en los alcornoques (MONTROYA OLIVER, 1980 y 1989).

Es en extremo difícil controlar la observancia de las normas establecidas en la ley de la dehesa, por lo que con frecuencia se siguen utilizando técnicas tradicionales, a veces muy perjudiciales y cuyo daño no se soluciona con las acciones legales posteriores.

Las podas agresivas que se llevaron a cabo en ciertas épocas de penuria económica (DEL MORAL et al, 1989) ocasionaron grandes heridas en los árboles. Las cicatrices fueron vía de pudrición del duramen del árbol, el cual desarrolló la albura de forma extraordinaria, como mecanismo de defensa, dando lugar a un individuo deforme, aunque capaz de sobrevivir siglos (RUBIO, 2000). Estas encinas con troncos muy gruesos y deformados por grandes nudos, que acaban pronto en una cruz de la que salen pocas ramas principales en horizontal, con escaso ramaje y grandes heridas, son muy frecuentes en muchas dehesas extremeñas y son la herencia de aquellos años.

★ Los descorches inadecuados también abundan por las mismas razones que las podas incorrectas. También se trata de una práctica agresiva, con efectos negativos para el árbol, entre los que MONTROYA OLIVER (1980) destaca la reducción del crecimiento diamétrico, la exposición de la corteza al fuego u otros agentes, la debilitación del árbol, haciéndolo más sensible a enfermedades y ataque de plagas. Cuanto mayor sea la relación entre la superficie descorchada y la superficie total, mayor peligro correrá la vida del árbol. El descorche acentúa el grado de debilitamiento cuando se practica sobre individuos muy jóvenes o bajo circunstancias adversas para el árbol (sequías, enfermedades, etc.) (RUIU et al, 2005).

Por esto, el descorche del alcornoque se encuentra regulado por la Ley sobre la dehesa de Extremadura (BOE, 1986), donde se establecen las operaciones obligatorias y prohibidas, con el fin de causar el menor daño posible a los árboles. El problema está, igual que en las podas, en lograr un adecuado control sobre estas actividades.

★ Las agresiones sobre el suelo son habituales a la hora de llevar a cabo todo tipo de labores en la dehesa.

Los suelos de la dehesa, delgados y pobres en nutrientes, no admiten cultivos intensivos ni de rotaciones cortas (CAMPOS PALACÍN, 1983). Su escasa fertilidad aconseja los cultivos itinerantes y de rotaciones largas y muy variables según los tipos de suelos. Asimismo, en estos usos del suelo el pastizal debe ser permanente o dominante en la secuencia temporal (GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1987), además de una correcta planificación de los aprovechamientos.

A partir de los datos extraídos de diversos autores (CAMPOS PALACÍN, 1983; GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1987; SAN MIGUEL, 1994; SAN MIGUEL, 2006; SCHNABEL et al, 2006) se pueden enumerar como principales agresiones sobre el suelo las siguientes: laboreo de suelos no adecuados para obtener cosechas rentables, laboreo agrícola intensivo, excesiva mecanización de suelos arenosos, poco compactos, eliminación de grandes extensiones de cubierta arbórea y de matorral, exceso de ganado en muchas zonas, uso indiscriminado de productos químicos (abonos inorgánicos, herbicidas, insecticidas, etc.), vertido de residuos e incendios.

Todos estos factores acaban potenciando la erosión del suelo y/o su contaminación, con el consiguiente descenso de su fertilidad.

Como se ha apuntado anteriormente, la mayor parte de los suelos de dehesa están más o menos degradados (SCHNABEL et al, 2006), y es muy importante que se preste la debida atención a este problema, ya que el suelo “*es el menos renovable de los elementos del sistema*” (SAN MIGUEL, 2006) y su alteración afecta a todos los demás componentes del equilibrio.

#### ***D) Enfermedades y plagas***

Una consecuencia fundamental de la acción de los citados factores de deterioro del arbolado es que actualmente una buena parte de las quercíneas de las dehesas son individuos debilitados, de salud precaria y muy expuestos a todo tipo de plagas y enfermedades.

Las enfermedades más frecuentes del arbolado de la dehesa son, en su gran mayoría, causadas por hongos. Algunos de los agentes infecciosos más habituales son: *Hypoxyton mediterraneum* (De Not.) Mill. (causante del chancro carbonoso), *Brenneria quercina* (Hildebrand and Schroth) Hauben et al. (bacteria responsable del chancro sangrante), *Phytophthora cinnamomi* Rands (uno de los

principales responsables de la seca), *Diplodia mutila* Fries Apud Munt (provoca defoliación progresiva), *Taphrina krukii* (Vuill.) Schroet. (origen de la “escoba de brujas”, crecimiento incontrolado y debilidad de las ramas), *Ceratocystis fagacearum* (Bretz) Hunt (causante de la chalariosis).

Uno de los principales problemas fitosanitarios que afecta actualmente a las dehesas es la “seca” (RODRÍGUEZ MOLINA et al, 2003), síndrome que se caracteriza por un debilitamiento gradual del árbol hasta su muerte y cuya evolución viene revelada por tres síntomas muy sugestivos como son el decaimiento progresivo, la decrepitud y la muerte súbita de los pies afectados (DEL POZO, 2006).

La seca es un problema de etiología muy compleja y aún no clarificada suficientemente, aunque en trabajos publicados en los últimos años (RODRÍGUEZ-MOLINA et al, 2003; TUSET y SÁNCHEZ PEÑA, 2004; TRAPERO et al, 2006) se apunta a muy diversos factores influyentes sobre este decaimiento. Si bien en un principio se atribuyó al hongo patógeno *Phytophthora cinnamomi*, pronto se ha demostrado (RODRÍGUEZ MOLINA et al, 2003) que existen casos de seca en los que el árbol no está infectado con el mismo. Por ello, se considera que pueden estar implicados distintos factores bióticos y abióticos en el proceso. Entre los bióticos predominan los hongos infecciosos y entre los abióticos sobresalen los climáticos (sequías prolongadas, lluvias abundantes) y los edáficos (erosión, encharcamiento y otros).

También se ha hablado de los insectos xilófagos como posibles factores causales, aunque hoy se piensa que, si bien intervienen el proceso, lo hacen de forma indirecta, facilitando la entrada de los organismos infecciosos hacia el leño a través de las galerías que practican sus larvas. En todo caso, son abundantes las especies fitófagas en las quercíneas afectadas de seca (LUQUE et al, 2003), tanto perforadores (entre los que destaca especialmente el gén. *Cerambyx*), como defoliadores, chupadores de savia, formadores de agallas y perforadores de las bellotas.

Una enfermedad muy difundida entre las quercíneas de las dehesas ibéricas es el “chancro carbonoso”, causado por el hongo ascomiceto *Hypoxylon mediterraneum* (Sin. *Biscogniauxia mediterranea*), que afecta en mayor medida a *Q. suber* y suele asociarse al decaimiento de los árboles (JIMÉNEZ et al, 2005). El hongo penetra en los árboles a través de heridas de poda o descorche (MONTROYA OLIVER, 1980) y forma una costra negra sobre el leño, bajo la corteza y el corcho, generalmente sobre ramas muertas, aunque también se comporta como un parásito oportunista en árboles debilitados o muy perforados por xilófagos (MARTÍN et al, 2005). Está, por tanto, directamente asociado a la decrepitud de los árboles, aunque se cree que se comporta más bien como patógeno oportunista secundario.

Las plagas de insectos, sobre todo xilófagos, se están convirtiendo en la principal causa de mortalidad de las quercíneas de las dehesas (PÉREZ FERNÁNDEZ y GÓMEZ GUTIÉRREZ, 1995), aunque de modo indirecto, pues además del daño inmediato sus galerías favorecen la entrada de otros parásitos, principalmente hongos, mucho más nocivos.

Los factores de decaimiento de los árboles tienen fuertes repercusiones negativas sobre las cadenas tróficas del sistema, generando fuertes desequilibrios que facilitan la proliferación de determinadas especies de insectos cuando las condiciones ambientales les son propicias, sin que en muchos casos puedan actuar sus agentes de regulación naturales.

Son numerosas las especies de insectos que, de un modo u otro, afectan a las quercíneas, aunque estos individuos no significan un peligro formando parte de las redes tróficas del ecosistema, pues se encuentran en una situación de equilibrio biológico, un equilibrio dinámico que viene definido por el cociente entre el potencial biótico de la especie (factor más o menos constante) y la resistencia del medio (BACHILLER et al, 1981).

El problema aparece cuando se rompe el equilibrio biológico de una especie por disminución de la resistencia del medio (mejora de las condiciones ambientales), incremento de la disponibilidad de alimento, abundancia de árboles debilitados, disminución de depredadores o competidores, etc.

En estos casos, si la ruptura del equilibrio es amplia, surge el fenómeno plaga.

Los principales tipos de insectos que afectan a los árboles de la dehesa se pueden clasificar en varios grupos, en función del modo en que afectan al árbol. Así, podemos diferenciar entre insectos defoliadores, carpófagos, formadores de agallas y chupadores de savia, además de los perforadores.

- Los insectos defoliadores son fundamentalmente lepidópteros (SORIA CARRERAS, 1988; EXTREMERA et al, 2004), de los que se citan numerosas especies, 50 de ellas que afectan a las encinas, pertenecientes a las familias *Noctuidae*, *Tortricidae*, *Geometridae*, *Lycaenidae*, *Phycitidae*, *Drepanidae* y *Lasiocampidae*. Entre ellos, los que mayor daño están causando en las dehesas extremeñas de encinas, originando frecuentes plagas, son *Tortrix viridiana* L. (oruga, lagarta o palomilla) y *Lymantria dispar* L. (lagarta peluda). Sin embargo, estas plagas suelen ser controladas con relativa facilidad al fumigar con productos fitosanitarios muy eficaces (ACOSTA, 2005b), aunque peligrosos para la avifauna.

- Los insectos carpófagos o perforadores de los frutos, cuyas larvas se desarrollan en el interior de las bellotas causando una disminución de su peso y humedad. Los tortricidos (Lepidoptera), *Cydia fagiglandana* Zeller, *Cydia penkleriana* D. & Schiff. y *Pammene fasciana* L., además de un curculiónido (Coleoptera), *Curculio elephas* Gyllenhal, son los principales (VÁZQUEZ et al, 1990 ; GÓMEZ DE AIZPURÚA, 1993; SORIA y OCETE, 1996; SORIA et al, 1999; CHAKALI et al, 2002; JIMÉNEZ et al, 2003).

- Otros insectos, que se han hallado en encinares afectados de seca (LUQUE et al, 2003) y que en las condiciones adecuadas también podrían llegar a causar daños de importancia, son los formadores de agallas (el díptero *Dryomyia lichtensteini* F. Löw y el himenóptero *Andricus curvator* Hartig) y los chupadores de savia, entre los que destacan los pulgones *Lachnus roboris* L. y *Myzocallis* Passerini y las cochinillas *Kermes quercus* L. y *Asterolecanium ilicicola* Targioni, todos con niveles de infestación relativamente bajos.

- Los ***insectos perforadores***, que mayoritariamente afectan durante su estado larvario a las quercíneas, son los más dañinos y difíciles de controlar, pues las larvas, xilófagas, se desarrollan en el interior del leño, lo cual dificulta en gran medida el acceso tanto para métodos de lucha biológica como para el uso de pesticidas o medidas de tipo preventivo (BACHILLER et al, 1981).

Los insectos barrenadores son mayoritariamente coleópteros, destacando por su incidencia, además de *Cerambyx welensii* Küst., objeto del presente trabajo, el temible (MONTROYA OLIVER, 1980; SORIA et al, 1994; SOTO et al, 2003; MUÑOZ LÓPEZ, 2007) *Coroebus undatus* Fabr. y Mars. (culebrilla del corcho, causante de graves daños en la industria corchera) y *Coroebus florentinus* Herbst. (*Coroebus bifasciatus* Oliv.), responsable de las denominadas “banderas”, ramas secas en la copa del árbol, y que empiezan a ser abundantes (SORIA y OCETE, 1993).

También el formicido *Crematogaster scutellaris* Oliv. causa en ocasiones daños de cierta envergadura sobre el corcho a consecuencia de los hormigueros y galerías que excavan, teniendo carácter de plaga en algunos lugares (VILLEMANT y FRAVAL, 2002; SORIA et al, 1994).

Otro coleóptero perforador es *Platypus cylindrus* F. que, si bien aún afecta a pocos individuos, los daños que produce sobre estos son muy considerables (SORIA et al, 1994). Sin embargo, en Portugal ya se citó como plaga hace bastantes años (FERREIRA y FERREIRA, 1989) y en los alcornocales del norte de África se destaca esta especie como responsable de la mortalidad de hasta el 8% de los árboles (FRAVAL y VILLEMANT, 1997; BOUHRAOUA, 2002 y 2003; CHAKALI et al, 2002), lo que hace pensar que es un insecto al que hay que prestar una atención especial.

Otros cerambícidos perforadores de las quercíneas, como el resto de especies del gén. *Cerambyx* L., además de *Phymatodes testaceus* L. o *Prinobius scutellaris* Germar actualmente no constituyen ningún peligro, debido a que son muy poco abundantes.

## 1.5. LA FAMILIA *Cerambycidae* Latreille (1802)

### 1.5.1. DEFINICIÓN Y CARACTERES DIFERENCIALES

La familia *Cerambycidae*, definida por P.A. LATREILLE en 1802, es una de las más vastas del orden *Coleoptera*, pues abarca entre 25000 y 35000 especies, con cifras variables según distintos autores (BALACHOWSKY, 1962; VILLIERS, 1978; MARTÍNEZ, 2000; VIVES, 2000). En la base de datos “*Cerambycidae*”, del Institut de recherche pour le développement (IRD) (TAVAKILIAN, 2006), se recoge un total de 27221 nombres aceptados de especies de cerambícidos en todo el planeta, por lo que debe aceptarse esta cifra como número real de especies descritas para la familia hasta el año 2006. Sin embargo, se describen nuevos géneros y especies con cierta regularidad (MARTÍNEZ, 2000), por lo que aún existen dificultades para establecer claramente su taxonomía.

De este total de especies se conocen en la fauna ibérica al menos 257, distribuidas en 108 géneros (VIVES, 2000).

Se trata de una familia bastante bien conocida y de gran importancia económica, ya que la mayoría de sus especies son xilófagas durante la fase larvaria. Por ello, en algunos textos de Entomología agrícola o forestal (BARBEY, 1925; DELLA-BEFFA, 1961; BALACHOWSKY, 1962) se agrupan dentro del grupo no taxonómico de los *insectos saproxilicos o fitófagos*.

A pesar de la gran cantidad de especies, DELLA-BEFFA (1961) la califica como una familia característica y bastante uniforme, afirmando BALACHOWSKY (1962) que es una de las más homogéneas dentro de los *Coleoptera*.

En cuanto a su distribución geográfica, es prácticamente cosmopolita, extendiéndose por todas las áreas emergidas del planeta, excepto las zonas ártica y subártica (VIVES, 2000), y disminuyendo en abundancia de sur a norte, en general, ya que las condiciones climáticas y la flora primaria de cada región son los factores primordiales para su dispersión. Así, la gran mayoría de las especies conocidas de cerambícidos se distribuyen en las diferentes áreas biogeográficas de forma proporcional a su diversidad botánica y a sus temperaturas. En consecuencia, la mayor abundancia de especies de esta familia se da en las zonas tropicales.

Sin olvidar la gran riqueza de formas que comprende esta familia, su relativa homogeneidad nos permite reunir, a partir de la diversa bibliografía consultada (DELLA-BEFFA, 1961; BALACHOWSKY, 1962; BONNEMAISON, 1975; VILLIERS, 1978; WHITE, 1983; RICHARDS y



DAVIES, 1984; TORRALBA, 1997; MARTÍNEZ, 2000; DAJOZ, 2001; VIVES, 2000), varias características comunes diferenciadoras, como son:

- ▶ Forma alargada y subcilíndrica en casi todas las especies.
- ▶ Frecuentemente de tamaño grande o muy grande.
- ▶ Coloración vistosa, a veces críptica.
- ▶ Fórmula tarsal 5-5-5 (aparentemente 4-4-4).
- ▶ Ojos grandes y generalmente escotados, con las antenas insertadas en dicha escotadura.
- ▶ Antenas muy largas, sobre todo en los machos, que suelen alcanzar al menos dos tercios de la longitud del cuerpo y que frecuentemente la superan, llegando a doblarla. Formadas por diez o más artejos y con tubérculos.

Las largas antenas constituyen el carácter más típico y reconocible de los cerambícidos, hasta tal punto que son conocidos vulgarmente como “escarabajos longicornes” (long-horned beetles) o más escuetamente, “*Longicornes*”.

Aunque Latreille denominó *Cerambycidae* a la familia, pronto prefirió llamarla *Longicornes*, aunque este término ha permanecido como nombre común y no solamente para la familia de los cerambícidos, pues también los coleópteros de la familia *Vesperidae* Mulsant (1839) son denominados longicornes (LIEUTER et al, 2004). Sin embargo, y de manera general, cuando se emplea este vocablo, muy utilizado hoy día, se entiende referido a la familia *Cerambycidae*.

## 1.5.2. MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA

### Individuos adultos

#### *Tamaño y aspecto*

Dentro de los cerambícidos se encuentran individuos de tallas muy variables, desde sólo 2 mm hasta más de 20 cm. Así, esta familia incluye algunos de los insectos de mayor tamaño del planeta (Ej.: *Titanus giganteus* Linnaeus 1771, hasta 25 cm de longitud) y también otros que se encuentran entre los coleópteros de menor tamaño (Ej.: *Cyrtinus pigmaeus* Haldeman 1847, de no más de 2 mm de longitud). En todo caso, la mayoría de las especies son de tamaño medio, grande o muy grande.

La forma del cuerpo suele ser alargada y frecuentemente cilíndrica o subcilíndrica, con aspecto general robusto, aunque a menudo dan sensación de gracilidad cuando son muy alargados.

Existe un cierto dimorfismo sexual en algunas subfamilias, aunque en la mayoría de los casos queda restringido al tamaño de las antenas.

La coloración de los cerambícidos es muy variable, dependiendo en gran medida de los hábitos de cada especie en cuanto a sus periodos de actividad. Así, las especies predominantemente diurnas suelen presentar colores brillantes y llamativos (DAJOZ, 2001), mientras que las crepusculares y nocturnas son más bien de colores apagados, a menudo con distintos tonos de pardos o negros.

#### *Cabeza*

Presenta una disposición variable en las distintas subfamilias (DAJOZ, 2001), pudiendo ser horizontal, inclinada hacia delante o vertical. Está armada de unas mandíbulas robustas (BALACHOWSKY, 1962), alargadas, un poco curvadas y que sobresalen hacia la parte anteroinferior (DELLA-BEFFA, 1961).

Los ojos suelen ser grandes y prominentes, usualmente arqueados (DELLA-BEFFA, 1961) o con una escotadura o excavación, raramente enteros.

De la parte superior de la cabeza, entre la frente y los ojos (VIVES, 2000), normalmente desde la escotadura de estos (VILLIERS, 1978; WANG, 2008), surgen unas largas antenas, que arrancan de fuertes tubérculos y se pueden flexionar totalmente hacia atrás (RICHARDS y DAVIES, 1984). Están formadas generalmente por 11 artejos, en raras ocasiones por 12, y tienen una longitud de al menos la mitad del largo del cuerpo, siendo por lo general más largas en los machos, en los cuales no es raro ver que superen el tamaño del cuerpo e incluso llegan a duplicarlo en algunas especies.

Por lo general, el dimorfismo sexual se refleja de una forma más evidente en la mayor ratio entre la longitud de las antenas y del cuerpo en los machos que en las hembras (WANG, 2008).

### ***Tórax***

El tórax está formado por un pronoto bien desarrollado, de forma cónica-trapezoidal, a veces con rebordes espinosos.

Las patas son fuertes y largas, bastante uniformes en toda la familia, con coxas globulares, fémur robusto, tibia larga y tarsos criptopentámeros (VILLIERS, 1978; VIVES, 2000) o pseudopentámeros (MARTÍNEZ, 2000).

Los élitros son en la mayoría de los casos de aspecto alargado y convexo y suelen recubrir las alas membranosas y también el abdomen casi en su totalidad, aunque existen bastantes casos de reducción elitral (VIVES, 2000).

Las alas membranosas, salvo excepciones, están bien desarrolladas y se insertan en el metanoto. Se diferencian 4 tipos: prioniformes, cerambiciformes, lepturiformes y lamiiformes.

### ***Abdomen***

Está constituido por 5-6 segmentos, por lo general claramente visibles en la cara esternal (VIVES, 2000). El resto de los segmentos abdominales, hasta el 10 ó el 11, se han modificado profundamente para dar lugar a las estructuras genitales.

## **Estados inmaduros**

Las larvas de los cerambícidos han sido estudiadas con mayor profusión que los individuos adultos, debido a que en su gran mayoría se trata de fitófagos de muy diferentes tipos, que por tanto tienen la capacidad de producir daños importantes en cultivos o bosques.

### **Huevos**

Los huevos son poco conocidos, pero se sabe que son muy variables, incluso dentro del mismo género, por lo que su estudio tiene interés desde el punto de vista taxonómico (HERNÁNDEZ, 1991).

En su mayoría son de color blanco, amarillento o crema, cubiertos de una fina retícula (VILLIERS, 1946), generalmente ovales, aunque son habituales también las formas alargadas, fusiformes o cilíndricas, y con un tamaño variable, que no está en relación directa con el tamaño del imago (HERNÁNDEZ, 1991), sino más bien con el número de huevos de la puesta (VIVES, 2000).

El periodo de incubación es muy discutido, aceptándose que varía entre los 6 y los 40 días según las diferentes especies y dependiendo de la temperatura (VIVES, 2000; WANG, 2008).

### Larvas

Las larvas presentan un aspecto carnosos y consistencia blanda, “adiposa” según el término empleado por BALACHOWSKY (1962). La cutícula es de color blanquecino-amarillento-marfileño, más o menos pubescente, y solamente se encuentra esclerotizada en la cabeza.

Su tamaño es muy variable, desde 15 hasta unos 80-100 mm de longitud total.

La forma también varía mucho entre grupos, aunque es preferentemente recta, alargada y cilíndrica, a veces más o menos deprimida y en raros casos pueden tener un cuerpo corto y robusto (PETERSON, 1960).

La cabeza está bien definida, fuertemente esclerotizada, prognata y retraída en el protórax (LAWRENCE, 1991; VIVES, 2000). Su parte anterior presenta unas antenas muy reducidas y sedas o poros sensoriales, además de unas fuertes mandíbulas (VIVES, 2000).

Unas protuberancias prominentes y carnosas, de función ambulatoria, llamadas ampollas ambulacrales o tergaes (VILLIERS, 1946) suelen estar presentes en las caras dorsal y ventral de los segmentos 1 al 6 ó 7 (PETERSON, 1960).

### Ninfas

La morfología de las ninfas de los cerambícidos es bastante uniforme (VILLIERS, 1946; PETERSON, 1960), mostrando ya un aspecto que presenta una notable similitud con el insecto adulto, igual que ocurre de forma general en los coleópteros.

La superficie corporal se encuentra débilmente esclerotizada y presenta una coloración lechosa o nacarada, ocasionalmente pardoamarillenta o anaranjada (VIVES, 2000).



### 1.5.3. BIOLOGÍA

#### Ciclo biológico

El ciclo biológico de los *Cerambycidae* se caracteriza en la mayoría de los casos por un dilatado periodo de desarrollo larval, como es característico de los insectos holometábolos (VILLIERS, 1978). Su duración más habitual se encuentra entre 1 y 3 años, aunque en algunas especies es sólo de 2-3 meses, mientras que en otras puede llegar hasta los 20 ó 30 años, aunque solamente en condiciones excepcionales. A este respecto, BALACHOWSKY (1962) sugiere que cuando larvas de una especie permanecen más de 3 años en el interior de la madera es debido a que existen malas condiciones en ésta, principalmente una fuerte sequedad. De este modo, gracias a individuos que han sobrevivido muchos años en la madera, se han introducido plagas alóctonas de cerambícidos en algunos países europeos, principalmente Gran Bretaña (RICHARDSON, 1993).

Dentro de cada especie el periodo larvario también puede variar, ya que su duración depende de diversos factores, entre los cuales se han certificado la temperatura, la humedad y el tipo y edad de la madera (CHEMSAK et al, 1992; VIVES, 2000), es decir, su valor nutritivo (DAJOZ, 2001).

La eclosión de las larvas tiene lugar entre 10 y 20 días tras la puesta y por lo general comienzan enseguida a perforar la madera o la corteza en el mismo lugar de la eclosión (VILLIERS, 1946), para introducirse en su interior lo más rápidamente posible, ya que se encuentran muy expuestas a los depredadores, a las condiciones ambientales adversas y a otras posibles contingencias.

El desarrollo de las larvas pasa por tres fases, con sus correspondientes mudas, hasta alcanzar la fase prepupal (VIVES, 2000). Esta especie de hipermetamorfosis es muy evidente en los *Vesperinae*, en los que hay diferencias anatómicas importantes entre los individuos de una fase y otra, y sirve como diferencia esencial para separar esta subfamilia de la *Cerambycinae* (VIVES, 2000), donde únicamente se aprecia un incremento de tamaño.

La ninfosis ocurre generalmente en la misma madera en que se ha desarrollado la larva, en el interior de una cámara que ella misma excava. La zona donde la larva establece su celda ninfal es variable dependiendo de las especies (VILLIERS, 1946), pero siempre es al final de una galería y se trata de un ensanchamiento de la misma, a veces obturada por serrín y en bastantes casos queda sellada por un opérculo calcáreo producido a partir de secreciones de los tubos de Malpighi, muy ricas en carbonato de calcio y también con sustancias gomosas y sedosas (RICHARDS y DAVIES, 1984).

El periodo pupal suele tener una duración de 7-10 días, aunque en algunas especies puede incluso llegar a las 6 semanas, sucediendo por lo general a principios de otoño, aunque no es raro que ocurra en el inicio de la primavera. En el primer caso, el insecto adulto pasa el invierno en el interior de su cámara, en un estado más o menos inmaduro (VILLIERS, 1978). En otras ocasiones, las ninfas

permanecen durante todo el invierno y se metamorfosean inmediatamente antes de la salida de los adultos al exterior.

El imago sale de la cámara ninfal rompiendo con sus mandíbulas el tapón con que la larva ha obstruido el orificio de salida, o bien practicando una abertura a través de la corteza del fitohuésped. Esto casi siempre ocurre en primavera y verano. En la Península Ibérica, en concreto en las zonas más cálidas, existen especies que pueden emerger en otoño y llevar una vida activa en los días más templados del invierno, o permanecer en la cámara hasta la primavera o verano siguientes (VIVES, 2000).

El periodo vital de los adultos es muy corto, teniendo una duración de 1-2 semanas (VILLIERS, 1978). En casi todos los casos conocidos, los machos aparecen primero, y en muchas especies mueren muy poco después del apareamiento (VIVES, 2000), mientras que las hembras tienen que seleccionar el fitohuésped y, una vez han madurado los huevos, realizar la puesta antes de morir.

En todo caso, la longevidad de los imagos está muy condicionada por diferentes factores ambientales, entre los que destacan la temperatura, humedad o la presencia de depredadores o parásitos, sin olvidar la disponibilidad de alimento, que puede determinar una mayor duración de este periodo vital.

Parece ser que en casos excepcionales, algunos individuos pueden sobrevivir al proceso reproductor, invernar y volver a aparearse en la siguiente primavera o verano, realizando un “ciclo bivoltino” (VIVES, 2000).

## **Fitohuéspedes**

Se ha descrito una gran variedad de especies vegetales afectadas por larvas de cerambícidos. La inmensa mayoría de ellas se desarrollan en maderas muertas o en putrefacción (MARTÍNEZ, 2000). Pocas especies dañan a árboles vivos (LIEUTER, 2004) y son muy raras las que afectan a individuos sanos, alimentándose casi todas de madera muerta o muy deteriorada (bien sea en plantas vivas o sobre individuos ya muertos).

Sin embargo, varios géneros viven en el interior de tallos de herbáceas e incluso entre los rizomas y fascículos radicales de algunas plantas (VIVES, 2000), pareciendo tener preferencia por las raíces de árboles maduros que se encuentran en posiciones bastante aisladas (DUFFI, 1953). En todo caso, este reducido número de especies que atacan a individuos vivos y más o menos sanos se pueden considerar como parásitos primarios (BALACHOWSKY, 1962), o al menos se comportan como tales en ciertas ocasiones.

No obstante, raramente se encuentran estrictamente asociados a un determinado vegetal

(VILLIERS, 1978), siendo lo más común que presenten un rango más o menos amplio de plantas hospedadoras (WANG, 2008) y existiendo especies capaces de atacar a numerosas plantas (KIMOTO y DUTHIE-HOLT, 2006). Esta polifagia no es, sin embargo, generalizada, teniendo ciertas restricciones.

Aunque muchas especies de las que se desarrollan en troncos o ramas solamente penetran en el interior de la madera para pupar (CHEMSAK et al, 1992), hay también algunas otras (como ocurre con las del gén. *Cerambyx*) cuyas larvas pronto se introducen bajo la corteza y barrenan el interior de la madera durante toda esta etapa, no saliendo al exterior hasta que alcanzan la fase de imago.

La localización y selección del huésped es una fase crítica, pues de ella depende la supervivencia de las larvas. Determinadas sustancias químicas volátiles emitidas por las plantas parecen ser esenciales en este proceso, ya que pueden servir al insecto para localizar sus especies hospedadoras e incluso la edad y el estado de salud del individuo..

## **Alimentación**

### ***Alimentación de las larvas***

Tanto PETERSON (1960), como posteriormente CHEMSAK et al (1992) afirman que todas las especies de esta familia son exclusivamente fitófagas en el estado larvario, por lo que en sus primeros estadios de desarrollo crecen en el interior de la madera o en los tallos o raíces de diferentes tipos de vegetales, perforándolos. Según esto, DELLA-BEFFA (1961) clasifica las larvas en tres grandes grupos según su preferencia alimenticia: larvas lignícolas o xilófagas, herbívoras y “radicívoras”, perteneciendo la inmensa mayoría de las especies al primer grupo.

En el interior del árbol, las larvas van excavando galerías a medida que trituran la madera con sus poderosas mandíbulas, desechando las fibras más duras (VIVES, 2000), ricas en lignina. Estas fibras se van acumulando en la parte trasera según avanza la larva, junto a sus excrementos, de manera que las galerías se van taponando, aunque parece ser que en ciertas especies (BALACHOWSKY, 1962) la larva evacua frecuentemente al exterior los desechos, practicando aberturas laterales.

Las galerías larvarias suelen presentar una sección más o menos circular y su longitud es muy variable según las especies, dependiendo de las necesidades alimentarias (VILLIERS, 1946) y del tiempo que permanecen en el interior de la madera. Ambos condicionantes están directamente relacionados con el potencial nutritivo de la zona de la madera en la que se desarrollan o del tipo de árbol.

La localización de las galerías está en función de los hábitos nutricionales de la larva, situándose en la zona de la madera más apropiada para obtener sus nutrientes específicos. En la



mayoría de los casos se ubican en la corteza, superficial o profunda, o bien en la zona subcortical (DAJOZ, 2001).

En cuanto a la orientación de las galerías, que apenas presentan tramos rectos (WANG, 2008), SALIBA (1972) concluye que parece estar influenciada por determinados estímulos que provocan cambios de orientación en las larvas, como ocurre con el sonido o las vibraciones, de manera que su naturaleza tortuosa en la mayoría de los casos parece estar causada por los sucesivos cambios de dirección efectuados para evitar a otras larvas.

La madera es un elemento nutritivo muy particular, debido a su dureza y su composición química (DAJOZ, 2001), las cuales repercuten de forma importante sobre la morfología y la fisiología de los insectos que se alimentan de ella.

La digestión de la celulosa y otros componentes de la madera por parte de los longicornes es un asunto aún bastante controvertido y con escasos datos, aunque existe una creciente evidencia de la capacidad de segregar celulasa por muchos de estos insectos, sin olvidar la importancia de la colaboración de ciertos microorganismos intestinales en otros. Incluso se ha propuesto la intervención de celulastas fúngicas, adquiridas al ingerir hongos presentes en la madera (TERRA y FERREIRA, 2003).

Sí parece claro, sin embargo, que su eficiencia es inferior al 10%, lo que explica (VILLIERS, 1978) la larga duración de la vida larvaria de estas especies. Por ello, las larvas que se desarrollan en el corazón de la madera tienen una vida larvaria de duración superior a los 3 años, además de ser significativamente más grandes que las demás (DAJOZ, 2001).

Según KUKOR et al (1988, *citado por* VIVES, 2000), las larvas de los cerambícidos utilizan 4 mecanismos para la digestión de la celulosa:

- ▶ Gracias a la intervención de simbiosis alojados en los micetomas de su tubo digestivo.
- ▶ Mediante la participación de la flora bacteriana habitual de su tubo digestivo.
- ▶ Por la acción de enzimas producidas directamente por la propia larva.
- ▶ Por la acción combinada de enzimas ingeridas con el alimento, especialmente hongos deuteromicetos y heterobasidiomicetos.

### ***Alimentación de los insectos adultos***

En lo que respecta a los imagos, se sabe que en algunas especies los adultos no se alimentan en absoluto (VIVES, 2000; WANG, 2008) o lo hacen de forma muy somera, debido a la corta duración de su vida, especialmente las de vuelo nocturno, que viven muy pocos días.

Los imagos de especies de actividad diurna suelen vivir más tiempo (hasta dos semanas en

muchos casos), por lo que necesitan alimentarse, principalmente para mantenerse hidratados.

Sin embargo, para algunas especies una determinada cantidad de alimento es requisito indispensable para la maduración de los ovocitos y la oviposición (EDWARDS, 1961).

Las fuentes de alimento son de lo más variadas en las distintas especies de cerambícidos. En la mayoría de las especies los adultos se alimentan a partir de plantas diferentes a las de sus larvas (CHEMSAK et al, 1992). Algunas obtienen alimento de flores, corteza, hojas, agujas y conos de pinos, savia, frutos, raíces y hongos. Las especies que se alimentan de flores usualmente son generalistas, y constituyen el grupo de coleópteros más importantes como polinizadores.

En todo caso, parece que la mayoría de las especies prefieren las secreciones azucaradas de troncos, frutas o flores (DELLA-BEFFA, 1961).

Distintos autores, citados por VIVES (2000), sostienen que la alimentación tiene gran influencia en la longevidad de los adultos, ya que se ha logrado mantener con vida a individuos de diferentes especies durante periodos más amplios de lo esperado a base de suministrarles regularmente alimento.

## **Reproducción**

### *Apareamiento*

Suele producirse de forma inmediata a su aparición, salvo en aquellas especies en las que deben madurar los aparatos genitales o los ovocitos de las hembras (VIVES, 2000), aunque no suele demorarse más de uno o dos días.

El reconocimiento y aproximación entre sexos se efectúa bajo la influencia de varios factores (VILLIERS, 1978), siendo las antenas el elemento esencial (individuos desprovistos de las mismas no pueden reconocer a sus congéneres del sexo opuesto) para que los machos reconozcan la disponibilidad de las hembras fértiles.

Cuando la ratio entre sexos favorece claramente a los machos, lo más común es que se produzca una fuerte competencia por aparearse (WANG, 2008), con un comportamiento muy agresivo de los machos, que en cautividad se manifiesta en fuertes peleas que terminan con amputaciones y la muerte de los individuos más débiles.

Esto pueden hacerlo entrando en contacto las antenas o bien mediante feromonas que parecen emitir las hembras de muchas de las especies crepusculares (WANG, 2008). El acoplamiento se produce casi siempre de la forma habitual en los coleópteros (VILLIERS, 1978; VIVES, 2000): el macho trepa sobre el dorso de la hembra, extiende su pigidio y lo incurva hacia las vías genitales de la hembra, introduciendo su pene cuando ella distiende su ovipositor aceptando la cópula.

La cópula puede durar desde segundos hasta horas, permaneciendo el macho fuertemente sujeto al dorso de la hembra durante ese tiempo, de modo que si ésta se ve obligada a desplazarse, lo hace con el macho sobre ella sin que se interrumpa la copulación.

### ***Puesta***

Las hembras de cada especie tienen una fuerte tendencia a realizar su puesta sobre un sustrato vegetal lo más parecido posible a aquél del cual proceden (VILLIERS, 1978; VIVES, 2000). Si no lo hallan, elegirán otro alternativo, en cuyo caso se da un índice de mortalidad elevado.

Normalmente, la hembra realiza una exploración previa de la superficie del sustrato, mediante las antenas, o bien palpando o mordiendo para conocer el tipo de fitohuésped y su estado, buscando las condiciones más adecuadas para el desarrollo de las larvas. Esta cualidad que presentan las hembras, gracias a la cual eligen árboles análogos a aquellos en los que ellas y sus ascendientes han vivido durante generaciones, se denomina “*principio de Hopkins de la selección del huésped*” (BACHILLER et al, 1981).

El tiempo transcurrido desde la cópula hasta que se inicia la puesta suele ser corto, generalmente algunas horas, aunque en algunas especies puede prolongarse hasta una semana.

La oviposición puede realizarse depositando los huevos directamente sobre el sustrato o practicando incisiones con las mandíbulas en la corteza, madera o tallos y ramas e introduciendo el oviscapto en la hendidura para depositar la puesta (BUTOVITSCH, 1939, citado por VIVES, 2000).

## **Desplazamiento**

### ***Larvas***

Las larvas se desplazan por el interior de su sustrato a través de sus galerías, abriéndose camino a medida que se alimentan (FABRE, 1891). Progresan o retroceden fijándose primero mediante sus mandíbulas, para luego inflar sus ampollas ambulacrales y tomar así puntos de apoyo en las paredes de la galería que le permitan avanzar contrayendo la musculatura abdominal (VILLIERS, 1978).

### ***Imagos***

Los cerambícidos adultos se desplazan mediante la marcha o el vuelo. La marcha se lleva a cabo habitualmente sobre el mismo fitohuésped, generalmente sobre las caras plantares de los tarsos, el extremo de las garras y las espinas terminales de las tibias (VILLIERS, 1978). Las patas de un mismo par funcionan alternativamente, y se sincronizan con la opuesta del par siguiente.

El desplazamiento en vertical se realiza del mismo modo, pudiendo hacerlo en cualquier

superficie, gracias a sus fuertes garras, con la excepción de las zonas muy pulidas.

La mayor parte de las especies de cerambícidos pueden volar, pudiendo ser diurnos, crepusculares o nocturnos. El vuelo suele ser lento y pesado (VILLIERS, 1978; VIVES, 2000), con los élitros levantados y las antenas extendidas hacia delante y suelen recorrer espacios cortos.

Las especies nocturnas suelen tener un vuelo más largo y sostenido, y muchas de ellas son fuertemente atraídas por las fuentes luminosas.

## **Relaciones de los cerambícidos con otros artrópodos**

### ***Depredación***

Los cerambícidos son, en general, insectos con escasos mecanismos de defensa, por lo que la depredación es bastante elevada, existiendo un gran número y variedad de depredadores que se alimentan de ellos. Así, en la base de datos “*Cerambycidae*”, del IRD (TAVAKILIAN, 2006) se recogen datos de numerosas especies depredadoras de esta familia, especificando en cada caso a qué otros seres ataca cada una.

Las larvas, al encontrarse protegidas en el interior de la madera, solamente sufren el ataque de cazadores especializados (VIVES, 2000), principalmente coleópteros de varias familias, como *Cucujidae*, *Ostomidae*, *Elateridae*, etc. También las larvas de ciertos neurópteros de la familia *Raphidiidae*, que viven bajo la corteza de leñosas, suelen atacar a las larvas de algunos cerambícidos.

Los adultos de algunas especies son depredados por algunos dípteros (*Asilidae*, *Rhagionidae*) y también por himenópteros (género *Phymata* Latreille, 1802) y redúvidos (género *Arilus* Hahn, 1831).

Existen numerosos vertebrados depredadores de longicornes, tanto larvas como adultos, entre los que destacan los reptiles de tamaño medio, principalmente diversos *Lacertidae* y *Gekkonidae* (VIVES, 2000), que causan estragos entre diversas poblaciones de cerambícidos.

Se han citado varias aves rapaces que cuentan en su dieta con diversas especies de cerambícidos (FATTORINI et al, 1999). Algunas aves insectívoras también son importantes depredadores de estos insectos, tanto sus estados adultos, como larvas, que son capturadas por varias especies de la familia *Picinae* o pájaros carpinteros (géneros *Picus*, *Dendrocopus* y otros), que son capaces de localizarlas y extraerlas del interior de la corteza de los árboles e incluso de zonas más profundas, ya en el leño (VIVES, 2000).

Entre los mamíferos cabe destacar a los géneros insectívoros (la gran mayoría) de murciélagos, que son muy voraces y eliminan una gran cantidad de insectos voladores, especialmente los de vuelo crepuscular y nocturno (BONNEMAISON, 1975). Por esto se considera que quizá sean los principales

depredadores de los cerambícidos adultos.

También algunos otros mamíferos, como tejones (*Meles meles*) y zorros (*Vulpes vulpes*) se alimentan ocasionalmente de larvas, pupas o imagos que se encuentran en el interior de troncos carcomidos, en los que suelen hurgar (VIVES, 2000).

Podría citarse como depredador al ser humano, ya que desde antiguo las larvas de muchas especies son consumidas en diversas culturas, existiendo numerosas citas de tipos de larvas consumidas (VIVES, 2000), preferentemente las de mayor tamaño, sobre las que se ha ejercido una notable presión en ciertas zonas, hasta el punto de haber constituido un poderoso agente controlador de las poblaciones, como se cita en determinadas zonas del Magreb (VILLEMANT y FRAVAL, 2005).

### **Parasitismo**

Los principales parásitos de los cerambícidos, además de las afecciones virales y bacterianas que también sufren (BACHILLER et al, 1981), se encuentran entre los himenópteros, orden de insectos entre los que abundan las especies parásitas de todo tipo de animales, desde artrópodos hasta vertebrados. A pesar de ello, no son bien conocidos, y apenas se encuentran catalogados los que afectan a estos insectos, aunque es conocido que son los *Ichneumonidae* y los *Braconidae* los principales y más especializados, algunos de los cuales poseen un largo ovipositor que les permite atravesar las cortezas y alcanzar las larvas situadas en su interior (DAJOZ, 2001), de manera que introducen el huevo en el interior del cuerpo de la víctima, y allí se desarrollará su larva hasta comenzar la ninfosis (DELLA-BEFFA, 1961). Destacan en este aspecto los géneros *Rhyssa*, *Ephialtes*, *Scleroderma* o *Perithous*, entre otros.

También algunos dípteros, como los *Sarcophagidae* y los *Tachinidae*, además de algún *Phoridae*, parasitan tanto larvas como imagos.

Igual que para los depredadores, en la base de datos “*Cerambycidae*”, del IRD (TAVAKILIAN, 2006) se citan numerosas especies parásitas de esta familia, indicando a cuáles parasita cada una.

### **Mutualismo y comensalismo**

Estas relaciones suelen darse entre algunas especies de cerambícidos y ácaros (WANG, 2008). Lo más común es que ciertos ácaros utilicen a los escarabajos longicornes como vehículo para su dispersión (fenómeno denominado “foresis”). A cambio, algunos de estos ácaros, que viven en las galerías larvarias, se alimentan de hongos, nematodos y otros seres invasores de dichas galerías.

Sin embargo, en ciertos casos, esta relación ha evolucionado hacia un parasitismo.

Igualmente, se han citado nematodos causantes de enfermedades en pinos en Norteamérica, que utilizan como vectores para su dispersión a escarabajos longicornes, tanto para invadir nuevos árboles como para introducirse en los tejidos internos de la planta (PURCELL, 2003).

## Otras características biológicas de los *Cerambycidae*

### *Estridulación*

La mayoría de los cerambícidos son capaces de emitir un tipo de sonido denominado *estridulación*, que es una forma de comunicación muy característica y difundida entre los insectos (HERNÁNDEZ, 1996).

Este fenómeno se ha observado en al menos 30 familias de coleópteros, teniendo todos los órganos estriduladores la misma estructura básica (WESSEL, 2006; HERNÁNDEZ, 1996): una parte fija que se sitúa en el mesonoto, en la base del escudete, el “*pars stridens*”, con finas costillas paralelas que le dan un estriamiento característico, y un “*plectrum*” o rascador, móvil, que es el borde posterior del pronoto, agudamente tallado.

Debido a esto, el mecanismo estridulatorio de los *Cerambycidae* se denomina mesonotal-pronotal, y es propio y característico de la familia (HERNÁNDEZ, 1996).

Cuando el animal mueve el pronoto de forma rítmica, el plectrum realiza un frotamiento sobre el *pars stridens*, emitiendo un sonido chirriante muy característico. Esto ocurre fundamentalmente cuando se encuentra en una situación de peligro (DUFFI, 1953), aunque muchas especies también lo producen al ser molestados, en las peleas entre machos, etc. (VIVES, 2000).

### *Emisión de olores*

Son muy escasos los insectos de esta familia que emiten olores, a veces agradables aunque en la mayoría de las ocasiones desagradables (VILLIERS, 1978), en cuyo caso tienen un carácter eminentemente defensivo.

### *Defensa y mimetismo*

Los cerambícidos apenas presentan sistemas de defensa activos que sean elaborados, siendo los más importantes de tipo disuasorio, como la estridulación o la emisión de olores, ya citados anteriormente, además de la capacidad de algunas especies de entrar en un estado catatónico (VIVES, 2000) cuando advierten la presencia de un posible depredador, quedando totalmente inmóviles y simulando estar muertos. Esta absoluta inmovilidad inhibe el ataque en muchas ocasiones.

Sin embargo, los mecanismos de defensa más habituales en buena parte de las especies de esta familia son de tipo pasivo, como la presencia de espinas en diversas partes del cuerpo, algo no muy frecuente, y, sobre todo, el mimetismo, que presenta diferentes patrones (VIVES, 2000).



### 1.5.4. TAXONOMÍA

VIVES (2000) describe los sucesivos estudios taxonómicos y sistemáticos de relevancia realizados sobre los coleópteros, desde la descripción primera de Linneo (“*Systema naturae*”, T I. Ed. 10, 1758), donde cita hasta 76 especies de los entonces llamados “longicornes”, distribuidos en tres géneros, hasta llegar a la definición de la familia *Cerambycidae* por Latreille en 1802, que además establece los principales grupos dentro de la misma.

Ya en el “Dictionaire universel d’Histoire Naturelle” (D’ORBIGNY, 1845) se habla de “*Cerambycines*”, en referencia tanto a la tribu como a la familia, y se indica que Latreille, aunque inicialmente aplicó este término a toda la familia de coleópteros tetrámeros de largas antenas, posteriormente prefirió denominar *Longicornes* a la familia y dejar el nombre de *Cerambycini* sólo para la tribu, quedando desde entonces bien definidos ambos grupos taxonómicos.

Posteriormente prevaleció la denominación *Cerambycidae* para una familia que rápidamente fue creciendo hasta la actualidad, en que se conocen más de 25000 especies y se siguen describiendo otras nuevas constantemente. Esto se ha debido en gran parte al atractivo que poseen los individuos de esta familia para coleccionistas y científicos, por el gran tamaño de muchos de ellos, sus coloraciones llamativas o las largas antenas que les dan un aspecto particular, sin olvidar su importancia económica, al desarrollarse sus larvas sobre madera y ser capaces de formar plagas.

La ubicación taxonómica de la familia se esquematiza en la Fig. 1.9, que ha sido elaborada a partir del listado taxonómico del reino *Metazoa* que se expone en la página web del proyecto “Fauna Ibérica” (MNCN, 1997).

Según las cifras expuestas por VIVES (2000), en la Península Ibérica se conocen 257 especies de *Cerambycidae* pertenecientes a 108 géneros, englobados en 13 subfamilias, la más abundante de las cuales es la *Lamiinae*, aunque probablemente la más representativa, por sus caracteres y por las especies que alberga, sea la *Cerambycinae*.

La subfamilia *Cerambycinae* Latreille 1802 es de distribución cosmopolita, más abundante en las zonas tropicales y con un gran número de tribus, de las cuales se conocen 17 en la fauna ibérica (VIVES, 2000).

La tribu *Cerambycini* Latreille, 1802 es subcosmopolita, únicamente ausente en Norteamérica (PLAZA, 1990), además de las regiones polares, estando representada en la fauna ibérica por un único género: *Cerambyx*.



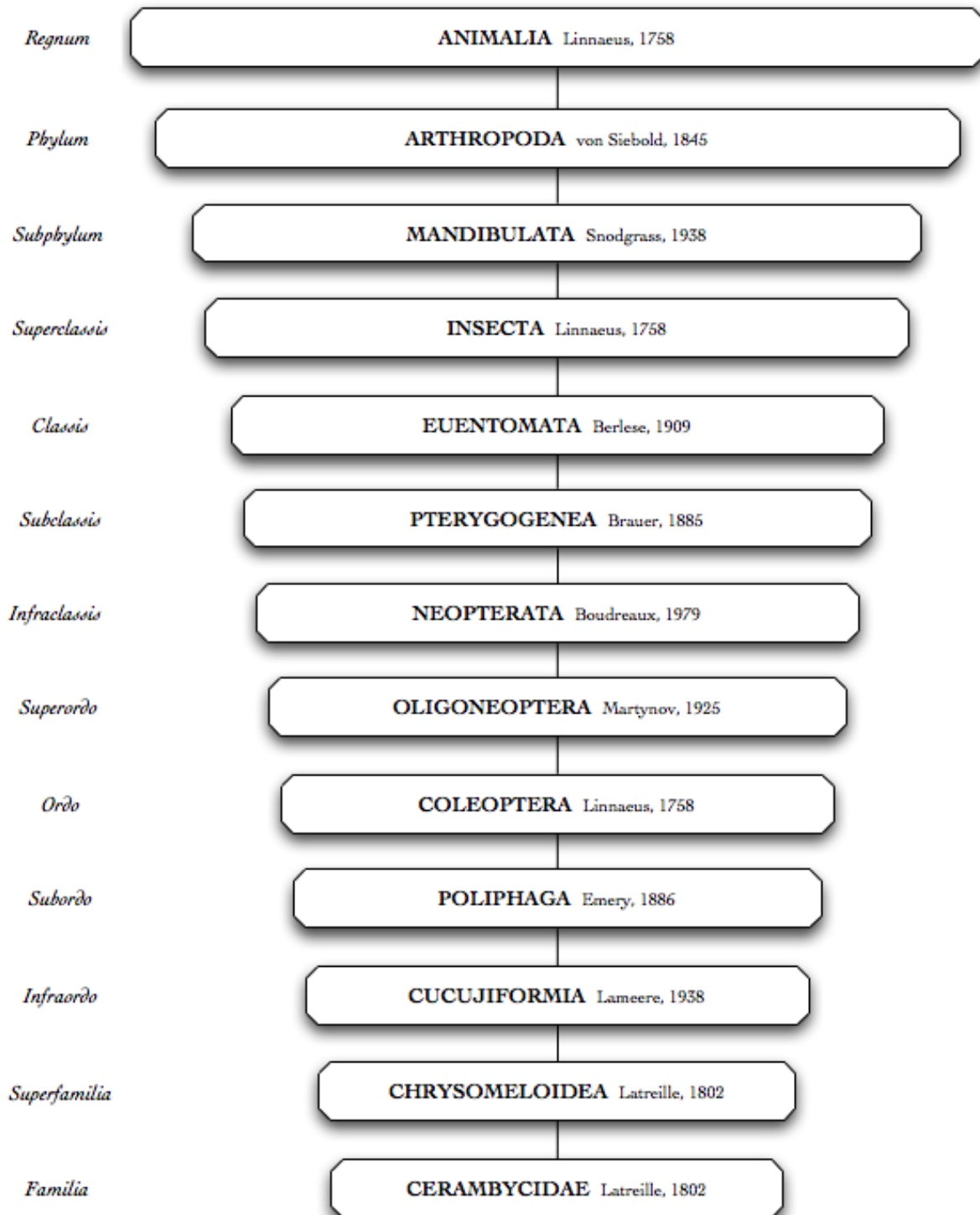


Fig. 1.9. Ubicación taxonómica de la familia *Cerambycidae*.

### 1.5.5. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y ECOLÓGICA DE LOS

#### *Cerambycidae*

##### **Daños económicos**

Los individuos de esta familia causan daños en la flora durante su periodo larvario. Alrededor del 20% de los cerambícidos europeos tienen importancia forestal como causantes de plagas (LIEUTER et al, 2004), aunque se dan casos en los que especies que originan plagas en unas zonas, se encuentran protegidas en otras.

Las principales especies perjudiciales pertenecen a las subfamilias *Cerambycinae* y *Lamiinae* (BONNEMAISON, 1975).

Las larvas de esta familia pueden llegar a causar importantes problemas tanto a los bosques como a los cultivos arbóreos, principalmente frutales y también árboles ornamentales.

DELLA-BEFFA (1961) diferencia dos tipos en los daños producidos por los cerambícidos:

- ▶ Daños fisiológicos, cuando las larvas atacan a vegetales vivos alterando sus funciones orgánicas y originando su decaimiento e incluso muerte. De esta manera actúan sobre los productos agrícolas, principalmente frutas.
- ▶ Daños tecnológicos, que suelen ser muy importantes, pues deterioran los árboles maderables, disminuyendo la resistencia de las maderas de construcción y reduciendo el valor comercial de las dedicadas a mobiliario u otros usos.

Tanto en un caso como en otro, los perjuicios que pueden provocar algunas especies, al constituirse en plaga, pueden tener gran repercusión.

El gran peligro que representan los cerambícidos para los árboles proviene del largo periodo que permanecen en el interior de la madera, ejerciendo su efecto destructor y a salvo de depredadores naturales y de actuaciones humanas (BACHILLER et al, 1981).

Además, su capacidad para reiniciar una infestación tras permanecer largos años en la madera (RICHARDSON, 1993) es uno de los factores que más dificultades plantea a la hora de luchar contra estos insectos.

Algunos autores remarcan la importancia del deterioro que causan sobre la madera de quercíneas (GUÉNAUX, 1919; RAMPÓN, 1920; BARBEY, 1925), pues atacan con preferencia a árboles totalmente desarrollados, que son los de mayor valor desde el punto de vista maderero, sin olvidar el lento crecimiento de estas especies. Por ello, opinan que la inutilización de una madera tan valiosa causa un perjuicio muy importante, aunque la población del insecto no llegue a constituirse en plaga, por lo que califican a estos coleópteros como muy dañinos en cualquier caso.

No están de acuerdo otros autores (PICARD, 1949; DELLA-BECCA, 1961; MONTOYA OLIVER, 1980), pues estiman que la infestación por estos insectos, en condiciones naturales normales, solamente se produce si el árbol tiene algún tipo de deficiencia orgánica (COLAS, 1972), que le predispone a ser atacado (enfermedad, debilidad por falta de nutrientes, stress hídrico, etc.), aunque este mismo autor afirma que se ignora absolutamente el determinismo de estos ataques, algo en lo que en la actualidad no se ha avanzado significativamente.

### **Importancia ecológica**

A pesar de todo lo descrito anteriormente, los cerambícidos ejercen una importante acción ecológica, pues las larvas, al participar en la degradación de la madera, interviniendo como transformadores primarios, propician las condiciones para la invasión por hongos descomponedores, contribuyendo así al proceso de circulación de los minerales hacia el suelo (MARTÍNEZ, 2000; VIVES, 2000).

Por otra parte, hay que considerar que la mayoría de las especies de esta familia atacan de forma preferente a árboles enfermos y decrepitos. Por esta razón, constituyen un importante factor rejuvenecedor del sistema, ya reconocido desde muy antiguo (FABRE, 1891) y confirmado más recientemente (BACHILLER et al, 1981; HARDE y SEVERA, 1984; DEL MORAL et al, 1994), ya que se encargan de eliminar los árboles muy viejos cuando empiezan a mostrar signos de decrepitud, favoreciendo así el desarrollo de los individuos jóvenes y, por consiguiente, la renovación de las poblaciones.

Teniendo en cuenta estas funciones, se puede afirmar que las larvas de los longicornes tienen una notable importancia ecológica, como intervinientes fundamentales en los ciclos de la materia, siempre y cuando sus poblaciones se mantengan dentro de los márgenes de su equilibrio biológico natural.

## 1.6. EL GÉNERO *Cerambyx* Linnaeus (1758)

### 1.6.1. DEFINICIÓN Y CARACTERES DIFERENCIALES

El género *Cerambyx*, descrito por LINNEO en su “*Systema naturae*” (1758), es el único representante de la tribu *Cerambycini* Latreille (1802) y el más característico de la familia *Cerambycidae* Latreille (1802).

Su especie tipo es *Cerambyx cerdo* Linnaeus (1758).

Se utilizaron varios sinónimos durante cierta época (siglo XIX), como *Hamaticherus* Germar (1824), *Hammaticherus* Serville (1834) y *Hammatochaerus* Bach (1856).

Los cerambycidae se llaman vulgarmente *Longicornes* y dentro de ellos, a todos los insectos que se asociaron al género *Cerambyx* se les denomina “Capricornios”.

Aunque dentro de la subfamilia *Cerambycinae* la semejanza entre varios de sus géneros es notable, se pueden fijar como características diferenciales del género *Cerambyx* las siguientes (FOWLER, 1890; DELLA-BECCA, 1961; PICARD, 1949; VILLIERS, 1978; VIVES, 2000):

- ✦ Cabeza grande, robusta, alargada y fuertemente hendida hacia el vértice.
- ✦ Ojos muy alejados de las mandíbulas, con facetas groseras y fuertemente escotados.
- ✦ Antenas largas, en el macho más que el cuerpo, con los artejos III, IV y V nodulosos en su extremo, los siguientes subcomprimidos y con una arista en su borde exterior.
- ✦ Pronoto transversal, más estrecho en su borde anterior que en la base, provisto a cada lado de una protuberancia cónica y puntiaguda. Todo el pronoto se encuentra recubierto de amplios pliegues transversales que le dan un aspecto muy arrugado.
- ✦ El prosterno está ensanchado en el ápice.
- ✦ Élitros largos y punteados.
- ✦ Fémures largos y comprimidos.
- ✦ Primer artejo de los tarsos posteriores aproximadamente tan largo como los dos siguientes juntos.

Aunque no se trata de un género muy extenso en cuanto al número de especies, se halla ampliamente distribuido por toda la región paleártica.



## 1.6.2. TAXONOMÍA

El género *Cerambyx*, desde su definición por Linneo, ha sufrido numerosos cambios en su descripción y en las especies en él incluidas. Así, Scopoli, en 1763, describe 17 especies dentro del mismo y Fabricius, en 1781, incluye 29, de las cuales sólo dos (*C. cerdo* y *C. scopolii*) permanecen en la actualidad (SALIBA, 1974).

El número de especies reconocido hoy día para todo el mundo es diferente según los catálogos consultados: en la base de datos “*Cerambycidae*”, del IRD (TAVAKILIAN, 2006) se exponen 24, mientras que en la “annual checklist” para 2008 del “Catalogue of life” (SPECIES 2000, 2008) aparecen 31, aunque en ambos se enumeran como especies las diferentes subespecies (Ej.: *C. cerdo cerdo*, *C. cerdo mirbeckii*, y *C. cerdo pfisteri*, son contabilizadas como tres especies diferentes).

En Europa se conocen 7 especies de *Cerambyx* (DANILEVSKY, 2003; SAMA, 2007; HOSKOVEC y REJZEK, 2007), (*C. cerdo*, *scopolii*, *miles*, *welensii*, *dux*, *carinatus* y *nodulosus*), correspondientes a las especies paleárticas del género, de las cuales solamente las 4 primeras se encuentran presentes en la Península Ibérica (VIVES, 2000) (Fig. 1.10).

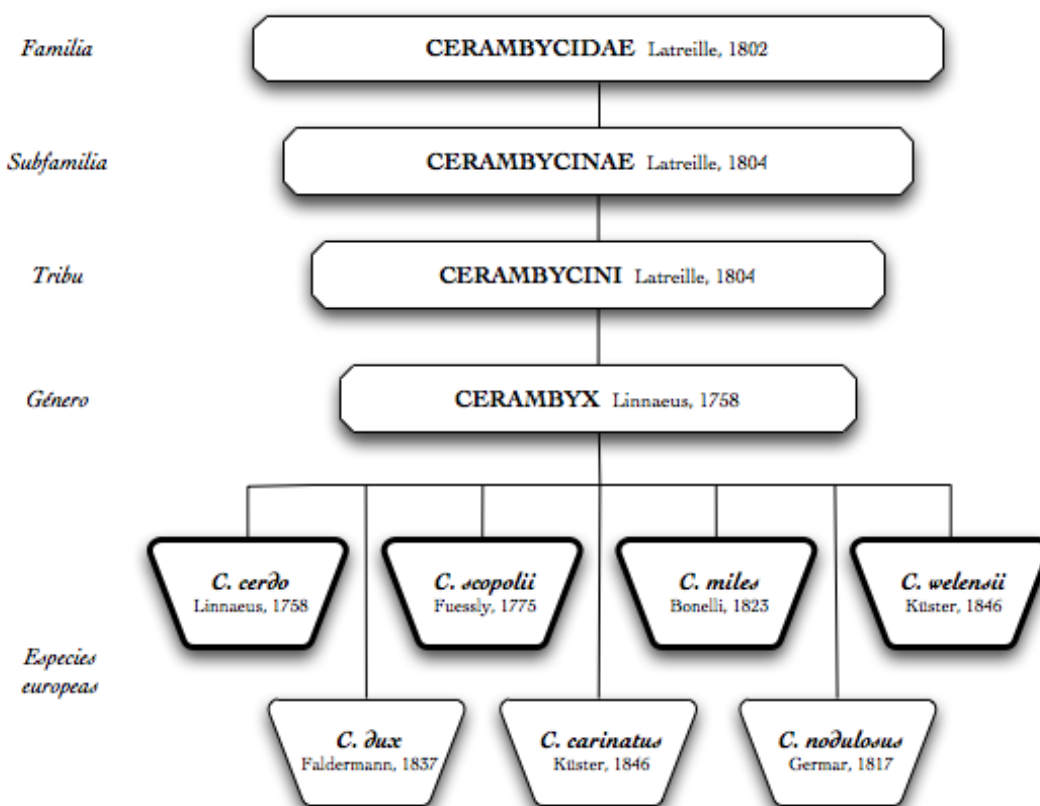


Fig. 1.10. – Taxonomía del género *Cerambyx*, con las especies presentes en Europa y resaltadas en trazo más grueso las 4 que aparecen en la fauna ibérica. (cuadro elaborado a partir de la web del proyecto “Fauna Ibérica” (MNCN, 1997).

Se habla de “**grupo del *Cerambyx cerdo***” (DEL MORAL et al, 1994) en referencia a las 4 especies reconocidas para el género en la Península Ibérica, ya que presentan un elevado grado de similitud entre ellas y solamente se distinguen por pequeños detalles anatómicos y alguna sutil diferencia en su biología, además de encontrarse frecuentemente en los mismos hábitats.

Sin embargo, este término generalizador, empleado en España y Francia con frecuencia, sería también aplicable a la mayoría de las especies del género, pues presentan notables semejanzas en su morfología y aspecto general. Por esto, salvo en estudios específicos, fundamentalmente de tipo entomológico, en los cuales se haga precisa una diferenciación entre ellas, las semejanzas en cuanto a su anatomía, biología y hábitat nos permiten considerarlos como un grupo compacto y que con frecuencia ocupa prácticamente el mismo nicho, por lo que sus efectos a nivel ecológico y fitosanitario son los mismos, dependiendo muy estrechamente del tamaño de las poblaciones en cada caso.

De este modo, en lo que respecta a los efectos de estos insectos sobre las quercíneas, esencia de esta investigación, puede hablarse en general del género o bien del “grupo del *Cerambyx cerdo*”, ya que no es posible identificar a la especie causante de los taladros salvo que pueda capturarse al insecto y en todo caso los daños que producen son idénticos y únicamente el protagonismo de *C. welensii* en este estudio se debe a su abundancia.

A pesar de todo, parece más adecuado emplear el término para las dos especies de mayor tamaño y que son las verdaderamente más similares entre si: *C. cerdo* y *C. welensii*.

A continuación se describen las 4 especies presentes en la fauna ibérica, de forma más somera las dos primeras y con mayor detalle las dos que forman el grupo citado. Dichas descripciones se han realizado agrupando las 4 especies en los dos grupos de dos ya comentados anteriormente, ya que, sobre todo en las dos que nos interesan en este estudio, *C. cerdo* y *C. welensii*, son muy similares y la mayor parte de los caracteres que se exponen son comunes para ambas.

### 1.6.3. *CERAMBYX SCOPOLII* y *CERAMBYX MILES*

#### *Cerambyx scopolii* (Fuesslins, 1775)

*Cerambyx scopolii* FUESSLINS\*, 1775 (Verz. Schweiz. Ins., p. 12)

**Sin.:** *C. cerdo* PODA, 1761 (*nec* LINNAEUS 1758); *C. heros* BERGSTRAESSER, 1778;  
*C. niger gallicus* VOET, 1778; *C. piceus* GEOFFROY, 1785

**Nom. vulg.:** Pequeño capricornio, pequeño capricornio de los quercus, pequeño capricornio negro

**Subesp.:** *paludivagus* LUCAS 1842, *nitidus* PIC 1892

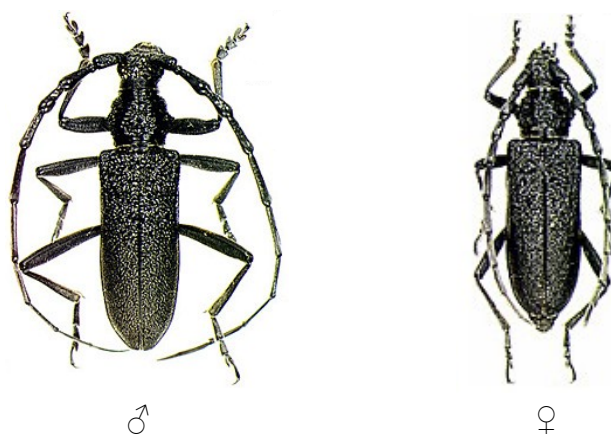


Fig. 1.11. *Cerambyx scopolii* (macho y hembra)

(Imagen: Zupont y Zagatti)

#### Morfología y anatomía

Durante mucho tiempo se le conoció como *C. cerdo*, mientras que el actual *C. cerdo* entonces se denominaba *C. heros* (TRUFFAUT, 1912; GUÉNAUX, 1919; RAMPÓN, 1920; BARBEY, 1925).

Es la especie europea de más pequeño tamaño (17-28 mm). Esto, unido a su coloración uniformemente negra (negro intenso) y su aspecto general lustroso, lo hace fácilmente reconocible.

La cabeza es corta y rugosa, con los ojos de pequeño tamaño y finamente facetados, sin llegar a ocupar todo el margen de la cabeza (VILLIERS, 1978).

Tanto las antenas del macho como la de la hembra son más largas que el cuerpo, en el caso del primero lo superan ampliamente, en 1-3 artejos, mientras que en la hembra, si lo hacen es muy ligeramente y sólo el último. El primer artejo de las antenas está densamente punteado, con algunas depresiones irregulares. El segundo es claramente transverso.

\* Algunos autores, destacando VIVES (2000), denominan a la especie "*Cerambyx scopolii* Fuesly 1775", sin que conozcamos una base bibliográfica que justifique estas pequeñas variaciones en los nombres.



La patas son cortas y finas, sin línea mediana desnuda en la zona plantar de los tarsos posteriores, salvo en la base del primer artejo.

### Biología

La larva mide desde 35 hasta casi 50 mm de longitud y unos 7 mm de ancho a nivel del protórax, siendo muy parecida a las de las otras especies del género.

Vive unos dos años en el interior de la madera, siendo bastante polífaga, pues ha sido citada en numerosos géneros de leñosas, como *Quercus*, *Castanea*, *Fagus*, *Populus*, *Salix*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Alnus*, *Corylus*, *Prunus*, etc. (MENDIZÁBAL, 1943; VILLIERS, 1946 y 1978; VIVES, 1984 y 2000).

Los adultos emergen desde mediados de mayo hasta agosto, sin ser raro hallarlos en abril, ya que según COLAS (1972), es más “primaveral” que el resto de *Cerambyx*.

Son de hábitos diurnos, siendo frecuente encontrarlos a pleno sol sobre manzanos, perales, cerezos y otros frutales, o libando en diversas flores (PICARD, 1949), preferentemente sobre rosáceas y umbelíferas (MENDIZÁBAL, 1943; PLAZA LAMA, 1990), y ocasionalmente en quercíneas, que no suelen constituir su hábitat común.

### Distribución geográfica

Esta especie se encuentra repartida por toda Europa, hasta el Cáucaso, siendo frecuente en centroeuropa, pues prefiere zonas boscosas húmedas. En estas zonas se ha descrito la variedad *helveticus* Stierlin (1879) (VILLIERS, 1978), con las arrugas del pronoto más groseras e irregulares en la parte central.

Las subespecies *paludivagus* y *nitidus* se han descrito en el norte de África y en el oriente próximo, respectivamente.

Dentro de la Península Ibérica se encuentra en la mitad norte con cierta asiduidad, donde prefiere las áreas húmedas y de montaña. También se ha encontrado en la zona centro y en Baleares, y aunque se considera muy rara en el sur, ya ha sido citado en Andalucía y Extremadura, aunque solamente en bosques húmedos, confirmando así lo expuesto por VIVES (2000).

Por esto, aunque las referencias bibliográficas existentes tienden a limitar su distribución meridionalmente por el norte de Extremadura, la zona del levante y las sierras de Granada, las citas de VERDUGO y PÉREZ LÓPEZ (2004) y PÉREZ BOTE et al (2006) desplazan más al sur estos límites, siendo bastante probable que su distribución acabe ampliándose a toda la Península Ibérica.

***Cerambyx miles* (Bonelli, 1823)**

*Cerambyx miles* BONELLI, 1823 (Mem. Soc. Agric. Torino, 9, p. 178)

**Sin.:** *C. militaris* LATREILLE, 1829

**Nom. vulg.:** Capricornio militar, Cerambyx soldado

**Subesp.:** no (*C. miles* var. *rufescens* PIC)

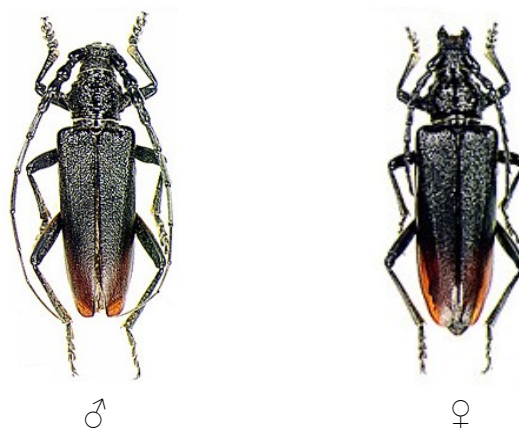


Fig. 1.12. *Cerambyx miles* (macho y hembra)  
(Imagen: Zupont y Zagatti)

**Morfología y anatomía**

Aunque presenta varios caracteres comunes con *C. scopoli*, su aspecto externo es diferente, pues su tamaño es mayor (entre 25 y 48 mm) y su coloración es negruzca con el tercio apical de los élitros de un tono pardo-rojizo bastante más claro.

Es muy parecido a *C. dux* Faldermann (1837), una especie no presente en la fauna ibérica (VIVES, 2000), aunque sí en buena parte de Europa. También es fácil de confundir con *C. cerdo* si no se observa con detenimiento.

La cabeza es de tamaño mediano y muy granulosa, con ojos pequeños, finamente facetados y que no ocupan todo el borde externo (VILLIERS, 1978).

Las antenas del macho alcanzan o superan muy ligeramente el ápice de los élitros, mientras que en la hembra llegan hasta la mitad o muy poco más. El artejo II de las antenas es fuertemente transverso (VILLIERS, 1978).

El pronoto tiene un aspecto muy brillante, con pliegues transversales regulares, aserrados y poco profundos en su superficie dorsal y con protuberancias laterales cónicas bastante largas y robustas (VILLIERS, 1978; VIVES, 2000).

Los élitros son largos, mucho más anchos en la base, subparalelos y fina y densamente punteados. El ángulo sutural apical tiene un aspecto claramente redondeado y sin espina.

La cara ventral se encuentra fina y densamente punteada y recubierta por una espesa

pubescencia grisácea.

Las patas son cortas y más o menos finas, sin línea mediana desnuda en la zona plantar de los tarsos posteriores, salvo en ocasiones en la base del primer artejo.

### Biología

La larva se desarrolla en el leño de quercíneas, principalmente *Quercus ilex*, *Q. rotundifolia* y *Q. coccifera*, aunque se supone que puede hacerlo en cualquier especie de *Quercus*, habiéndose citado sobre *Q. pyrenaica* (PLAZA LAMA, 1990) y también sobre diversos tipos de frutales, principalmente de los géneros *Prunus*, *Pyrus*, *Vitis*, etc. (PICARD, 1949; VILLIERS, 1978; VIVES, 2000).

Los adultos son de hábito diurno, encontrándose de junio a agosto sobre troncos de viejos árboles aislados o frecuentando frutos maduros (casi nunca flores), volando a menudo a pleno sol, más a menudo a partir de mediodía (PICARD, 1949; VILLIERS, 1978; VIVES, 2000). Parece totalmente comprobado que esta especie nunca tiene actividad crepuscular ni nocturna, desarrollando todas sus funciones vitales durante el día.

Prefieren, más que bosques de encinas y alcornoques, las zonas aclaradas o los bordes de estos bosques, incluso árboles aislados (DAUGUET y DAUGUET, 1973).

### Distribución geográfica

Es una especie meridional, con una amplia distribución por toda la región mediterránea, incluyendo el norte de África, y también el sur de Europa central, llegando hasta oriente próximo y el Cáucaso (VILLIERS, 1978; VIVES, 2000).

Existe una especie europea, *C. dux*, que es muy parecida a *C. miles*, siendo preciso un examen detallado para poder diferenciarlas (PICARD, 1949). Esta especie, sin embargo, no se encuentra en la Península Ibérica (VIVES, 2000; HOSKOVEC y REJZEK, 2007).

En el área peninsular, *C. miles* es muy poco frecuente, habiéndose encontrado casi siempre en encinares húmedos, preferentemente en zonas cálidas, aunque de forma muy dispersa por toda la geografía. Así, existen citas en diversas zonas del Sistema Central, Madrid, Salamanca (VIVES, 1984; PLAZA LAMA, 1990; CALVO, 2004) y también en Aragón (MURRIA y MURRIA, 2004) y Cataluña (LENCINA et al, 2004), incluso en Andalucía (VIVES, 1984). No se conoce en Baleares.

Aunque parece ser que esta especie no se encuentra en Extremadura, existe una cita de MENDIZÁBAL (1944, citado por VIVES, 1984), sobre vides en Berzocana (Cáceres). Al no haber hallado nuevos ejemplares, hay que considerar dudosa su presencia en esta región.

#### 1.6.4. *CERAMBYX CERDO* y *CERAMBYX WELENSII*

La descripción detallada que de estas dos especies se realiza a continuación se enfoca de manera conjunta por ser, como se ha dicho antes, muy similares en cuanto a anatomía, biología y etología. Dicha descripción será general para ambas y sólo se puntualizarán aquellas diferencias significativas conocidas entre ellas.

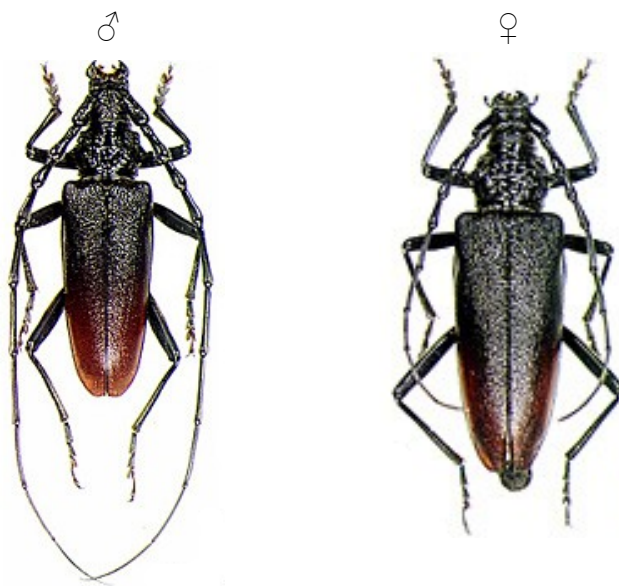


Fig. 1.13. Macho y hembra de *Cerambyx cerdo*  
(Imagen: Zupont y Zagatti)

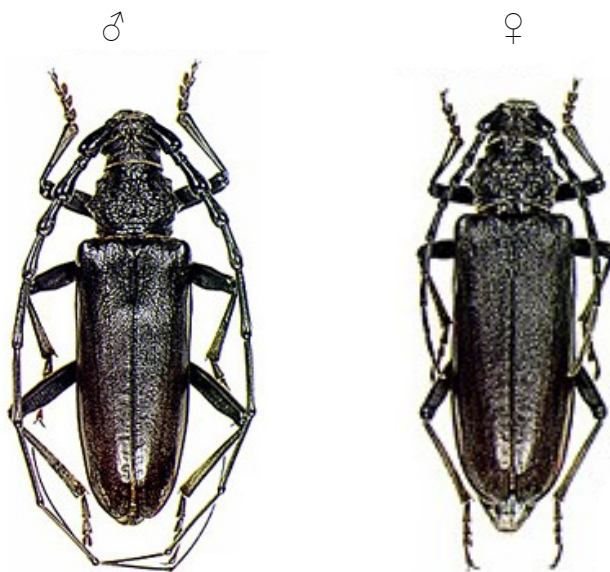


Fig. 1.14. *Cerambyx welensii* (macho y hembra)  
(Imagen: Zupont y Zagatti)

	<i>Cerambyx cerdo</i>	<i>Cerambyx welensii</i>
Denominación, autor y publicación	<i>Cerambyx cerdo</i> LINNAEUS, 1758 (Syst. Nat., ed. 10, p. 392)	<i>Cerambyx welensii</i> KÜSTER, 1846. SAMA, 1991 (Boll. Soc. Entomol. Ital., 123 (2): 123)
Sinónimos	<i>heros</i> SCOPOLI, 1763; <i>luguber</i> VOET 1778	<i>velutinus</i> BRULLÉ, 1832; <i>velutinus</i> var. <i>tunicus</i> PIC, 1891; <i>Hamaticherus welensii</i> KÜSTER, 1845
Nombres vulgares	Gran capricornio, gran capricornio de las encinas, gran capricornio de los quercus	no se conocen (o los mismos que <i>C. cerdo</i> )
Subespecies	<i>mirbeckii</i> LUCAS 1842, <i>pfisteri</i> STIERLIN 1864, <i>acuminatus</i> MOTSCHULSKY 1852	sin subsp, solo una variedad: <i>tunicus</i> PIC 1892

## Morfología y anatomía

### Imago

Especies de tamaño grande, generalmente entre 30 y 55 mm de longitud, pudiendo llegar a superar los 60. Su coloración es negruzca con leves tonos rojizos, que en *C. cerdo* se acentúan hacia el ápice de los élitros, de modo que estos suelen presentar un color marrón-rojizo más o menos claro. En *C. welensii*, por el contrario, esa leve tonalidad de los élitros es más bien rojo burdeos (o vino tinto), que se acentúa y aclara hacia su ápice, adquiriendo un tono pardo-castaño-burdeos menos oscuro.

La cabeza (Fig. 1.15) no es muy grande, más rugoso-granulosa en *C. welensii* y con pliegues transversales. En ella destacan las mandíbulas, los ojos y las antenas.



Fig. 1.15. Cabeza de *C. cerdo*



La boca está provista de mandíbulas fuertes y prominentes, que se hacen muy visibles en el vértice anterior y que tienen forma de ganchos curvados hacia el interior y terminados en punta (Fig. 1.16).



Fig. 1.16. Detalle de las mandíbulas de *C. welensii*



Fig. 1.16. Detalle del ojo de *C. cerdo*

Los ojos son grandes y prominentes, de forma arrionada y con sección elíptica, situándose por debajo y hacia atrás de la inserción de las antenas (BACHILLER et al, 1981) y presentando una profunda escotadura coincidiendo con dicha inserción (Fig. 1.17). Su facetado es muy denso y grosero (VILLIERS, 1946).

Las antenas (Fig. 1.18) son muy largas en los machos, sobrepasando la longitud del cuerpo hasta en 4-5 artejos en *C. cerdo* y hasta en 3-4 artejos en *C. welensii*, por lo que la proporción *longitud antenal/longitud corporal* es algo menor en esta última (no es raro, sin embargo, encontrar machos pequeños con las antenas sólo levemente más largas que el cuerpo en ambas especies) (VILLIERS, 1978; VIVES, 2000), lo que apunta a un coeficiente alométrico positivo y elevado en este carácter anatómico.

La antenas de las hembras son notablemente más cortas, aunque en *C. cerdo* pueden llegar a superar el tamaño del cuerpo, en cuyo caso lo hacen muy ligeramente. En *C. welensii*, sin embargo, difícilmente superan la mitad del cuerpo y no alcanzan nunca el ápice de los élitros.



Fig. 1.18. Detalle de los primeros artejos de una antena de *C. welensii* macho

El primer artejo de las antenas es corto, fuerte, y con una superficie irregular, presentando leves pliegues longitudinales en *C. cerdo* y fuertes estriaciones transversales en *C. welensii*.

El pronoto tiene una superficie muy irregular (Fig. 1.19), siendo lustroso y con fuertes pliegues transversales en *C. cerdo*, sobre todo hacia el borde anterior y la base (VILLIERS, 1946), y que se encuentran más o menos arrugados según las subespecies (VILLIERS, 1978). En *C. welensii* estos pliegues se encuentran menos marcados y más entrelazados.

En ambas especies sobresalen a los lados del pronoto sendas espinas laterales muy pronunciadas.



Fig. 1.19. Pronoto de *C. welensii*

Los élitros son más o menos granulados. Los de *C. cerdo* (Fig. 1.20) son muy lustrosos y brillantes, granuladamente arrugados en la base y con un punteado grosero hacia el tercio apical (VIVES, 2000). Se estrechan hacia dicho extremo, más en las hembras y en ejemplares de gran tamaño (VILLIERS, 1978), mostrando así un aspecto casi cónico. Se ven surcados por dos ó tres costillas longitudinales no muy profundas, no siempre muy claramente marcadas.



Fig. 1.20. Élitros de *C. cerdo*

En *C. welensii*, los élitros son regularmente convexos y bastante menos estrechados hacia el ápice, de manera que aparentan ser casi paralelos. Su superficie es más finamente rugosa en la base y con un punteado que es en general bastante menos grueso y que se va haciendo cada vez más fino hacia el tercio apical.

La práctica totalidad del cuerpo se encuentra recubierta de una pubescencia sedosa (Fig. 1.21), que es más abundante, uniforme y con una tonalidad dorada en *C. welensii*, mientras que en *C. cerdo* es más irregular, menos espesa y con un tono más grisáceo.

En ambos casos es más densa hacia los lados y en la cara ventral del abdomen.



Fig. 1.21. Pubescencia sedosa dorada en *C. welensii*

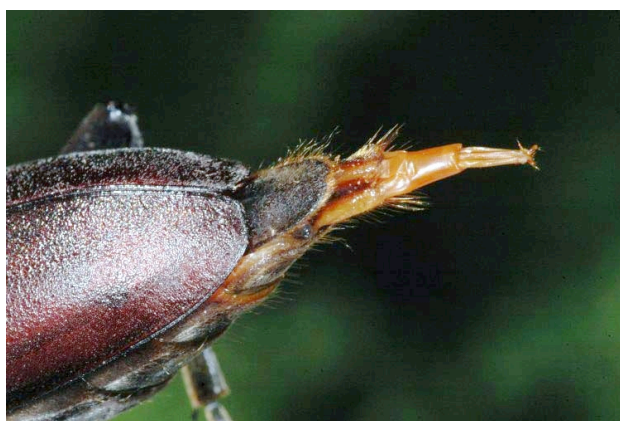
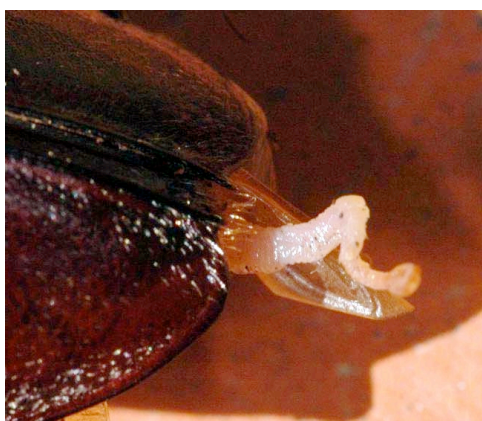


Las patas (Fig. 1.22) son largas y robustas, con una cierta compresión lateral, que es más claramente apreciable en los fémures. El tamaño de las patas va aumentando desde el primer par hasta el tercero, tanto en la longitud global como en la de cada una de sus partes (fémur, tibia y tarso), así como su grosor.

Del extremo de cada tibia surgen hacia abajo dos espolones, rectos y puntiagudos (Fig. 1.23), sobre los que habitualmente se apoyan para el desplazamiento, además de sobre los tarsos.

Los tarsos presentan una cara plantar acolchada y suavemente vellosa, y terminan en dos garras muy afiladas (Fig. 1.23), gracias a las cuales pueden sujetarse prácticamente sobre cualquier superficie y trepar por ella.

Respecto a los aparatos genitales, en ocasiones pueden observarse extendidos desde el extremo del abdomen, mostrando su parte más externa (Fig. 1.24), tanto en los machos (órgano copulador, generalmente denominado edeago o pene) como, mucho más habitualmente, en las hembras (oviscapto u ovipositor).

Fig. 1.22. Patas posteriores de *C. cerdo*Fig. 1.23. Tarso medio de *C. welensii*Fig. 1.24. Órgano copulador masculino (iz) y ovipositor (de) de *C. welensii*

Por último, en cuanto a las estructuras anatómicas descritas en los adultos, existe un cierto dimorfismo sexual en las dos especies, que es muy evidente en lo que respecta a las antenas, mucho más largas que el cuerpo en los machos y más cortas, además de mucho más finas, en las hembras (rasgo éste, más acentuado en *C. welensii*). Además, éstas suelen presentar un cuerpo de mayor tamaño, sobre todo más ancho en el tercio apical de los élitros y el abdomen bastante más grueso.



Por otra parte, las hembras suelen tener cabeza, pronoto y patas de menor tamaño que los machos con la misma longitud corporal.

### ***Estados inmaduros***

Según estudios realizados en *C. cerdo* (DUFFI, 1953; EL ANTRY, 1999), los huevos son ligeramente ovalados, de color marfil o amarillento más o menos intenso, con unas dimensiones de 2,5-4 mm. de longitud por 1-1,5 mm. de grosor, con valores medios, según los estudios de BOUHRAOUA (2003), de 3.7 x 1.9 mm. La variabilidad en el tamaño viene dada fundamentalmente por el número de huevos de la puesta, más que por el tamaño de la hembra (VIVES, 2000).

En cuanto a su aspecto externo, toda su superficie, salvo las zonas polares, está recubierta de un conjunto de espículas, muy pequeñas y gruesas, y que se encuentran muy dispersas de manera más o menos uniforme (DUFFI, 1953).

Aunque aún no se han llevado a cabo estudios específicos para *C. welensii*, es evidente que guardan estrechas similitudes con los de *C. cerdo*, al menos a grandes rasgos, en cuanto a forma, color y tamaño (Fig. 1.25).



Fig. 1.25. Huevos de *C. welensii*

Tampoco se cuenta con datos sobre el número de huevos depositados en cada puesta, pero nuestras observaciones directas nos permiten apuntar a cifras entre 10 y 30.

Se ha comprobado experimentalmente (EL ANTRY, 1999) la existencia de una relación inversa entre temperatura y tiempo de incubación de los huevos en *C. cerdo mirbeckii*, de manera que si a 21° C (en laboratorio) eclosionan al cabo de 17 días, cuando la temperatura ambiente es de 28° C, el tiempo de incubación se reduce hasta sólo 4 días (con valores medios entre 5 y 22 días, según cálculos de BOUHRAOUA, 2003).

Las larvas presentan el aspecto que es típico en general para la familia (Fig. 1.26), con el característico color de “cera” y cabeza pequeña y más oscura (BARBEY, 1925) y son muy grandes, llegando a medir hasta 100 mm (generalmente entre 60 y 80 mm.) y pesando del orden de 7-10 g. Es por ello que desde antiguo se les llamó en Francia “*gros ver du bois*”\* (TRUFFAUT, 1912).



Fig. 1.26. Larva de *C. cerdo*  
Foto de André Lequet (<http://www.insectes-net.fr>)

En cuanto a sus caracteres morfológicos y anatómicos, son muy similares a las de las otras especies de la tribu, de las que es muy difícil diferenciarlas, salvo en algunos casos por el tamaño.

La larva neonata de *C. cerdo* (Fig. 1.27) tiene aspecto carnoso, forma casi cilíndrica y color blancuzco.

La larva neonata mejor estudiada es la de *C. cerdo mirbeckii* (EL ANTRY, 1999), la cual presenta una longitud de unos 5 mm, con una cápsula cefálica de 0.87 mm de ancho y un peso de 0,009 g.

Al igual que el resto de larvas de cerambícidos que se desarrollan por entero en las profundidades del leño, las larvas de *Cerambyx*, como ya observó FABRE (1891) carecen de órganos de visión y oído, aunque no de los sentidos del gusto y tacto (éste difuso y pasivo).

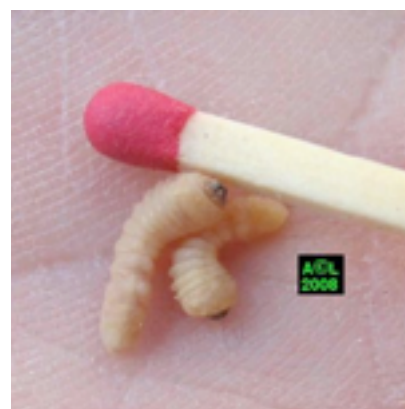


Fig. 1.27. Larvas neonatas de *C. cerdo*  
Foto de André Lequet (<http://www.insectes-net.fr>)

Las ninfas (Fig. 1.28) son casi totalmente blancas, con aspecto céreo y tienen ya la forma del adulto (DELLA-BEFFA, 1961). Su longitud oscila entre 30 y 70 mm.

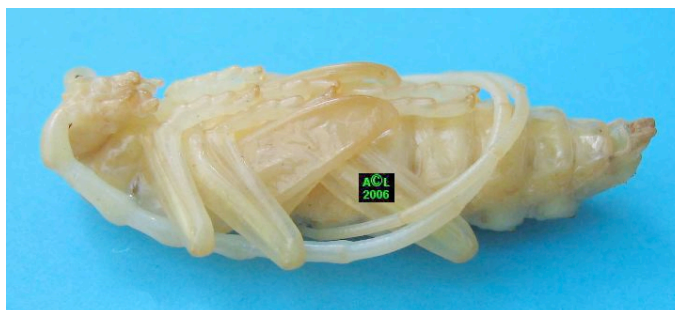


Fig. 1.28. Ninfa de *C. cerdo*  
Foto de André Lequet (<http://www.insectes-net.fr>)

\* *Gran gusano de la madera.*

## Biología

### Fitohuéspedes

Las larvas se desarrollan en el leño de diversas especies del género *Quercus*, principalmente encinas, alcornoques y robles.

Aunque de forma poco usual, *C. cerdo* ha sido citada también en muchos otros géneros de leñosas, como *Ulmus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Castanea*, *Pyrus*, *Robinia*, *Salix*, *Juglans*, *Carpinus*, *Prunus* o *Ceratonia*, entre otros; aunque muchas de estas citas necesitarían confirmación. *C. welensii* se ha localizado también en *Platanus* (VILLIERS, 1978) y parece que puede darse igualmente en *Ceratonia* y otras especies (VIVES, 2000), aunque mucho más raramente que *C. cerdo*.

En realidad, se puede hablar de microhábitat (PAGOLA, 2007), probablemente para ambas especies, pues presentan unos requerimientos ecológicos muy específicos, mostrando preferencia por las quercíneas senescentes o muy debilitadas. Sin embargo, ésta no es una limitación obligada, pues pueden adaptarse a otras situaciones y atacar a árboles perfectamente sanos (GUÉNAUX, 1919; RAMPÓN, 1920; BARBEY, 1925).

Estudios recientes (SÁNCHEZ OSORIO et al, 2006; SÁNCHEZ OSORIO et al, 2007) sobre la respuesta electroantegráfica de *C. welensii* ante determinados estímulos olfativos abren un camino al análisis de la influencia de ciertas sustancias volátiles en la selección del fitohuésped.

### Ciclo biológico

El ciclo biológico de ambas especies es tan similar que aún no han podido establecerse diferencias entre ellas.

Las fases de imago, huevo y ninfa son muy breves, correspondiendo el periodo más largo de su vida, como sucede en casi todos los insectos holometábolos, a la larva (VILLIERS, 1978).

Los adultos aparecen a fines de primavera y principios del verano, entre mayo y agosto, con mayor abundancia en junio y julio (FABRE, 1891; BARBEY, 1925; VILLIERS, 1946; PICARD, 1949; DELLA-BEFFA, 1961; ROSAS et al, 1992; ALFORD, 1994; VIVES, 2000; LÓPEZ PANTOJA et al, 2006). Esto, sin embargo, varía bastante según las regiones y la climatología. En Extremadura suelen comenzar a verse adultos a partir de mediados de mayo, durante los primeros días de fuerte calor, siendo muy raros ya a mediados de agosto.

Aunque no existe acuerdo al respecto, la mayoría de autores coinciden en que su vida al aire libre tiene una duración corta, de 1-2 semanas, muy raramente más, y se dedica únicamente a la reproducción. Los machos aparecen primero y mueren poco después del apareamiento, mientras que las hembras deben encargarse de la puesta. VIVES (2000) apunta la posibilidad de que el apareamiento desencadene algún tipo de mecanismo fisiológico de envejecimiento que acelere el trance de la muerte.

Una vez depositados los huevos en la corteza del hospedador, la eclosión se produce a las 2-3 semanas. Nada más eclosionar, las larvas comienzan a alimentarse de la corteza, donde permanecen durante el primer verano, consumiendo sobre todo tejidos muertos (ALFORD, 1994). A finales del primer verano comienzan a formar una galería sinuosa a nivel del floema (EL ANTRY, 1999). Hasta este momento son muy vulnerables a los depredadores (aves, insectos, arácnidos y miriápodos).

El segundo año, con las mandíbulas ya bien desarrolladas, perforan profundamente en el leño, hasta el cambium, lo que provoca importantes derrames de savia (ALFORD, 1994), llegando hasta el corazón de la madera, donde permanecerán hasta el final de su desarrollo.

Tras 4 mudas, (EL ANTRY, 1999) la larva alcanza su máximo tamaño y entonces, generalmente a finales del verano, se activa el proceso de ninfosis o pupación, que comienza excavando dos galerías, una hacia zonas muy próximas a la corteza, dejando sólo una “delgada cortina” (FABRE, 1891), para permitir la futura salida del imago, y otra hacia el interior, al final de la cual forma la cámara ninfal.

La cámara ninfal (Fig. 1.29) es un ensanchamiento de esta última galería, una especie de nicho de forma elipsoidal, de 80-100 mm de largo, de forma que el imago dispondrá de cierta libertad de movimientos en sus patas posteriores cuando llegue el momento de salir al exterior (FABRE, 1891). Además, la larva girará hasta situar su cabeza en dirección a la salida, algo fundamental (FABRE, 1891; DELLA-BEFFA, 1961), para luego sellar esta salida mediante un *opérculo* blanquecino formado por serrín, materia albuminoide cementante, de consistencia gomosa, y carbonato de calcio, secretado por la propia larva (PICARD, 1949; DELLA-BEFFA, 1961; VILLIERS, 1978; RICHARDS, 1984; EL ANTRY, 1999) y que es una especie de gorro, liso en el interior y noduloso hacia fuera, de consistencia calcárea (FABRE, 1891).



Fig. 1.29. Cámara ninfal de *C. welensii*, con el imago aún en su interior

La ninfosis sucede a finales del verano o principios de otoño (agosto-septiembre), a lo largo de unas 4-6 semanas. Al iniciarse este proceso la larva se contrae, su cabeza se inclina hacia abajo, sus segmentos torácicos se dilatan y aparecen los apéndices (VILLIERS, 1978). Finalmente, la cutícula larval se rasga y surge la ninfa, que tendrá el aspecto exterior del imago. Esta ecofase tiene una duración de unos 32 días (EL ANTRY, 1999), al final de los cuales aparece un adulto inmaduro, con la cutícula blanda y sin pigmentar. En otros 10 días, la cutícula se esclerifica y pigmenta (Figs. 1.30 y 1.31), empezando por los ojos y la mandíbula, y los élitros se alargan hasta acabar cubriendo casi





Fig. 1.30. Ninfa de *C. cerdo* en su fase de pigmentación y esclerificación  
Foto de André Lequet (<http://www.insectes-net.fr>)



Fig. 1.31. Imago de *C. welensii* finalizando el proceso de pigmentación y esclerificación

totalmente el abdomen (aunque no siempre) y acabar formando el imago definitivo.

Sin embargo, el insecto adulto permanecerá todo el invierno en el interior de la celda y no eclosionará hasta finales de la primavera siguiente. Entonces, se dirigirá hacia el exterior cuando la temperatura sea la adecuada y roerá con sus mandíbulas la estrecha capa de corteza que separa del exterior la galería formada por la larva.

Esta eclosión se realiza de forma escalonada a lo largo de todo el verano, aunque parecen suceder ciertos momentos de emergencia más o menos masiva, que probablemente se deben a la



Fig. 1.32. Imago macho totalmente formado de *C. welensii*

confluencia de factores ambientales favorables.

En total, el desarrollo larvario suele durar unos 3 años, aunque no es raro que se prolongue hasta 4 e incluso 5, dependiendo de las condiciones ambientales. Para entonces han excavado una larga serie de galerías de un grosor de un dedo que afectan gravemente a la madera, originando fuertes derrames de savia y debilitando su estructura, además, de facilitar la entrada de agentes patógenos.

### Etología

Los adultos de ambas especies suelen verse volando alrededor de encinas y alcornoques viejos, o trepando sobre sus troncos, preferentemente los de gran tamaño y con heridas o ramas caídas, aunque ROSAS et al (1992) califican los hábitos de *C. cerdo* como “terricolas y xerófilos”. Son de hábitos crepusculares y nocturnos.

En ocasiones pueden ser observados volando (PICARD, 1949; ALFORD, 1994) o alimentándose (VILLIERS, 1978) en pleno día. Otros autores (PLAZA LAMA, 1990) afirman que esto debe ser tomado con reservas, pues existe la posibilidad de que esos ejemplares en realidad correspondieran a *C. miles*, de hábitos diurnos). El autor ha observado *C. welensii* y probablemente *C. cerdo* volando en pleno día alrededor de encinas y alcornoques y no parece lógico atribuir estas observaciones a *C. miles* en una zona como Extremadura, en la que esta especie aún no ha sido citada.

El vuelo es lento y pesado (VILLIERS, 1978), con una maniobrabilidad bastante limitada debido a su tamaño, y lo llevan a cabo con los élitros levantados y las antenas dirigidas hacia delante.

Los últimos estudios sobre movilidad de cerambícidos (LÓPEZ PANTOJA et al, 2006) apuntan la posibilidad de que los individuos del gén. *Cerambyx* presenten más tendencia a alejarse de los árboles en los que han nacido que otras especies, aunque según VILLIERS (1978), no suelen recorrer grandes distancias.

Suelen dirigirse durante la noche hacia las fuentes luminosas, parece que con mayor frecuencia en el caso de *C. welensii*.

En cuanto a la alimentación de los imagos, como ya se apuntó para la familia (VILLIERS, 1978), no está claro si es necesaria la nutrición para su supervivencia o la maduración sexual, aunque diversos datos apuntan en el sentido de que no es así. Sí se ha comprobado que la longevidad depende directamente de la alimentación (EL ANTRY, 1999; VIVES, 2000), de modo que los individuos en cautividad pueden sobrevivir varias semanas.

Sin presentar unas exigencias alimenticias especiales, tienen predilección por los líquidos azucarados y fermentados, por lo que suelen alimentarse de frutos muy maduros y las gotas de savia que supuran las heridas de los árboles (MENDIZÁBAL, 1943).

En cautividad se ha observado que muestran cierta preferencia por las frutas más aromáticas, como el melón, plátano, piña o melocotón; aunque el cebo que con mayor eficacia los atrae es el vino.

Tal y como apunta VIVES (2000) para algunas especies, no es raro que los ejemplares muertos sean devorados por sus congéneres, algo que ocurre también en ambas especies y que solamente se ha observado en cautividad.

En lo que respecta al comportamiento reproductor, el reconocimiento y aproximación entre sexos se efectúa bajo la influencia de varios factores, siendo las antenas el elemento fundamental (VILLIERS, 1978) mediante el cual los machos reconocen la disponibilidad de las hembras.

Esto pueden hacerlo entrando en contacto las antenas o bien mediante feromonas que probablemente emitan las hembras (VIVES, 2000).

Del mismo modo los machos reconocen a otros que también pretenden aparearse y entablan feroces combates, posiblemente para establecer una especie de territorio (VILLEMANT y FRAVAL, 2005) o para lograr efectuar la cópula con las hembras como premio. El resultados de estas luchas entre machos puede observarse tanto en las frecuentes mutilaciones de patas o antenas que presentan los machos capturados, como en las que se producen en cautividad.

La cópula (Fig. 1.33) se desarrolla preferentemente durante la noche, aunque en ocasiones puede suceder de día (MENDIZÁBAL, 1943), sobre troncos y grandes ramas de quercíneas. La hembra distiende su ovipositor para mostrar su disposición a la cópula. A continuación, el macho se emplaza sobre la hembra, extiende su pigidio hacia abajo y lo incurva hacia la zona genital de la hembra. Cuando ésta lo extiende, introduce su pene y estira fuertemente el oviscapto, pudiendo permanecer así unidos desde unos minutos hasta horas, permaneciendo el macho fuertemente sujeto al dorso de la hembra durante ese tiempo (VILLIERS, 1978).

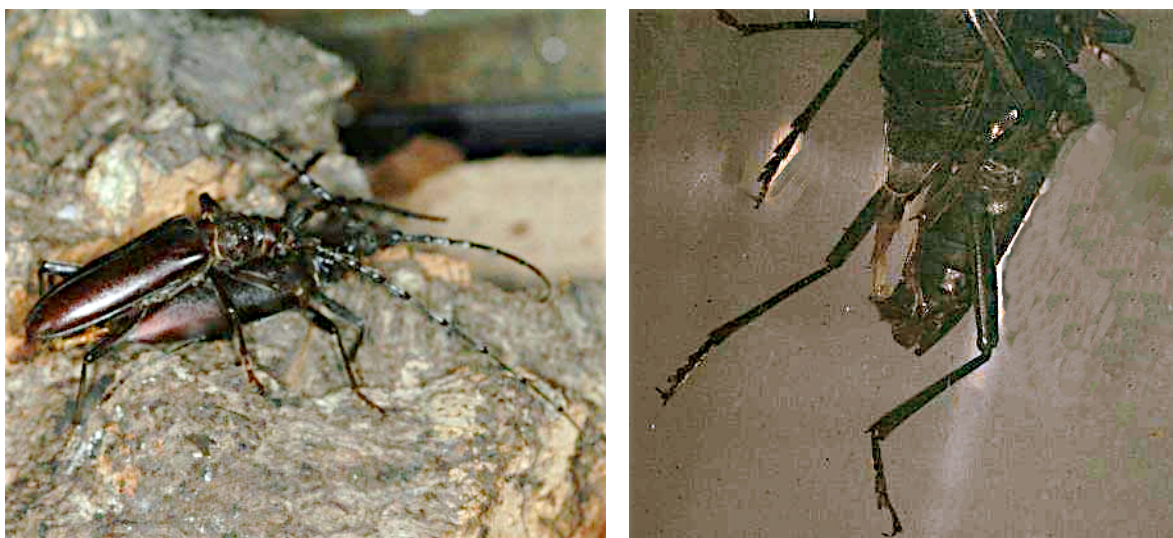


Fig. 1.33. Cópula en *C. welensii* (en cautividad)

EL ANTRY (1999) ha observado que con frecuencia se producen acoplamiento muy breves, tras los cuales la hembra enseguida pone unos cuantos huevos, depositándolos aisladamente en huecos

de la corteza. Estos acoplamientos seguidos de una puesta parcial pueden suceder en varias ocasiones a lo largo de la noche.

La puesta se produce casi siempre en árboles del género *Quercus*, con una fuerte tendencia a buscar ejemplares de gran talla (COLAS, 1972), seleccionando preferentemente individuos viejos, enfermos o debilitados. La hembra tantea con su oviscapto, con las antenas y también con las mandíbulas la superficie de la corteza antes de elongar fuertemente su ovipositor (FRAGOSO, 1985) para depositar los huevos cuidadosamente en las grietas o hendiduras (EL ANTRY, 1999), situándolos aisladamente en diversos huecos del tronco (DELLA-BEFFA, 1961), preferentemente en la zona basal del mismo (BONNEMAISON, 1964).

En cuanto al comportamiento defensivo, cuando los adultos son molestados, la única actitud que adoptan es la huida, al tiempo que emiten un sonido chirriante como mecanismo disuasorio (DUFFI, 1953) y abren y cierran de forma compulsiva las mandíbulas, sin que esto indique una intencionalidad de morder, que no muestran en ningún momento, aunque al tocar un objeto resistente, cierran fuertemente las mismas y las mantienen cerradas a veces largo tiempo, parece que más como mecanismo de sujeción.

Este sonido es muy característico y se denomina **estridulación**, siendo bastante potente, de modo que es audible para el ser humano. *C. cerdo* y *C. welensii* emiten este sonido tanto al ser molestados, como cuando se producen peleas entre machos o incluso en la localización de los sexos para el apareamiento o en los momentos previos a la cópula (VIVES, 2000).

Consiste en una especie de chirrido que FABRE (1922) describe de forma afortunada como “*muy similar al que produce el cristal de una ventana al ser frotado con un dedo humedecido*”.

Como este autor afirma, dicho sonido puede generarse en individuos muertos, moviendo arriba y abajo el pronoto y haciéndolo rozar con el corselete. Sin embargo, aunque se produce una vibración perfectamente detectable en los dedos, apenas puede oírse como cuando al animal la provoca, pues no se puede conseguir el movimiento en arco que éste realiza complementando el anterior.

El responsable del sonido es el **aparato estridulador**, que es del tipo mesonotal-pronotal (HERNÁNDEZ, 1996), ya descrito de modo general y que consiste en dos placas móviles que rozan rítmicamente una sobre la otra cuando el animal mueve el pronoto sobre el mesonoto. El borde posterior del pronoto presenta una serie de crestas (*plectrum*) que rozan fuertemente sobre la base del escudete, en el mesonoto, que presenta una placa muy estriada (*pars stridens*), produciendo la vibración y el sonido típicos (VILLIERS, 1978; VIVES, 2000; WESSEL, 2006).

Al no haber sido estudiada en detalle la anatomía de los aparatos estriduladores de *C. cerdo* ni de *C. welensii*, no se puede establecer diferencia alguna entre ambos, pues aparentan ser prácticamente iguales y sólo un examen minucioso podrá determinar si existen dichas diferencias.



### Enemigos naturales

En el estado larvario se supone que pueden ser atacados por numerosos himenópteros icneumónidos (VIVES, 2000; DAJOZ, 2001), que son parásitos en general de larvas de xilófagos, y también por algunos otros tipos de parásitos, sin contar los virus, bacterias y otros microorganismos que puedan causar enfermedades. MENDIZÁBAL (1943) destaca como importante parásito de *C. cerdo* al icneumónido *Ephialtes carbonarius* Christ. (Hymenoptera, Ichneumonidae).

Se ha observado que las larvas de un lepidóptero, *Cossus cossus*, suelen ocasionar la muerte de las de *C. cerdo* y también de *C. welensii*, sin que se conozca el modo en que lo hacen, pues no son depredadoras, sino también xilófagas. Podría tratarse de algún tipo de sustancia química que emita *Cossus* y sea tóxica para las larvas *Cerambyx* (es sabido que las larvas de *C. cossus* emiten un olor fuerte y desagradable).

Se ha citado un importante parásito de los huevos de ambas especies, *Oobius rudnewi* Novicky (Hymenoptera, Encyrtidae) (EL ANTRY, 1999; VIVES, 2000), que puede llegar a ser uno de los principales factores de control de la eclosión y se ha mencionado como posible elemento para la lucha biológica contra los cerambícidos.

Por otra parte, no es raro encontrar ejemplares de las dos especies con gran cantidad de lo que parecen ser pequeños ácaros de color amarillo anaranjado (Fig. 1.34) y que suelen situarse por dentro



Fig. 1.34. Ácaros posiblemente parásitos de *C. welensii*

de los élitros, aunque se pueden ver sobre cualquier parte del animal . No se ha encontrado ninguna referencia en la bibliografía sobre estos animales, por lo que no se conoce la especie ni si se trata de parásitos (como parece probable) o comensales.

BACHILLER et al (1981) citan como importantes depredadores de los insectos que originan plagas forestales, a nivel general, las hormigas (principalmente *Formica rufa*), diversas aves insectívoras (faisán, grajilla, urraca, estornino, oropéndola, alcaudón y pájaros carpinteros) que capturan adultos o larvas (STROJNI, 1977), así como los murciélagos.

Aunque no existen estudios en este sentido, es lógico suponer que estas especies, además de otras como lagartos, miriápodos, algunas pequeñas rapaces e incluso zorros, pueden alimentarse de larvas o adultos de *Cerambyx*, teniendo en cuenta en estos casos que el tamaño del insecto probablemente limitará el abanico de especies capaces de capturarlos. Tampoco hay que descartar especies que se alimenten de los huevos o las larvas neonatas, aunque no se conocen hasta la fecha.

Distintas observaciones de campo, del autor y otras personas, confirman el comportamiento depredador de ciempiés y alacranes con los adultos de *Cerambyx*.

Algunas hormigas, por otra parte, intentan mantener alejados del árbol a los adultos o les dan muerte y los devoran, sobre todo la especie más típica de las quercíneas, *Crematogaster scutellaris*, que suele aparecer en las trampas devorando los ejemplares de *Cerambyx* capturados

Se puede citar como notable depredador al ser humano, ya que en ciertas zonas se consumen las larvas. Concretamente se sabe que en Marruecos son muy buscadas, especialmente en los alcornoques al sur de Rabat, ya que son muy apreciadas como alimento (MOTTE-FLORAC y THOMAS, 2003).

## Distribución geográfica y abundancia

### *Cerambyx cerdo*

Es una especie ampliamente distribuida por Europa central y meridional, África del norte, el Cáucaso y Asia menor, hasta la parte septentrional de Irán.

*C. cerdo cerdo* predomina en Europa central y meridional, siendo relativamente frecuente en el centro y sur de Francia. *C. cerdo pfisteri* se desplaza hacia el mediterráneo oriental, desde Italia hasta Grecia (VAN HELSDINGEN et al, 2000). Más al este, es reemplazada por la subespecie asiática, *C. cerdo acuminatus* (ABIVARDI, 2001).

En la Península Ibérica solamente se ha citado la subespecie *mirbeckii*, que también aparece en el norte de África y en Baleares, y de la que existen citas por toda la geografía española, más frecuentes en la mitad norte. En el norte de África esta subespecie se conoce hace mucho, como uno de los insectos xilófagos de las encinas y alcornoques (VILLEMANT y FRAVAL, 1991).

En Extremadura se tienen escasas citas contrastadas, ya que hasta hace pocos años buena parte de las capturas de *C. welensii* se atribuían a *C. cerdo*. Los últimos estudios de PÉREZ BOTE et al

(2006) confirman que se trata de una especie rara en nuestra región y que prefiere las zonas boscosas húmedas del norte, aunque también se encuentra en las zonas cálidas del sur (el propio autor ha capturado varios ejemplares entre 2007 y 2009 en el área de Badajoz).

A pesar de la extensa distribución de *C. cerdo*, sus poblaciones son cada vez más escasas y en franca regresión desde hace muchos años, habiendo desaparecido de muchas áreas en el centro de Europa. Desde hace tiempo se viene advirtiendo de la progresiva reducción de su área de distribución (STROJNI, 1977; NEUMANN y KUEHNEL, 1980; STARZYK y STROJNI, 1985; DUPONT y ZAGATTI, 2002; HOSKOVEC, 2003; LIEUTER et al, 2004; MED, 2004) y su desaparición en muchas áreas europeas (ALFORD, 1994; VAN HELSDINGEN et al, 1996; FRAVAL, 2003). Este hecho es tan grave que se ha llegado a afirmar que “*pronto Cerambyx cerdo sólo podrá verse en las colecciones de coleópteros*” (HARDE y SEVERA, 1984).

En toda la zona norte de su distribución únicamente permanece donde permanecen quercíneas viejas y se mantiene un manejo adecuado de los bosques (VAN HELSDINGEN et al, 1996), habiendo desaparecido totalmente en el resto de áreas. En el mismo sentido, NEUMANN y KUEHNEL (1980) denuncian la drástica disminución de *C. cerdo* en la antigua GDR y achacan esta reducción a la destrucción de amplias extensiones boscosas. Estos autores proponen como única forma de proteger las poblaciones de *C. cerdo* la preservación de los bosques de *Q. robur* en esos hábitats.

Así, ya se ha extinguido en Bélgica, Dinamarca, Irlanda, Luxemburgo, Holanda y Gran Bretaña (VAN HELSDINGEN et al, 1996), siendo muy raro y estando al borde de la extinción en otros países, como Suecia, Austria o Alemania (NEUMANN y KUEHNEL, 1980).

Por este motivo, se incluyó en la directiva “Hábitat” de la Red “Natura 2000” de la Comunidad Europea, tras haber sido citado previamente como especie a proteger en el Convenio de Berna\*\*.

En España también se encuentra en franca regresión (ROSAS et al, 1992), debido igualmente a la reducción progresiva de sus hábitats naturales y también al uso generalizado de insecticidas.

Sin embargo, se necesitan status de protección diferenciados según los lugares, ya que puede hallarse en serio peligro o ser una peligrosa plaga, dependiendo de la latitud y las zonas concretas (FRAVAL, 2004). Así, mientras en el resto de Europa se encuentra protegido, ha llegado a constituirse en plaga en Rumanía (LIEUTERS et al, 2004), causando importantes daños en bosques de robles.

También constituye una importante plaga en el norte de África, principalmente en los grandes alcornoques de la zona de Mamora, entre Marruecos y Argelia, donde está causando daños en extensiones cada vez más amplias (BAKRY et al, 1999; EL ANTRY, 1999; CHAKALI et al, 2002; BOUHRAOUA, 2002; BOUHRAOUA et al, 2002; BOUHRAOUA, 2003) y, junto a otros taladradores de la madera y hongos, es responsable de la preocupante regresión que están sufriendo

---

\*\* Decisión 82/72/CEE del Consejo, de 3 de diciembre de 1981, referente a la celebración del Convenio relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural de Europa (Convenio de Berna)

estos bosques. Esto está ocurriendo a raíz de las medidas de protección que se han llevado a cabo sobre esta zona de gran interés ambiental, pues ahora se evita la captura de larvas por las gentes de la zona, que tradicionalmente las han comido en brochetas asadas, y se ha roto el control humano sobre las poblaciones de *C. cerdo*, que antes habían llegado incluso a poner en peligro su persistencia.

### ***Cerambyx welensii***

Se trata de una especie meridional y más termófila, propia del Mediterráneo occidental, distribuida por toda la franja sur de Europa y Asia menor (VILLIERS, 1978; VIVES, 2000; HOSKOVEC y REJZEK, 2007; SAMA, 2007; ÖZDIKMEN y TURGUT, 2009; SANDA y RODICA, 2009; SAMA et al, 2010), aunque no se ha citado en el norte de África, donde ninguno de los autores consultados que han realizado estudios en esta zona (BAKRY et al, 1999; BOUHRAOUA, 2002 y 2003; BOUHRAOUA et al, 2002; BRIN et al, 2005; CHAKALI et al, 2002 y 2003; DAUGUET y DAUGUET, 1973; EL ANTRY, 1999; ARAHOU, 2008) mencionan su presencia, afirmando que los ejemplares observados corresponden todos a la subespecie *C. cerdo mirbeckii*.

En la Península Ibérica se encuentra principalmente en la mitad sur (VIVES, 1984), con preferencia por lugares cálidos, de manera que *C. cerdo* va siendo sustituida gradualmente por *C. welensii*, hasta el punto de que en la mitad sur resulta bastante raro encontrar ejemplares de la primera. Así, ya ha sido citada en diversas zonas de encinar y alcornocal de la zona centro (CALVO, 2003), Andalucía (BARREDA y NAVARRO, 2002; GARCÍA CASAS, 2004), Extremadura (NAVEIRO y MORCUENDE, 1994; SORIA et al, 1994; DEL MORAL et al, 1993, 1994 y 2002; PÉREZ BOTE et al; 2006) y sur de Portugal, incluyendo citas en Cataluña, País Vasco y Galicia. Es especialmente abundante en todo el suroeste peninsular.

LIEUTER et al (2004) advierten que *C. welensii* se ha convertido en una plaga secundaria en la Península Ibérica, tratándose según estos autores de un insecto de baja agresividad (debido a su largo ciclo vital) pero de muy amplia distribución, de modo que en la fecha de la publicación ya había afectado a más de 20000 Ha en España.

En Extremadura se ha convertido en una peligrosa plaga, como se demuestra en esta tesis. Las prospecciones realizadas recientemente arrojan cifras que confirman un importante crecimiento de las poblaciones de este insecto por toda la región.

DAUGUET y DAUGUET (1973) advierten que la abundancia de los adultos de ambas especies parece obedecer a un ritmo trienal, pues citan picos de población en los años 1965/68/71. Las observaciones de campo del autor empiezan a sugerir que en ciertos lugares podría suceder lo que afirman estos científicos, aunque aún no se cuenta con series de observaciones anuales lo suficientemente amplias como para obtener conclusiones fiables.

## Daños

Desde muy antiguo se conocen los perjuicios que causan estos coleópteros sobre las quercíneas (GUÉNAUX, 1919; RAMPÓN, 1920; BARBEY, 1925), pues durante 3-4 años las larvas excavan largas y tortuosas galerías en el interior del leño de árboles generalmente grandes y, por ello, valiosos. Estas galerías (Fig. 1.35), que llegan a alcanzar un diámetro de hasta 2 cm y presentan una sección elíptica (BONNEMAISON, 1964), ocasionan un grave perjuicio al leño, aunque si el árbol no está invadido por numerosas larvas, solamente desde un punto de vista económico.



Fig. 1.35. Galerías en el interior de una rama de alcornoco (iz) y detalle de un corte en el que se aprecia la sección elíptica de las mismas (de)

Es generalmente aceptado que las hembras tienen una evidente preferencia por árboles senescentes, generalmente muy grandes y enfermos o debilitados a la hora de depositar sus huevos (BARBEY, 1925; PICARD, 1949; DELLA-BECCA, 1961; BALACHOWSKY, 1962; COLAS, 1972; MONTOYA OLIVER, 1980; BACHILLER et al, 1981). Sin embargo, ya desde hace mucho se sabe que también pueden hacerlo sobre individuos perfectamente sanos (GUÉNAUX, 1919; RAMPÓN, 1920; BARBEY, 1925), aunque solamente cuando se ven forzadas a ello por la presión poblacional u otros factores. Igualmente, aunque prefieren el tronco para la puesta, también se encuentran ramas gruesas muy afectadas, que pueden caer cuando son azotadas por un fuerte viento.

El daño que causan las larvas de *Cerambyx* en el leño se ve agravado por la circunstancia de que cuando su presencia es reconocible en el árbol ya es demasiado tarde (GUÉNAUX, 1919; BELLA BECCA, 1961), pues únicamente se pueden observar los orificios de salida del imago, lo que significa que la larva ha completado su desarrollo alimentándose del leño durante 3 ó 4 años.

Si en el mismo árbol han cohabitado varias larvas, o incluso varias generaciones de larvas (Fig. 1.36), el daño puede ser ya grave e irreversible, quedando inservible el leño, salvo como combustible.

Estos orificios de salida constituyen una puerta abierta para la entrada de otros parásitos



oportunistas, desde diversos insectos xilófagos hasta diversos hongos saprófitos y parásitos (Fig. 1.36) (DEL MORAL et al, 2002), entre los que destacan *Fistulina hepatica* (Basidiomycetes, Polyporaceae) (STROJNI, 1977), *Stereum hirsutum* (Basidiomycetes, Steraceae) o *Coriolus versicolor* (Basidiomycetes, Coriolaceae) (DAJOZ, 2001) y especialmente *Hypoxylon mediterraneum* (= *Biscognauxia mediterranea*; Ascomycetes, Sphaeriaceae) (EL ANTRY, 1999; MARTÍN et al, 2005). Estos hongos penetran profundamente en el árbol y aceleran su decaimiento al degradar el leño. Además, parece que estos hongos también favorecen el desarrollo de las larvas de los insectos xilófagos (DAJOZ, 2001), pues ablandan la madera y la presencia de su micelio la enriquece en distintos minerales.



Fig. 1.36. Porción de un tronco de encina degradado por hongos de los géneros *Hypoxylon* y *Stereum* a partir de un taladro de *Cerambyx*

Cuando un árbol ya se encuentra fuertemente afectado (Fig. 1.37), acabará por formarse en el interior del tronco una gran cavidad, consecuencia de las múltiples galerías y de la posterior acción de otros agentes saprófitos. COLAS (1972) denomina a esta gran cavidad “chimenea” y suele prolongarse por las ramas principales, siendo un claro signo de decrepitud del árbol.



Fig. 1.37. Tronco de alcornoque con numerosos orificios de salida de *Cerambyx*

En este caso, el árbol aún puede sobrevivir durante bastantes años, debido a la dureza de la madera y a que la circulación de la savia es aún posible por las capas de cambium que permanecen indemnes hacia la mitad de la periferia del tronco (BARBEY, 1925).

Sin embargo, a partir de esta situación, ya solamente es cuestión de tiempo que de las ramas principales o incluso el propio tronco termine por caer debido al peso o derribados en un día de fuerte viento.

Los daños originados por la actividad de las larvas de *Cerambyx* (además de otros agentes) en el interior del leño, combinados con las acción de hongos y microorganismos origina un creciente

decaimiento del árbol, que tiene poderosos efectos negativos sobre su vitalidad y esperanza de vida (BOUHRAOUA, 2003), que se ven notablemente reducidas.

En principio, salvo que el insecto sea muy abundante, los daños son limitados y los perjuicios económicos que pueden originar quedan relativizados y circunscritos a casos concretos, por el deterioro de la madera (GUÉNAUX, 1919; RAMPÓN, 1920) y sus poblaciones se han mantenido en equilibrio con las quercíneas, sin llegar a constituir un peligro digno de preocupación (MONTROYA OLIVER, 1980) y teniendo un importante valor ecológico como factores rejuvenecedores del ecosistema (FABRE, 1891; BACHILLER et al, 1981; HARDE y SEVERA, 1984).

Un detalle importante que conviene destacar es que estos insectos no son la causa exclusiva del decaimiento y muerte de las quercíneas, sino que forman parte de una amplia cadena de seres vivos (PAGOLA, 2007) que van afectando a los árboles de forma escalonada y que en buena parte de los casos se ven favorecidos por las actividades humanas.

### **La lucha contra *Cerambyx***

El particular ciclo biológico de los coleópteros del gén. *Cerambyx*, con casi toda su vida en lo más profundo del leño de las quercíneas y no saliendo al exterior más que un breve periodo de tiempo, hace que el control de sus poblaciones resulte extremadamente difícil.

Por ello, muchos autores se han limitado a destacar la carencia de método alguno eficaz y práctico para luchar contra estos insectos (GUÉNAUX, 1919; BONNEMAISON, 1964; BACHILLER et al, 1981).

Sin embargo, TRUFFAUT (1912) describe ya un método para la destrucción de estas larvas, consistente en inyectar soluciones de sodio y potasio en las galerías, indicando que también funciona la introducción en las mismas de sulfuro de carbono y obstruir los orificios externos con masilla. Mientras, otros (BARBEY, 1925) ya apuntaban que ni las inyecciones ni las fumigaciones tienen efecto si se actúa sobre árboles gruesos e invadidos desde hace mucho tiempo.

Más recientemente, DELLA-BECCA (1961) apunta, aún considerando que la lucha contra estos parásitos es muy difícil, la inyección de humo en las galerías para capturar adultos y, para las larvas, la introducción de sustancias químicas volátiles (como carburo de calcio o copos de algodón empapados de sulfuro de carbono o gasolina), cerrando bien los orificios a continuación. A pesar de ello, este autor reconoce que la mejor forma de actuar cuando la presencia de *Cerambyx* ya ha originado el decaimiento del árbol es abatirlo para evitar su propagación (se supone que tras abatir el árbol habrá que proceder a su quema o a impregnarlo con sustancias insecticidas).

En todo caso, BACHILLER et al (1981) apuntan que no se puede resolver mediante tratamientos químicos el problema de los perforadores (especialmente de los que se introducen profundamente en el leño), ya que las larvas suelen ser inalcanzables para los productos insecticidas.

Para que un tratamiento con sustancias insecticidas ofrezca un cierto grado de eficacia debería ser realizado cuando los adultos salen al exterior para alimentarse y reproducirse. El problema es que estos periodos son muy variables, incluso dentro de la misma población, e inseguros, por lo que se precisaría una planificación exhaustiva y una serie sucesiva de fumigaciones a lo largo del periodo de emergencia de los imagos y en las horas en que estos salen al exterior, a partir del atardecer en el caso de *C. cerdo* y *C. welensii*, responsables, sobre todo este último, del problema tratado en esta tesis.

En cuanto a la lucha biológica, aún no se han realizado estudios específicos sobre la posible utilización de enemigos naturales (KENIS y HILSCZANSKI, 2004), ya citados en el apartado anterior.

El parásito de los huevos de cerambícidos *Oobius rudnewi* se ha mencionado como un posible factor destacado para la lucha biológica contra estos insectos (EL ANTRY, 1999; VIVES, 2000; KENIS y HILSCZANSKI, 2004), ya que en las poblaciones naturales se muestra como un factor controlador de la eclosión.

Del mismo modo, serán útiles los estudios enfocados al uso de feromonas u otras sustancias atrayentes (SÁNCHEZ OSORIO et al, 2006; SÁNCHEZ OSORIO et al, 2007), e incluso fomentar los depredadores en las zonas más afectadas, principalmente murciélagos (BONNEMAISON, 1975; BACHILLER et al, 1981).

La tendencia actual respecto a las recomendaciones para luchar contra estos insectos va en el sentido que describe ALFORD (1994), consistente en tratar por fumigación, con las sustancias indicadas u otras más actuales, cuando se trata de árboles aislados; sin embargo, cuando el ataque sea generalizado para una zona, no queda otro remedio que abatir los árboles afectados y posteriormente descortezarlos y destruirlos. A este respecto, BACHILLER et al (1981) apoyan la técnica de cortar, descortezar y quemar como único método eficaz llegada esta situación.

Durante los numerosos recorridos realizados por las dehesas de toda Extremadura, ha sido posible descubrir algunos métodos de lucha contra el problema de las larvas de *Cerambyx* que se revelan como muy escasamente efectivas, si no totalmente inútiles. Algunas de ellas han sido:

- a)** Taponamiento de las heridas de poda mediante una espuma rígida selladora (Fig. 1.38), parece que de poliuretano o un polímero similar, de las que se usan para sellar e impermeabilizar ciertos lugares en viviendas. Esto se observó en una dehesa comunal dedicada a la caza, en la zona de la sierra de San Pedro.

Este procedimiento no tiene efecto sobre las larvas que se encuentran en el interior, ni en su



salida al exterior, pues incluso llegan a perforar sus orificios de salida a través del propio sello, como se aprecia en la figura. Tampoco se impide con esto la entrada de nuevas generaciones de jóvenes larvas en el leño, aunque se protege la herida de la acción de otros agentes.



Fig. 1.38. Herida sellada con espuma rígida (*iz*) y detalle de orificios de salida a través de la misma (*de*)

- b)** Aplicación de productos preservantes de larga duración (Badajoz y sierra de San Pedro). Por su color verde (Fig. 1.39) se parece a las sustancias a base de cobre, arsénico y cromo muy usadas en la protección de maderas al aire libre, aplicadas como una pintura espesa sobre las heridas.

Esta segunda técnica tampoco impedirá la entrada de larvas neonatas hacia el interior del árbol, aunque protegerá la herida de infecciones. Es posible, sin embargo, que el producto químico depositado en las heridas, con potente efecto insecticida, pueda causar la muerte a la larva cuando abre el orificio para la salida del imago, siempre y cuando se alimente de esa madera.



Fig. 1.39. Herida de poda de una rama principal recubierta de producto preservante insecticida

- c)** Fumigación con avioneta. Este método, cada año más frecuente, tampoco parece muy eficaz, sobre todo si tenemos en cuenta que en alguna ocasión se ha recogido información sobre vuelos de este tipo en fincas cercanas a Plasencia, realizados en mayo, puntualmente y

durante el día, con lo cual parece bastante difícil que hubiera adultos fuera de los troncos, salvo alguna presencia testimonial.

La fumigación podría tener efecto, siempre y cuando se realizase tras una minuciosa planificación, que englobe desde la colocación de dispositivos de captura para determinar el momento de la eclosión y posteriores repeticiones en cortos periodos y durante un tiempo determinado de las actuaciones.

En cualquier caso, las medidas que hubieran de tomarse en la lucha contra estos insectos deberán constituir sistemas integrales, basados en el conocimiento de diversos factores de la población que se pretende combatir (BONNEMAISON, 1975; SERRANO VILAR, 1978; BACHILLER et al, 1981), como sus caracteres generales, su composición, sus fluctuaciones, las relaciones de interdependencia con el ecosistema, los umbrales de tolerancia y los daños económicos, además de los efectos secundarios que la intervención tendrá sobre la comunidad.

Entre estas medidas integrales, debe ser preferente una correcta política forestal para las dehesas, apoyada técnica y financieramente (JAMBRINA y LADERO, 1993), que contemple una ordenación productiva y un control ambiental.

También NAVEIRO et al (1999) ponen de manifiesto la necesidad de cuidar las labores selvícolas habituales, cuya agresividad incide de forma muy negativa sobre los árboles, algo que igualmente recomienda EL ANTRY (1999).

En las zonas fuertemente afectadas, una primera actuación de emergencia que puede resultar bastante eficaz si se realiza cada año, es la de disponer trampas para la captura de los imagos que emergen en verano. De este modo se puede frenar la propagación de la plaga.



## 1.6.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES IBÉRICAS DEL Género *Cerambyx*

### Caracteres diferenciales entre grupos

SALIBA (1974) afirma que las cuatro especies citadas se pueden agrupar en dos subgrupos, *C. scopolii* y *C. miles* por una parte, y *C. cerdo* y *C. welensii*, por otra. Las dos especies de cada pareja son muy semejantes entre sí y resulta difícil diferenciarlas, mientras que entre ambos subgrupos las diferencias son fácilmente apreciables.

Las características diferenciales entre ambos grupos son las siguientes:

#### A) Antenas de los machos

En el subgrupo *scopolii-miles* (Fig. 1.40, a) las antenas de los machos son menos largas, sobrepasando (si lo hacen) muy ligeramente el tamaño del cuerpo, solamente en uno o dos artejos como máximo, mientras que en el otro grupo (Fig. 1.40, b) superan la longitud total del cuerpo muy ampliamente, al menos en 3-4 artejos.

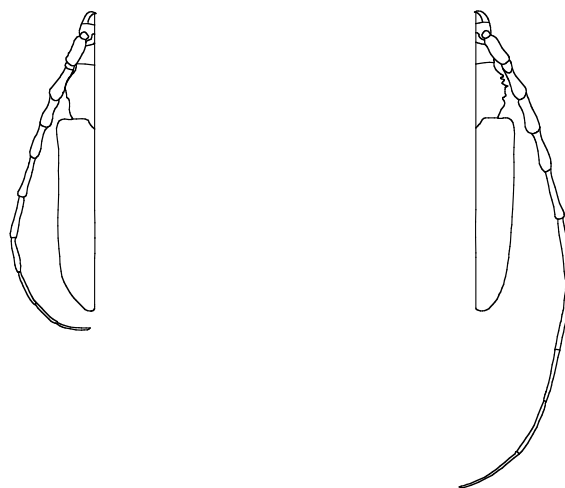


Fig. 1.40. –Diferencia en el tamaño de las antenas de los machos entre los dos grupos de especies de *Cerambyx* ibéricos: *scopolii-miles* (iz) y *cerdo-welensii* (de)

#### B) Espina en el ángulo sutural de los élitros

El subgrupo *cerdo-welensii* presenta una espina en el ángulo sutural de los élitros (Fig. 1.41, a), más o menos evidente, aunque claramente visible con una pequeña lupa. Las especies *scopolii-miles* (Fig. 1.41, b), sin embargo, no presentan espina y el borde sutural de sus élitros es uniforme y generalmente redondeado.

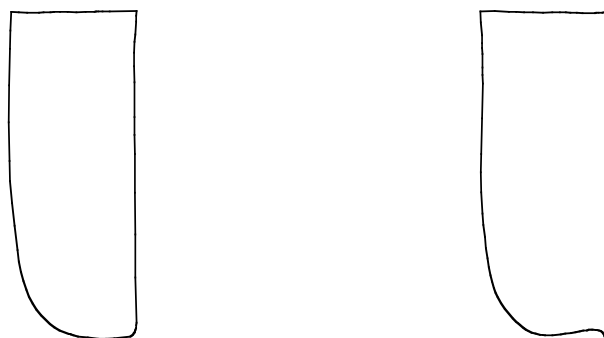


Fig. 1.41. –Diferencia en el ángulo sutural de los élitros entre los dos grupos de especies de *Cerambyx* ibéricos: *scopolii-miles* (iz) y *cerdo-welensii* (de)

### C) Segundo artejo de las antenas

El segundo artejo de las antenas, mucho más corto que el resto en las 4 especies, es muy pequeño y claramente transversal en la pareja *scopolii-miles* (Fig. 1.42, a), mientras que en *cerdo-welensii* (Fig. 1.42, b) es proporcionalmente más grande y tiene un aspecto más o menos cúbico, ya que es prácticamente tan largo como ancho.

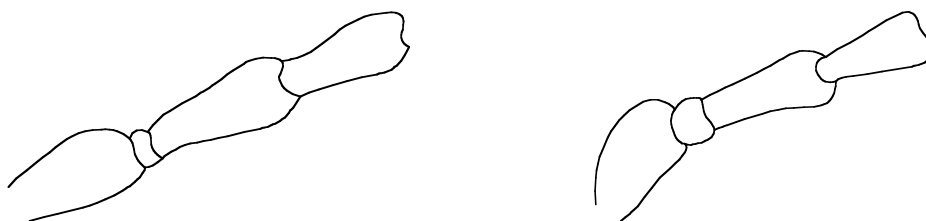


Fig. 1.42. –Diferencia en el segundo artejo de las antenas entre los dos grupos de especies de *Cerambyx* ibéricos: *scopolii-miles* (iz) y *cerdo-welensii*. (de)

### D) Hábitos

Las especies *scopolii-miles* son de hábitos diurnos, mientras que los individuos del grupo *cerdo-welensii* presentan hábitos crepusculares y nocturnos.

La distinción entre *C. scopolii* y *C. miles* no presenta gran dificultad, pues el color totalmente negro y el pequeño tamaño del primero son elementos que se manifiestan con claridad en una sencilla exploración visual, en contraposición al mayor tamaño y la coloración con un tono pardo-rojizo, más patente hacia el extremo de los élitros, en *C. miles*.

### Caracteres diferenciales entre *C. cerdo* y *C. welensii*

No resulta sencillo distinguir entre *C. cerdo* y *C. welensii*, al menos a primera vista, ya que son dos especies muy próximas y muestran un aspecto muy similar en sus caracteres anatómicos externos más evidentes, como el tamaño, aspecto general del cuerpo y sus partes (cabeza, pronoto, élitros o patas), coloración o las diferentes proporciones de longitud entre las antenas y el cuerpo en machos y hembras.

Sin embargo, observando ejemplares de las dos especies (Fig. 1.43) mediante una exploración más detallada, con ayuda de una lupa, se pueden evidenciar una serie de diferencias morfológicas y anatómicas entre ellos que, si bien no resultan muy llamativas en una primera observación general, sí se manifiestan con claridad al hacerlo con detenimiento. Con la práctica, algunas de estas diferencias pueden ser reconocidas incluso sin ayuda de lupa, pero generalmente en los ejemplares de buen tamaño, pues en los pequeños estos caracteres se difuminan notablemente.



Fig. 1.43. Vista dorsal de sendos ejemplares (hembras) de *C. welensii* (iz) y *C. cerdo* (de), donde se observan las principales diferencias entre ambas especies en cuanto a los caracteres de sus élitros.



Las diferencias más evidentes son las siguientes\*:

1. La forma de los élitros, más concretamente en su tercio apical, es ligeramente más aplanada en *C. cerdo* y con una convexidad más visible en *C. welensii* (Fig. 1.44). Dicho ápice, además, es subparalelo en *C. welensii* y más bien subcónico en *C. cerdo*.



Fig. 1.44. Vista dorsal del tercio apical de los élitros de *C. welensii* (iz) y *C. cerdo* (de), en los que se aprecian la mayor convexidad en el primero y la terminación subcónica en el segundo.

2. Dicho ápice de los élitros tiene un color más rojizo, incluso anaranjado, en *C. cerdo*, mientras que en *C. welensii* es más oscuro, con una tonalidad que vira más bien hacia el burdeos o granate oscuro (Fig. 1.45).
3. En cuanto al aspecto externo de los élitros, estos presentan un punteado superficial, más fino en *C. welensii*, y bastante más grueso por toda su superficie en *C. cerdo* (Fig. 1.45), especialmente hacia el ápice.



Fig. 1.45. Vista dorsal del tercio apical de los élitros de *C. welensii* (iz) y *C. cerdo* (de), destacando la diferencia de coloración y el punteado más grueso en el segundo.

\* Es importante aclarar que estas características no siempre son tan evidentes como se muestra en las figuras, siendo en ocasiones difícil establecer diferencias entre ambas especies en base a algunas de ellas.

4. La espina del ángulo sutural de los élitros (fig 3.38) es bastante pronunciada en *C. welensii* y mucho menos evidente en *C. cerdo*. Si bien esta diferencia se suele manifestar claramente cuando se observa con lupa, puede resultar en ocasiones bastante difícil de valorar, algo que a veces ocurre en ejemplares de pequeño tamaño.

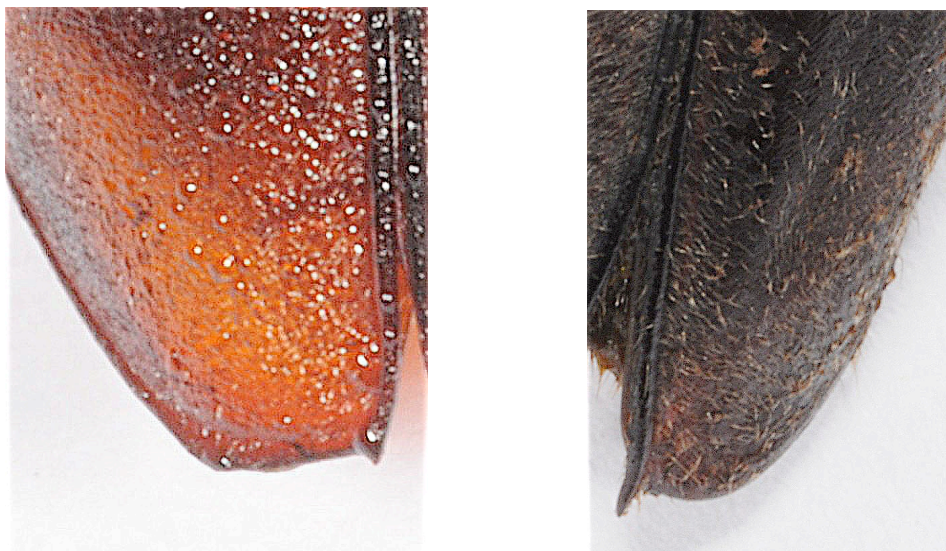


Fig. 1.46. Espinas suturales de *C. cerdo* (iz) y *C. welensii* (de)

5. Ambas especies presentan por todo el cuerpo una muy suave vellosidad, que se suele hacer más densa y visible en el tercio apical del abdomen (Fig. 1.47). En *C. welensii* es claramente más abundante y homogénea, además de presentar un tono predominantemente dorado. En *C. cerdo*, además de ser menos abundante y con distribución más irregular, suele mostrar un tono más bien grisáceo-plateado, que en ocasiones se hace muy notorio con una lupa y puede permitir diferenciar las especies observando incluso a simple vista.



Fig. 1.47. Tercio apical del abdomen de *C. cerdo* (iz) y *C. welensii* (de), donde se advierte la vellosidad

6. El pronoto de *C. cerdo* es más lustroso y presenta fuertes pliegues transversales, más o menos arrugados (Fig. 1.48). En *C. welensii*, sin embargo, además de presentar casi siempre una fina



vellosidad (a veces poco visible), se encuentra grosera y densamente arrugado y sus pliegues transversales están entrelazados y son menos marcados. Además, *C. cerdo* suele tener la espina lateral más afilada.

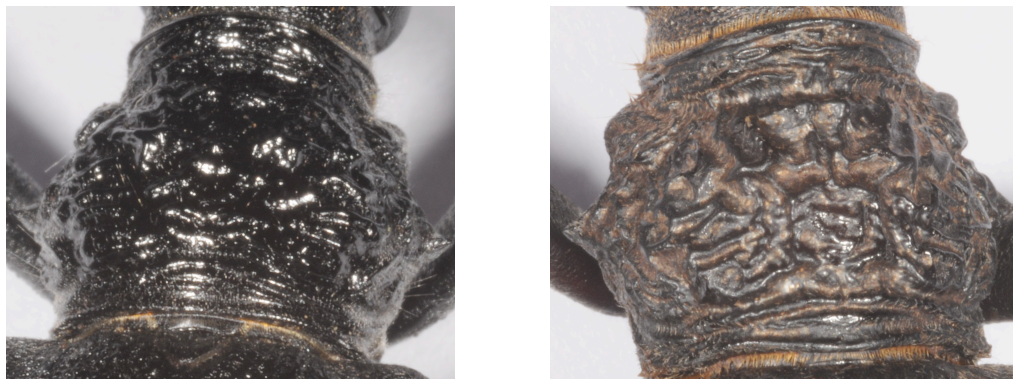


Fig. 1.48. Imágenes del pronoto de *C. cerdo* (iz) y *C. welensii* (de)

7. El primer artejo de las antenas, que en ambos casos es muy grueso y se encuentra fuertemente ensanchado en su parte distal, presenta leves pliegues irregulares, a veces con tendencia longitudinal, en *C. cerdo*, mientras que en *C. welensii* muestra unas fuertes estriaciones transversales, sobre todo hacia la base, que se observan con claridad con ayuda de una lupa y pueden ser un elemento diferenciador bastante ostensible (Fig. 1.49).



Fig. 1.49. Primer artejo de las antenas en machos de *C. cerdo* (iz) y *C. welensii* (de)

8. Otra diferencia que suele servir como elemento diferenciador definitivo, además del anterior, y que sólo se hace patente mediante la observación con lupa, es la presencia de una línea desnuda en el centro de la pubescencia plantar de los tarsos posteriores. Dicha línea aparece solamente en el primer artejo (frecuentemente no completo) en *C. welensii* y es claramente visible en los dos primeros en *C. cerdo* (Fig. 1.50).



Fig. 1.50. Cara plantar del tarso posterior de *C. cerdo* (iz) y *C. welensii* (de)

### Clave de identificación

Tanto PICARD (1949), como posteriormente VILLIERS (1978), PLAZA (1990) y VIVES (2000), destacan los principales caracteres diferenciales para cada una de estas especies, dando forma a unas sencillas claves de identificación.

Teniendo en cuenta estas claves, además de la diferenciación en dos subgrupos de SALIBA (1974) y las descripciones de DUPONT y ZAGATTI (2005), se ha diseñado una clave sencilla (Tabla I.2) para la identificación de las 4 especies ibéricas de *Cerambyx*.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antenas de los ♂ poco o nada más largas que el cuerpo</li> <li>• Ángulo sutural de los élitros sin espina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño medio (17-28 mm)</li> <li>• Élitros totalmente negros, muy lustrosos y rugosos</li> <li>• Antenas del ♂ sobrepasan en 2-3 artejos el ápice de los élitros</li> <li>• Las de la ♀ alcanzan el ápice elitral o lo sobrepasan ligeramente</li> <li>• Los fémures posteriores del ♂ alcanzan claramente el ápice de los élitros</li> <li>• Presencia preferente sobre frutales</li> </ul>	<i>C. scopoli</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artejo II de las antenas fuertemente transverso</li> <li>• Hábitos diurnos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antenas del ♂ no sobrepasan el ápice de los élitros o sólo en el último artejo</li> <li>• Las de la ♀ llegan a la mitad de los élitros</li> <li>• Los fémures posteriores del ♂ nunca alcanzan el ápice de los élitros</li> <li>• Élitros pardo rojizos, bastante claros hacia el ápice y fina y uniformemente punteados por toda su superficie</li> <li>• Tamaño grande (25-45 mm)</li> </ul>	<i>C. miles</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antenas de los ♂ mucho más largas que el cuerpo</li> <li>• Ángulo sutural de los élitros con espina evidente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Élitros fuertemente convexos, subcónicos hacia atrás, con un punteado grueso y poco pilosos</li> <li>• Pubescencia plantar de los dos primeros artejos de los tarsos posteriores separada por una línea mediana desnuda</li> </ul>	<i>C. cerdo</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artejo II de las antenas casi tan largo como ancho</li> <li>• Hábitos crepusculares o nocturnos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Élitros deprimidos en el disco, subparalelos, con un punteado muy fino y cubiertos de una pilosidad sedosa y dorada</li> <li>• Pubescencia plantar de los tarsos posteriores separada por una línea mediana desnuda solo en el primer artejo</li> </ul>	<i>C. welensii</i>

Tabla I.2. Clave para la identificación de las 4 especies ibéricas del género *Cerambyx*.

## 1.7. OBJETIVOS

En base a lo explicado en los apartados anteriores, los objetivos generales que se han establecido al inicio de este trabajo se pueden concretar en los siguientes puntos:

- ✦ Recopilar la información existente sobre los insectos del grupo del *Cerambyx cerdo* L. (Coleoptera, Cerambycidae).
- ✦ Establecer el grado de afectación actual del arbolado de las dehesas extremeñas por larvas de *Cerambyx sp.*, intentando precisar la magnitud del problema en cuanto a la gravedad y la extensión de los daños.
- ✦ Comprobar la evolución de este problema en encinas y alcornoques a lo largo de un periodo de 17 años, con el fin de valorar la dinámica del problema y avanzar posibles tendencias futuras.
- ✦ Cotejar la afectación de los árboles con diversas características de las dehesas, con el fin de detectar relaciones significativas entre ellas y hallar posibles factores que beneficien o perjudiquen la expansión de la plaga, con vistas a la búsqueda de medidas contra la misma.
- ✦ Valorar la influencia de diferentes factores, de tipo sociológico, económico y agrícola, en el manejo y conservación de los bosques de quercíneas.
- ✦ Establecer una serie de caracteres y parámetros morfométricos de *Cerambyx welensii* Küster mediante mediciones en numerosos individuos.
- ✦ Confirmar el dimorfismo sexual de la especie, sus diferencias morfológicas con *C. cerdo* y determinar el grado de alometría en el crecimiento de distintas partes de su cuerpo.
- ✦ Confirmar con la experiencia todos los datos referidos en la bibliografía que sea posible y aportar nuevas observaciones sobre hábitos y distribución.
- ✦ Abrir nuevas vías de discusión sobre la importancia del problema, aventurando su evolución a medio plazo, para definirlo con la mayor exactitud posible, acercarse a sus causas concretas y proponer diferentes vías de solución.
- ✦ Sugerir enfoques para las medidas a tomar para enfrentarse a la plaga.



## **Capítulo II**

# **MATERIAL Y MÉTODO**





En esta tesis se han llevado a cabo dos investigaciones diferentes entre sí. Recordamos que se trata de:

- a) Muestreos para detectar el grado de afectación de las quercíneas de Extremadura por larvas de *Cerambyx*.
- b) Estudio morfométrico del imago de *Cerambyx welensii*.

Evidentemente, cada uno de ellas ha precisado un protocolo específico.

En consecuencia, este capítulo se ha estructurado en dos apartados, en los que se explica la metodología utilizada en cada una de dichas investigaciones.

De igual modo se han estructurado los capítulos siguientes (“Resultados” y “Discusión y Conclusiones”), que también se encuentran divididos en dos secciones.





## 2.1. MUESTREOS DE AFECTACIÓN POR LARVAS DE *Cerambyx sp*

### 2.1.1. LA MUESTRA

La muestra que se describe a continuación es la seleccionada para los muestreos de los años 1988/90. En el apartado 4.1.1.3 se señalan los aspectos concretos en que cambió la muestra elegida para los sondeos de 2006/07.

#### A) Selección y localización de los puntos de muestreo

Para abordar un sondeo sobre un problema que afecta a las dehesas de toda Extremadura, la muestra debía estar constituida por un gran número de árboles, diseminados por toda la geografía extremeña de acuerdo a su distribución natural.

En consecuencia, se seleccionó un conjunto de localizaciones, que llamamos *puntos de muestreo*, y que fueron elegidas, por tanto, de forma semialeatoria. Cada uno de estos puntos representa una subpoblación de quercíneas situada en un punto concreto del territorio regional.

De acuerdo con el “Teorema del límite central”, se consideró que un número de 30 árboles en cada localización era suficiente para asegurar que esta muestra fuese representativa del total de árboles de la zona en que se ubica el punto de muestreo, y estuviese gobernada por las leyes universales de las funciones teóricas de probabilidad (RIUS y PARRAS, 1997).

Con el fin de homogeneizar las observaciones, en cada punto siempre se tomaron árboles de una especie, aunque en la zona existieran ejemplares de ambas. A este conjunto de 30 árboles de la misma especie, situados en una misma localización, se le denominó *unidad de muestreo*.

En cuanto al número de puntos de muestreo, al resultar prácticamente imposible calcular el tamaño muestral adecuado para un estudio de este tipo, se determinó tomar una muestra lo suficientemente grande para minimizar el error muestral, al tiempo que se ocupaba la mayor superficie territorial posible.

Para ello se tomaron como referencia estudios previos del mismo tipo (GARCÍA CONCELLÓN et al, 1990 y 1991), donde se determinó la muestra a partir de la extensión del territorio, optando por un punto de muestreo por cada 500 ó 1000 Ha de dehesa arbolada. Dado que dichos trabajos se realizaron sobre extensiones inferiores a 300000 Ha, se decidió que para todo el territorio regional un

punto de muestreo por cada 2000 Ha daría una muestra lo suficientemente amplia como para cumplir los requisitos expuestos antes.

Por otra parte, se trata de un muestreo estratificado, ya que dentro de la población de quercíneas se han analizado de forma separada encinas y alcornoques, especies que son casi siempre las predominantes en las dehesas. Al suponer que la especie es un factor con influencia en el problema, se procuró observar individuos de ambas especies en una proporción similar a la existente en la dehesa, que como ya se indicó en el cap. 3 es aproximadamente del 85% para las encinas y 15% para los alcornoques.

Finalmente, quedaron seleccionados 662 puntos de muestreo, que se distribuyen por toda Extremadura como se observa en el mapa de la fig. 2.1.

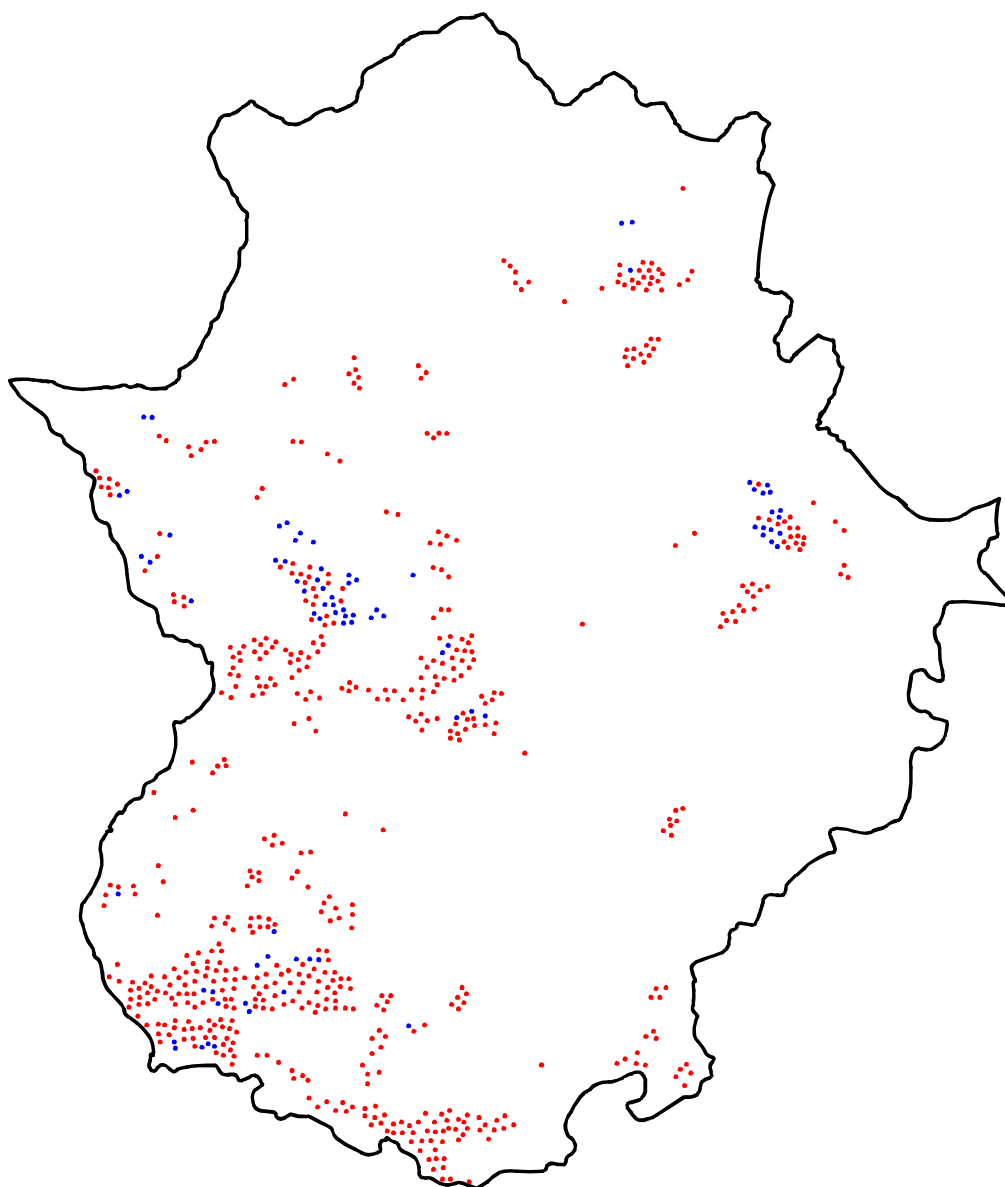


Fig. 2.1. Representación de los 662 puntos de muestreo de 1990 sobre el mapa regional (en rojo los de *Q. rotundifolia*, en azul los de *Q. suber*).

En resumen, las características del muestreo fueron las siguientes:

- La población está formada por las quercíneas más representativas de las dehesas de Extremadura (encinas y alcornoques)
- Para que resultara representativo, el muestreo fue dirigido en cuanto a las localizaciones y estratificado en cuanto a las especies observadas.
- La muestra seleccionada estuvo constituida por 662 localizaciones o puntos de muestreo distribuidos por toda la región
- Dicha muestra estuvo formada, por tanto, por un total de 19860 árboles, 17460 encinas (*Quercus rotundifolia*) y 2400 alcornoques (*Quercus suber*).
- En cada punto se tomó una única unidad de muestreo, constituida por 30 árboles de la misma especie.

## **B) Variables de los puntos de muestreo**

En cada punto se definió una *unidad de muestreo*, constituida por 30 árboles de la misma especie, elegidos al azar.

Tanto el punto como la unidad de muestreo presentan una serie de características propias, que conforman un conjunto de variables independientes definitorias para cada una de las 662 ubicaciones.

Con el fin de facilitar la toma de datos y su posterior tratamiento estadístico, para cada una de estas variables se fijó un intervalo de valores definido numéricamente (Tabla II.1).

Además, en cada unidad se tomó nota del número de árboles que presentaban signos de afectación por *Cerambyx*, indicando también los que lo estaban en el tronco y en las ramas.

Algunas consideraciones sobre dichas variables o sus intervalos:

- a) Especie de árboles: en cada punto se observó una especie. En caso que coexistir más de una, se tomó la más abundante en el lugar.
- b) Longitud: se dividió el territorio regional en tres franjas de similar amplitud.
- c) Latitud: igual que para la longitud, pero en este caso la superficie total se dividió en cuatro franjas latitudinales de igual ancho.
- d) Densidad de población: determinada como la distancia media entre los árboles de la zona prospectada, calculada por el método del vecino más próximo.
- e) Diámetro medio de los troncos de los árboles (reflejo de su edad): calculado a partir de la medición de las circunferencias.

- f) Forma topográfica del terreno: indicando en cada caso la del punto concreto en que se encontraban los 30 árboles observados.
- g) Altitud sobre el nivel del mar: obtenida a partir de la localización en mapas 1:50000 del SGE.
- h) Tipo de explotación de la dehesa: tomada como la actividad principal a que se dedica la dehesa en cada punto. En casos de evidencia de varios usos o aparente abandono, se asignó el valor “varias”.
- i) Afectación: se recogió el número de árboles son signos de afectación por *Cerambyx*, tomado de forma global, en tronco y en ramas.

Variable	Valores
<b>Especie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encina (1)</li> <li>• Alcornoque (2)</li> </ul>
<b>Longitud</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De 7° 33' W a 6° 38' W - franja oeste (1)</li> <li>• De 6° 38' W a 5° 43' W - franja centro (2)</li> <li>• De 5° 43' a 4° 39' W - franja este (3)</li> </ul>
<b>Latitud</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De 40° 29' N a 39° 56' N - franja norte (1)</li> <li>• De 39° 56' N a 39° 14' N - franja centro-norte (2)</li> <li>• De 39° 14' N a 38° 32' N - franja centro-sur (3)</li> <li>• De 38° 32' N a 37° 57' N - franja sur (4)</li> </ul>
<b>Densidad de población</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;10 m. (1)</li> <li>• 10-20 m. (2)</li> <li>• &gt;20 m. (3)</li> </ul>
<b>Diámetro del tronco</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;30 cm. (1)</li> <li>• 30-50 cm. (2)</li> <li>• &gt;50 cm. (3)</li> </ul>
<b>Forma topográfica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cresta (1)</li> <li>• Vaguada (2)</li> <li>• Ladera (3)</li> <li>• Llano (4)</li> </ul>
<b>Altitud</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;300 m. (1)</li> <li>• 300-500 m. (2)</li> <li>• 500-700 m. (3)</li> <li>• &gt;700 m. (4)</li> </ul>
<b>Explotación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Labor (1)</li> <li>• Ganado (2)</li> <li>• Caza (3)</li> <li>• Varias (4)</li> </ul>
<b>Afectación</b>	<p>Nº y % de afectados en tronco</p> <p>Nº y % de afectados en ramas</p> <p>Nº y % de afectados en total</p>

Tabla II.1. Variables observadas para cada punto de muestreo, con los intervalos de valores definidos para cada una y la cuantificación de los mismos.

Combinando las franjas establecidas de latitud y longitud se dividió el territorio regional en 12 cuadrículas (Fig. 2.2), con el fin de determinar los grados de afectación de los puntos de muestreo situados en cada una de ellas y así obtener una discriminación geográfica de los daños sufridos por las dehesas, tanto en los muestreos realizados en 1990 como en los de 2007.

Esta cuadriculación del territorio se utilizó para la elaboración de mapas regionales de niveles de afectación por *Cerambyx* para las épocas en que se efectuaron ambos muestreos.

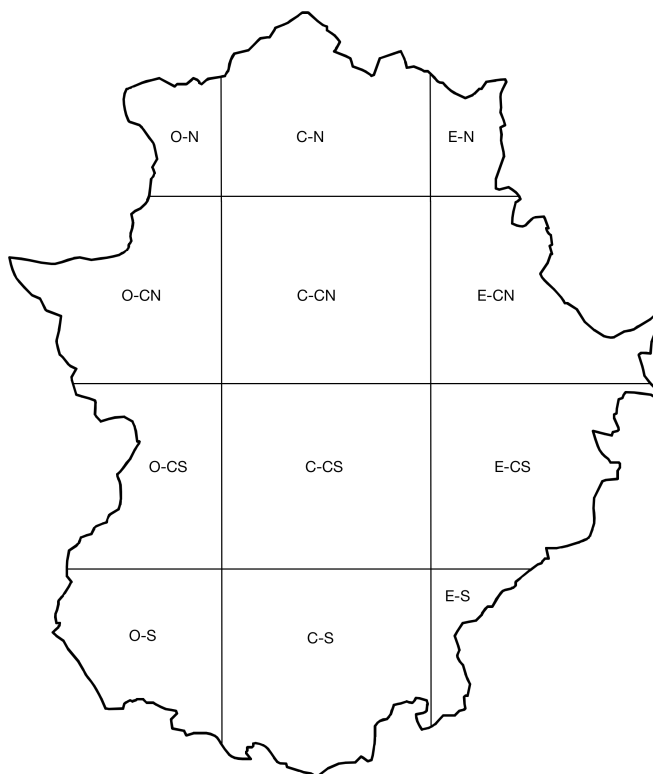


Fig. 2.2. División de la superficie regional en cuadrículas a partir de las franjas de latitud y longitud fijadas.

### C) La muestra en 2007

En el trabajo de campo de los años 2006/07, el área de estudio sigue siendo todo el territorio extremeño y se parte de los mismos puntos de muestreo. Sin embargo, en este momento se pretendía realizar un sondeo dentro de la muestra original, para comprobar la evolución del grado de afectación de las unidades de muestreo originales. Para ello, se seleccionó una muestra dentro de los 662 puntos del periodo 1988/90.

Inicialmente se tomaron 100 puntos del estudio anterior, elegidos aleatoriamente. A este conjunto se le añadieron posteriormente otros 20 puntos para ampliar la distribución, incluyendo zonas que no quedaron recogidas inicialmente. Así, la selección fue de tipo semialeatorio.

Finalmente, la muestra quedó compuesta por 120 unidades de muestreo, 99 de ellas correspondientes a *Q. rotundifolia* (2970 ejemplares) y 21 a *Q. suber* (630 individuos), para un total de 3600 árboles observados (Fig. 2.3).

Las características de estos puntos de muestreo son las establecidas anteriormente y descritas en el punto anterior, con los mismos intervalos reflejados en la Tabla II.1, aunque en algunos casos fue preciso realizar reducciones de los mismos debido al bajo número de árboles presentes en alguno de los intervalos.

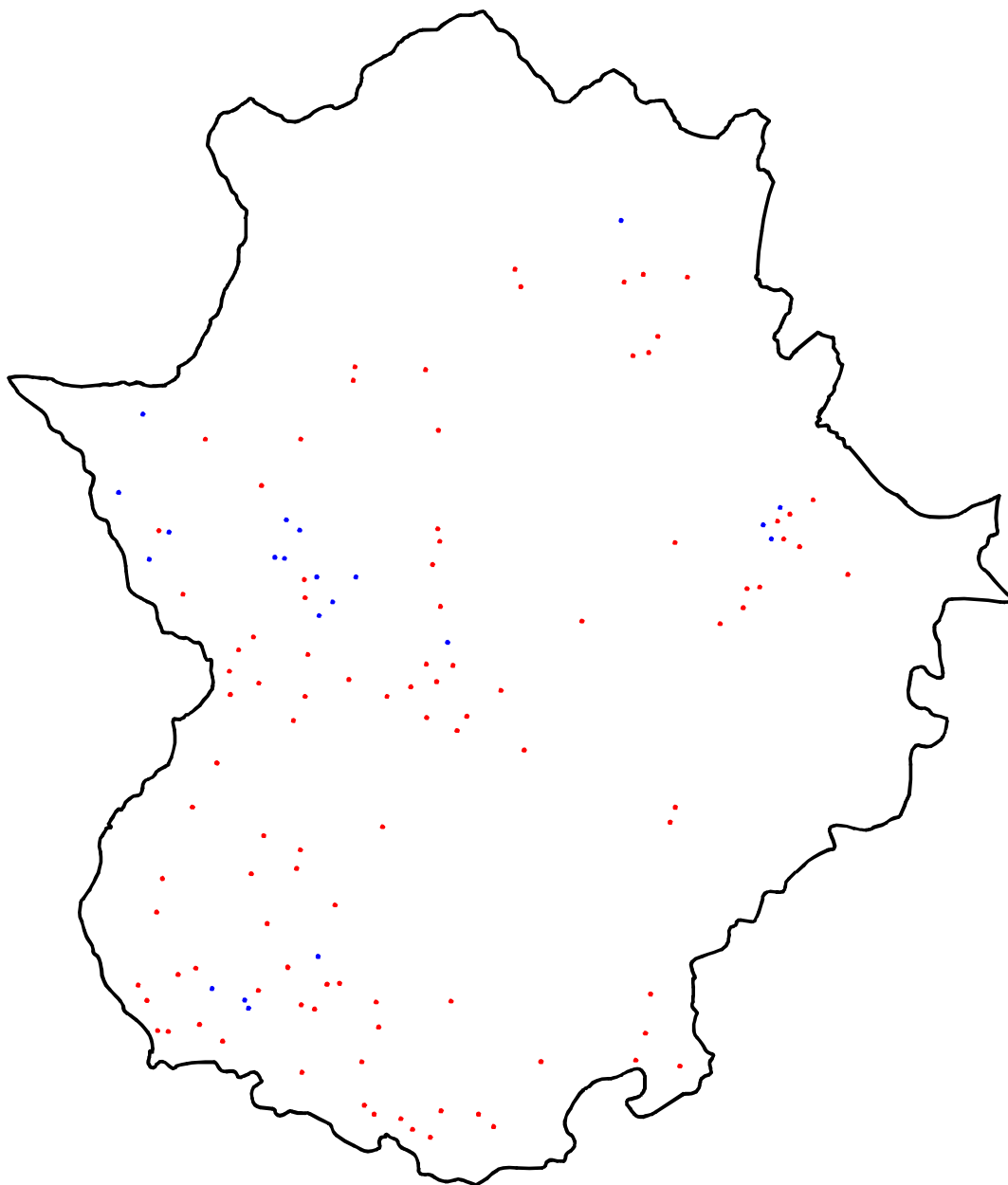


Fig. 2.3. Representación de los 120 puntos de muestreo del año 2007 sobre el mapa regional (en rojo los de *Q. rotundifolia*, en azul los de *Q. suber*).

### 2.1.2. MÉTODO DE MUESTREO

El método utilizado en los muestreos ha consistido básicamente en una serie de trabajos de campo debidamente programados para localizar y definir los puntos de muestreo y tomar los datos correspondientes, tanto en lo que respecta a las características de los mismos como al estado de los 30 árboles correspondientes a dicha unidad.

A continuación se describe la metodología utilizada para efectuar la localización, caracterización y recogida de datos en cada punto de muestreo, así como las variables que se observaron en cada uno.

#### A) Trabajo de campo

La localización precisa se llevó a cabo mediante los mapas provinciales 1:20000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN, 1994), el mapa de series de vegetación de España (RIVAS MARTÍNEZ, 1987) y los más actuales de SANTIAGO BELTRÁN (2006) y LAVADO et al (2006) (ver cap. 2). A partir de estos se delimitaron zonas con manchas de dehesa arbolada por toda la región, para precisar las localizaciones sobre los mapas topográficos 1:50000 del Servicio Geográfico del Ejército (SGE, varios años), teniendo en cuenta el terreno y los accesos.

A continuación, se planificaron salidas al campo, en las cuales se hacían recorridos por las zonas elegidas en cada caso, haciendo paradas en puntos concretos elegidos al azar dentro de los lugares indicados previamente. En cada parada se definía un nuevo punto de muestreo, anotando sus coordenadas geográficas tras precisarlas sobre el mapa, e iniciando a continuación la recogida de datos.

En cada punto se definió una *unidad de muestreo*, constituida por 30 árboles, elegidos al azar, a partir del lugar de inicio y en todas las direcciones.

El observador iniciaba su recorrido en un árbol elegido al azar, en el cual empezaba la toma de datos, anotando todas las variables definidas. A continuación, se elegía uno de los árboles más cercanos, cambiando de dirección en cada árbol, para seguir una trayectoria irregular.

#### B) Medición de las variables

En cada localización se utilizó una ficha de toma de datos en la que se anotaron las variables especificadas antes y también los árboles que presentaban signos externos de hallarse afectados por



larvas de *Cerambyx* sp.

Esta afectación se valoró en base a la presencia de taladros en el tronco o las ramas, es decir, los orificios abiertos por los adultos al salir al exterior, o bien por la presencia de galerías internas en el leño, observables a través de heridas u oquedades del tronco o ramas, en muchos casos aún sin apreciarse taladros en la corteza.

Se especificó, además, en qué parte del árbol se hallaron dichos signos, por lo que en cada unidad de muestreo se anotó el número de árboles afectados en el tronco (hasta la altura de la cruz) y en las ramas principales, así como el total de árboles afectados, independientemente de la parte afectada\*.

Finalmente, cada ficha de datos se almacenó en un registro de una base de datos informatizada.

Es importante precisar que mediante este procedimiento con toda seguridad se habrán tomado como no afectados un cierto número de árboles que con toda probabilidad sí contenían en su interior larvas de *Cerambyx* sp, pero que no manifestaban taladros o estos no fueron observados por encontrarse en zonas inaccesibles. Este hecho sin duda introduce un indefinido, aunque seguramente pequeño, margen de error, que ha sido despreciado por no ser posible su cálculo ni su anulación mediante este método de recogida de datos.

Igualmente hay que considerar un cierto margen de error causado del modo inverso, es decir, árboles que han podido ser considerados como afectados por *Cerambyx* sp. cuando se hayan tomado como galerías internas surcos debidos a otros factores, o bien las galerías o taladros observados pudieran haber sido causados por otros parásitos de similar tamaño (Ej.: *Prinobius*) o menores (Ej.: *Cetonia*), pero que podrían haber sido dilatados por otros factores.

---

\* Por esta razón, el número total de árboles afectados no necesariamente tiene que ser igual a la suma de los que presentan signos en tronco y en rama

### 2.1.3. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

#### A) Análisis de los datos de 1990

La base de datos configurada a partir de las fichas con las anotaciones de campo finalmente contó con un total de 662 registros, en cada uno de los cuales se recogen las 9 variables citadas antes.

Tras depurar estos datos y proporcionarles el formato adecuado, se introdujeron en el software de tratamiento estadístico SPSS, mediante el cual se aplicaron los análisis que se describen a continuación.

##### *Determinación de la edad de los árboles*

A partir de los valores medios de diámetro del tronco en cada punto de muestreo se calculó la edad media del grupo de árboles muestreado, tomando como referencia la ecuación de regresión obtenida por PLIENINGER et al (2003):

$$\text{Edad} = 0,763 + 2,187 \cdot \text{diámetro (cm)}$$

Según estos cálculos, los intervalos de edad, basados en el diámetro quedarían como sigue:

- ✦ < 30 cm → < 66,363 años
- ✦ 30 - 50 cm → 66,363 - 110,113 años
- ✦ > 50 cm → > 110,113 años

##### *Determinación de las características de la muestra*

La muestra se sometió al test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (para  $\alpha = 0,05$ ), mediante el cual se comprobó que los valores de ninguna de las variables analizadas se ajustaban a una distribución normal.

Esto eliminó la posibilidad de aplicar pruebas estadísticas paramétricas, más precisas (como la prueba T o el test ANOVA), por lo que en cada caso hubo que seleccionar el análisis no paramétrico más adecuado.

##### *Análisis descriptivos generales*

Se determinaron los valores medios de afectación, con su desviación típica e intervalo para un nivel de confianza del 95%, tanto a nivel global como en tronco y rama y diferenciando entre especies.

Se localizaron a continuación los valores obtenidos en mapas del territorio regional, en base al grado de afectación según puntos de muestreo o a los niveles de daño según las franjas geográficas

definidas.

### ***Análisis de los grados de afectación en función de las distintas variables***

Se desglosaron los porcentajes de afectación de los árboles (de forma global, en tronco y en rama) para los intervalos de cada una de las variables.

Para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en los valores obtenidos dentro de cada variable, se aplicó la prueba H de Kruskal-Wallis, test no paramétrico que revela la existencia de diferencias entre varias distribuciones de una variable mediante un análisis de la varianza.

Para la variable especie, al contar con sólo dos posibles valores, fue suficiente con este test para establecer la existencia o no de diferencias significativas entre ellas.

En el resto de variables, una vez rechazada  $H_0$  en la prueba de Kruskal-Wallis, fue necesario aplicar a continuación la prueba U de Mann-Whitney para dos muestras independientes, también no paramétrica, con la que se contrastó el grado de equivalencia, en cuanto a su nivel de afectación, entre los intervalos de cada variable, comparándolos dos a dos. Para evitar una excesiva reiteración de datos, este test se aplicó a nivel global, sin diferenciar entre especies.

### ***Análisis de componentes principales***

El ACP es una técnica estadística multivariante de reducción de la dimensión, utilizada en los análisis factoriales cuando existe un elevado número de variables con objeto de reducirlas a unos pocos componentes (factores comunes inobservables) que expliquen las interrelaciones entre ellas, con la menor pérdida de información posible. Por esto, el ACP se considera la técnica más adecuada cuando se dispone de un elevado número de variables (SALVADOR FIGUERAS, 2000).

Además, al formar grupos de variables asociadas a cada factor, es posible detectar el modo en que se asocian formando conjuntos diferenciados, algo muy importante para un estudio del tipo que se aborda en esta tesis.

Por esta razón, se llevó a cabo un análisis factorial mediante ACP de los datos obtenidos en los sondeos de afectación por *Cerambyx*.

Se descartó del análisis la variable “especie”, por ser dicotómica, y la “afectados total” para evitar una excesiva redundancia, al contener una gran parte de información común a las relativas a “afectados en tronco” y “afectados en rama”.

La comprobación de que la muestra es adecuada para realizar este análisis se realizó mediante:

- Verificación del valor del determinante de la matriz de correlaciones, que informa sobre la existencia o no de correlaciones importantes entre algunas variables. Los valores próximos a 0 indican una buena correlación, aunque una excesiva aproximación a 0 señala una fuerte correlación

entre muchas variables, lo que dificulta en gran medida la interpretación, ya que algunas contribuirán de forma importante a más de un factor (KOOTSTRA, 2004).

- Prueba de Kaiser, Meyer y Olkin, en la cual el valor del estadístico KMO indica si el proceso de reducción es adecuado y su grado de precisión, mediante la comparación entre los coeficientes de correlación observados y los parciales. Valores de  $KMO \geq 0,75$  indican que el análisis factorial es muy adecuado y preciso; si KMO está entre 0,5 y 0,75, el análisis es aceptable aunque su precisión no es elevada; y valores por debajo de 0,5 indican que el análisis factorial no es adecuado para la muestra.

- Las comunalidades (contribución común) de las variables en la solución factorial ofrecen información sobre el porcentaje de su variabilidad que es explicada por el modelo, concretando así la visión general del grado de precisión del análisis ofrecida por el test KMO. Valores superiores al 50% indican que la variable está aceptablemente explicada.

- Test de esfericidad de Bartlett, que contrasta si la matriz de correlaciones de las variables es la identidad, lo que indicaría la inexistencia de correlaciones entre ellas, por lo cual el rechazo de  $H_0$  confirmaría la existencia de correlaciones significativas entre las variables.

- La matriz de correlaciones reproducidas permite examinar los residuos, es decir, las diferencias entre la matriz de correlaciones observada y la que reproduce el modelo, de forma que cuanto más cercanos a cero sean sus valores, mejor será el nivel de ajuste.

La matriz anti-imagen ofrece información sobre el grado de individualidad de cada variable, ya que el valor de covarianza cuando cada una se enfrenta consigo misma cuantifica la cantidad de información que dicha variable no comparte con el resto. Estos valores pueden definir la influencia real que cada variable puede tener en el conjunto.

La extracción de factores se realizó tomando aquellos cuyos autovalores fuesen superiores a 1 (regla de Kaiser), complementando el resultado proporcionado por este método con la observación directa del gráfico de sedimentación, que representa la varianza asociada a cada factor y en el que pueden diferenciarse claramente los factores más importantes del resto.

Para obtener unos resultados que facilitasen una mejor interpretación de los factores, se aplicó una rotación de factores mediante el método Varimax, que utilizando el cuadrado de la varianza de las cargas factoriales de cada variable, minimiza el número de éstas con cargas elevadas para cada factor.

A partir de los valores de carga de las variables para cada factor, tomados de la matriz de componentes, se elaboraron gráficos de saturaciones factoriales, enfrentando los componentes principales dos a dos.

Se obtuvieron las puntuaciones factoriales de los tres componentes principales para cada uno de los puntos de muestreo (mediante el método de Bartlett de los mínimos cuadrados generalizados, en el

que las estimaciones que resultan tienen una media de cero, simplificando así la solución). Al representar dichas puntuaciones, tomando los componentes principales de dos en dos, se obtuvieron gráficas de dispersión en las que los puntos de muestreo se distribuyen en función de sus puntuaciones.

Sobre estas representaciones se plasmaron, asignando a los puntos diferentes colores, los valores de las variables que resultaron más esclarecedoras en cada gráfico.

Mediante el análisis de la distribución de los casos y los valores de las variables en función de los componentes principales es posible obtener información sobre la influencia combinada de varias variables.

## **B) Análisis de los datos de 2007**

La muestra de este segundo sondeo estuvo compuesta por 120 puntos de muestreo seleccionados de forma semialeatoria entre los 662 prospectados en 1990. La elección fue aleatoria, pero forzando las proporciones de cada especie y la de puntos en cada cuadrícula geográfica.

El tratamiento y análisis de los datos fue el mismo que para el muestreo anterior (descriptivos generales, determinación del grado de afectación en función de las variables y análisis factorial mediante componentes principales), aunque fue necesario llevar a cabo una revisión de los mismos, al reducirse notablemente la cantidad de puntos.

En consecuencia, se realizaron las siguientes transformaciones:

- El pequeño número de puntos de muestreo con alcornoques hizo que no existieran valores o fueran muy reducidos en algunos intervalos de las variables. Esto aconsejó realizar los análisis de forma global, sin diferenciar entre especies, salvo para comparar los daños generales entre ambas.
- Se eliminó el valor “varias” de la variable explotación, por existir un solo punto de muestreo con el mismo.
- Por la misma razón, los intervalos de altitud correspondientes a “500-700 m” y “>700 m” se fusionaron en uno único por contener la muestra muy pocos árboles situados en el último tramo. Por ello, los valores para la altitud se redujeron a tres (<300 m, 300-500 m y >500 m).

### **C) Tratamiento y análisis conjunto de los datos de ambos muestreos**

Se realizó una comparativa de los resultados obtenidos en los 120 puntos de muestreo en los cuales se repitieron los trabajos de campo, con el fin de definir la evolución de los grados de afectación de las quercíneas a lo largo de un periodo de 17 años.

Se diseñó una nueva base de datos conjunta, con 120 registros, conteniendo cada uno de ellos los valores de las variables tomadas en ambos muestreos, con las modificaciones realizadas según los criterios descritos antes.

El tratamiento y análisis de este conjunto de datos se llevó a cabo mediante el software de tratamiento estadístico “SPSS”, con el cual se realizaron los tratamientos que se describen a continuación.

#### ***Determinación de las características de la muestra***

El test de Kolmogorov-Smirnov de nuevo confirmó que ninguna de las distribuciones de la muestra para las variables analizadas se podía considerar normal.

Por tanto, también en este caso fue necesario aplicar pruebas no paramétricas, alternativas al test “T”, para establecer los cambios sufridos en la muestra a lo largo del tiempo.

#### ***Análisis comparativos generales***

Tanto a nivel general, como desglosados en función de las distintas variables, el análisis consistió en comparar los valores generales de afectación de los árboles, en tronco, en rama y a nivel global obtenidos en ambos sondeos.

La representación mediante gráficos de líneas e histogramas de frecuencias permite observar las diferencias entre los valores de la muestra en los dos momentos.

La determinación de la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas en todos los análisis comparativos se llevó a cabo mediante la prueba Z de Wilcoxon para muestras apareadas, el test no paramétrico más potente para comparar las medianas de dos distribuciones de datos iguales pero separadas en el tiempo. Este test compara los índices de afectación emparejando cada uno de los intervalos de cada variable entre las muestras de 1990 y 2007, ordenando en rangos las diferencias positivas y negativas resultantes y determinando si existe simetría en la distribución de las diferencias entre rangos, en cuyo caso se podría considerar que las dos muestras presentan la misma mediana ( $H_0$ ), con un nivel de significación del 95%.



## 2.2. ESTUDIO MORFOBIOMÉTRICO DE *Cerambyx welensii* (Kuster, 1846)

El estudio biométrico de *C. welensii* se ha llevado a cabo mediante la captura de ejemplares a lo largo de cuatro años y la medición de una serie de variables morfométricas, a partir de las cuales se realizaron diversos análisis comparativos.

A continuación se describen las técnicas utilizadas para este estudio, desde la captura y medición hasta el tratamiento y análisis de los datos obtenidos.

### 2.2.1. CAPTURAS

Las capturas de ejemplares de *Cerambyx* sp se han llevado a cabo en dos zonas de las cercanías de Badajoz, durante la época en que los imagos desarrollan su periodo de actividad, que en este caso ha resultado ser entre los meses de mayo y agosto, entre los años 2007 y 2010.

El procedimiento seguido se describe a continuación.

#### A) Diseño de trampas

Las trampas utilizadas fueron de diseño propio, fundamentadas en diversas técnicas utilizadas para la captura de grandes coleópteros (BARFIELD, 1989; CEPEDA-PIZARRO et al, 1996; LOREA, 2004; BRIN et al, 2005) y en base al uso de atrayentes químicos a los que son muy sensibles estos cerambícidos (SÁNCHEZ OSORIO et al, 2004; 2006; 2008 y 2009).

De acuerdo con esto, se construyeron dispositivos utilizando garrafas de agua mineral de 5 litros, a las que se cortó el tercio superior, el cual posteriormente se utilizó como embudo colocándolo invertido sobre la base (Fig. 2.4) y sujetándolo con clips

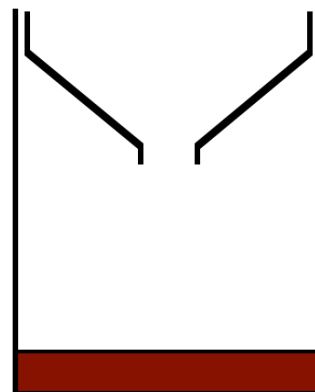


Fig. 2.4. Esquema del modelo de trampa utilizado para la captura de cerambícidos



o pinzas.

En el fondo del recipiente se sitúa el cebo, consistente en trozos de frutas, preferentemente muy maduras e incluso en proceso de fermentación, sumergidas en líquido para mantenerla húmeda.

Las frutas empleadas fueron las que podían obtenerse con mayor facilidad en cada momento y preferentemente las que desprenden un olor más intenso (melón, manzana, melocotón, uva, etc.).

El líquido utilizado fue finalmente vino, que además de potenciar fuertemente el olor del cebo, se ha comprobado que es un fuerte atrayente para estos insectos.

Un alambre que sujetaba el recipiente por la parte superior sirvió para colgarlo de alguna rama principal o fijarlo al tronco (Fig. 2.5), ya que se situaron trampas de ambas formas, aunque finalmente se optó por las que quedaban en contacto con el tronco, ya que ofrecen una mayor facilidad para el acceso de los insectos.



Fig. 2.5. Trampa con fruta y vino, colgada de las ramas de una encina (iz) y sujeta directamente al tronco (de)

## **B) Ubicaciones**

Se dispusieron trampas en dos zonas de las cercanías de Badajoz, en lugares próximos a la ciudad, con fácil acceso, con presencia de encinas y alcornoques y evidencia de afectación por *Cerambyx*. Los lugares elegidos fueron el parque rural de Tres Arroyos, a 3 km de Badajoz en la carretera hacia Corte de Peleas y la zona del Manantío, a unos 5 km en la carretera en dirección a Valverde de Leganés.

## **C) Periodo**

Las trampas se colocaron a principios del mes de mayo y se mantuvieron hasta el mes de septiembre, una vez comprobado que ya no se recogían ejemplares por haber terminado su periodo de eclosión.

Esto se llevó a cabo a lo largo de 4 años, entre 2007 y 2010.

#### D) Sistema para recuperar los ejemplares vivos

Se intentó recuperar siempre que fuese posible los ejemplares vivos o que, en caso de haber muerto, al menos conservaran sus características de cara al estudio morfométrico, especialmente la masa.

Para ello, se visitaron con frecuencia las trampas, de modo que el tiempo transcurrido entre visitas no superase los 3 días. Además, se colocaron pequeños trozos de ramas en la base del recipiente para formar un entramado que permitiese a los insectos atrapados disponer de puntos de apoyo para mantenerse fuera del líquido (Fig. 2.6).



Fig. 2.6. Ejemplar de *Cerambyx welensii* capturado en una trampa y apoyado sobre ramas del fondo



## 2.2.2. VARIABLES, PARÁMETROS E ÍNDICES

### A) Variables y medición

Aunque existe un exhaustivo trabajo de DAJOZ (1995) sobre morfobiometría en varias subfamilias de cerambícidos, la única referencia específica conocida sobre el género *Cerambyx* es el trabajo publicado por STARZYK y STROJNI (1985), sobre variabilidad morfológica de *C. cerdo* en Polonia.

La elección de variables morfológicas para medir en *C. welensii* se ha realizado tomando como referencia este estudio y teniendo en cuenta algunas aportaciones de tipo general sobre metodología extraídas de varios trabajos en relación con la morfometría de otros tipos de insectos (CEPEDA-PIZARRO et al, 1996; BAHÍLLO, 1997; BERCEDO y BAHÍLLO, 1999; CEPEDA-PIZARRO et al, 2003; PADILLA y HERNÁNDEZ, 2004).

Teniendo en cuenta que la medición de un buen número de variables morfológicas mejora la caracterización de los animales de un grupo morfológico, una determinada población o una especie y proporciona una mayor riqueza potencial de información taxonómica (PADILLA y HERNÁNDEZ, 2004), se decidió realizar todas las mediciones posibles en los ejemplares capturados.

Si en el trabajo de STARZYK y STROJNI (1985) en una especie muy similar se tomaron 13 dimensiones, en el presente se incrementó en una más, ya que se realizaron dos medidas del ancho de los élitros, en la base y en el tercio apical.

En la Tabla II.2 se indican las 13 medidas directas seleccionadas (12 de longitud y 1 de masa), siguiendo el criterio establecido para cada una.

Estas 13 medidas fueron realizadas en un total de 452 ejemplares (303 machos y 149 hembras), por lo que en total se llevaron a cabo 5876 mediciones.

## II. Material y método

Variable morfométrica	Criterio de medición
Longitud del cuerpo (LT)	Medida desde el extremo anterior de las mandíbulas hasta el final del abdomen o los élitros, según sea la parte que más se prolongue. Tomada presionando el cuerpo del animal desde la posición dorsal, con el fin de extender cabeza y pronoto.
Longitud de las antenas (LA)	Situando el cuerpo del insecto en posición lateral, apoyando la cabeza sobre una superficie plana y estirando la antena en toda su longitud para disponerla en posición rectilínea.
Grosor máximo (G)	Medido a nivel de la parte más gruesa del mesotórax, que se corresponde con la zona inmediatamente posterior a la inserción de las patas medias por la parte ventral y a la zona basal de los élitros por la cara dorsal.
Peso (P)	Medido en gramos mediante la balanza electrónica.
Longitud de la cabeza (LC)	Medida desde el extremo de las mandíbulas hasta el borde anterior del pronoto.
Ancho de la cabeza (AC)	Como ancho de la cabeza se ha tomado la distancia entre los dos ojos, que son las estructuras más sobresalientes lateralmente de la misma.
Longitud del pronoto (LP)	Al presentar el pronoto sus extremos anterior y posterior claramente definidos y salientes, la medición se realizó entre ambos, desde la zona dorsal del animal.
Ancho del pronoto (AP)	Distancia entre los extremos de las dos grandes espinas laterales que surgen de esta estructura.
Longitud de los élitros (LE)	Medida desde la base hasta la parte más prominente del extremo apical. Cuando existía asimetría entre ambos élitros, se ha medido la longitud del mayor.
Ancho de los élitros (AEB)	Medida de la anchura del conjunto de los dos élitros en su posición habitual, tomada en su zona basal.
Longitud total patas anteriores (LPA)	Medida de la longitud total de la pata extendida totalmente, desde la coxa hasta el extremo del tarso.
Longitud total patas medias (LPM)	
Longitud total patas posteriores (LPP)	

Tabla II.2. Variables morfométricas medidas en cada ejemplar de *C. welensii* estudiado y criterio empleado para realizar la medición.

## B) Material para las mediciones

Para la toma de las medidas de las diferentes estructuras morfológicas descritas, se han utilizado:

- Para medidas de longitud, calibre milimétrico de lectura digital “Powerfix”, con precisión de lectura de  $\pm 0.01$  mm.
- Para medida de la masa, balanza electrónica Ohaus modelo Scout Pro SPx402, con precisión de lectura de  $\pm 0.01$  g.

## C) Índices y parámetros

A partir de los valores máximos, mínimos y medios de la longitud corporal se calculó el índice de variación de la talla (I) y el coeficiente de variación de la talla (CV) para la población, definidos por las siguientes relaciones (DAJOZ, 1995):

$$I = LM / lm$$

siendo LM la longitud corporal máxima y lm la mínima

$$CV = 100 \cdot (LM - lm) / Lx$$

siendo Lx la longitud corporal media

Comparando los valores en determinadas parejas de variables se obtuvieron las ratios entre ellas y se definieron otros parámetros de interés, como la correlación lineal y el coeficiente de alometría.

Estos análisis comparativos se realizaron entre los siguientes pares de variables:

1. Longitud del cuerpo - longitud de las antenas\* (LT/LA)
2. Longitud del cuerpo - grosor (LT/G)
3. Longitud del cuerpo - peso (LT/P)
4. Longitud del cuerpo - longitud de los élitros (LT/LE)
5. Longitud del cuerpo - ancho de los élitros† (LT/AEB)
6. Longitud del cuerpo - longitud de la cabeza (LT/LC)

\* En este caso las ratios se calcularon a la inversa, por resultar valores mucho más explicativos

† Se ha tomado el ancho en la base como el máximo de los élitros, a pesar de que en algunos ejemplares el ancho en el ápice era ligeramente mayor

7. Longitud del cuerpo - ancho de la cabeza (LT/AC)
8. Longitud del cuerpo - longitud del pronoto (LT/LP)
9. Longitud del cuerpo - ancho del pronoto (LT/AP)
10. Longitud del cuerpo - longitud total de las patas anteriores (LT/LPA)
11. Longitud del cuerpo - longitud total de las patas medias (LT/LPM)
12. Longitud del cuerpo - longitud total de las patas posteriores (LT/LPP)
13. Grosor - peso (G/P)
14. Longitud - ancho de la cabeza (LC/AC)
15. Longitud - ancho del pronoto (LP/AP)
16. Longitud - ancho de los élitros (LE/AEB)

### 2.2.3. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Finalizado el proceso de capturas y mediciones, se obtuvo una base de datos con un total de 452 registros, cada uno correspondiente a un ejemplar de *C. welensii*.

Cada registro contiene campos, además de para el sexo, para cada una de las 13 variables morfológicas seleccionadas.

A partir de esta base de datos se generó un archivo para el programa estadístico “SPSS”, mediante el cual se realizaron todos los cálculos y análisis que se describen a continuación.

#### A) Tratamiento y análisis de las variables morfobiométricas

A nivel general, se calcularon los valores medios de cada variable, en toda la población y para machos y hembras, con sus intervalos de confianza y desviación típica.

Las distribuciones de valores obtenidas para cada una de las variables se sometieron a un contraste de normalidad, mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Según este test, todas las variables se distribuyen normalmente, tanto a nivel global como para cada sexo, salvo la longitud de las antenas, cuyos valores tomados globalmente no se ajustan a una distribución normal, aunque sí lo hacen si se divide la muestra según los sexos.

Por tanto, al realizar análisis comparativos entre los sexos, las pruebas estadísticas utilizadas para contrastar los mismos fueron las adecuadas para distribuciones muestrales normales, es decir, de tipo paramétrico.

Para cada carácter se realizaron histogramas de frecuencias para comparar la distribución de valores entre los dos sexos y diagramas de cajas para obtener información sobre el grado de concentración de los valores centrales (la caja recoge los valores situados entre los percentiles 25 y 75, además de la mediana) y sobre el grado de dispersión (intervalo de valores típicos) y de asimetría (se recogen como puntos los valores atípicos de la distribución).

Para establecer si existían diferencias significativas entre sexos para cada una de las variables se utilizaron los siguientes tests para muestras independientes: el test de Levene para la igualdad de varianzas y, posteriormente, el test T para la igualdad de las medias. El resultado del primero determina qué tipo de test T hay que realizar, en función de si las varianzas se pueden considerar iguales o no.



Con estas pruebas se establecieron aquellas variables morfométricas que tienen valores distintos según los sexos.

## **B) Caracterización de los parámetros morfobiométricos**

Se realizaron una serie de pruebas para caracterizar las relaciones existentes entre las variables morfobiométricas estudiadas, tomadas de dos en dos.

Los parámetros definidos se analizaron mediante los siguientes tipos de análisis:

### ***Ratios, correlación y regresión lineal***

La ratio entre cada par de caracteres morfométricos es el valor medio de la razón entre ambos en todos los individuos. Se determinaron ratios generales y por sexo, con el intervalos para la media y la desviación típica en cada caso, para obtener una primera información sobre el grado de dispersión de la muestra.

Sólo en el caso de las antenas se utilizó la longitud del cuerpo como denominador, por obtenerse de este modo unos valores más explicativos.

Se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson para par de valores, ya que se trata de una prueba de correlación simple (correlación bivariada), ideal para distribuciones normales, que valora el grado de relación lineal simple existente entre dos variables cuantitativas. Se considera que la correlación entre dos variables es fuerte cuando  $R > 0,7$ . Entre 0,3 y 0,7 se valora como moderada y si es igual o inferior a 0,3 se considera débil.

Para confirmar el grado de asociación entre cada par de caracteres, diferenciando entre machos y hembras, se realizó un análisis de regresión lineal simple entre cada parámetro seleccionado.

El modelo de regresión aplicado proporciona los siguientes estadísticos: el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), los coeficientes de la recta de regresión y el contraste mediante un test ANOVA.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) informa sobre el grado de ajuste de la ecuación obtenida a los datos de la muestra, pues indica el porcentaje de la varianza que queda explicada por esa correlación.

La recta de regresión representa la tendencia lineal de los puntos del gráfico de dispersión. La ecuación de esta recta define la relación entre ambas variables y es de la forma

$$y = a + bx$$

donde a es el valor de la ordenada en el origen y b la pendiente de la recta.

Estos valores de a y b son los coeficientes que proporciona el modelo y gracias a los cuales la

relación lineal entre los dos caracteres morfométricos comparados se puede cuantificar mediante la fórmula.

El test ANOVA realiza un contraste sobre la existencia de relación lineal significativa entre las dos variables para un nivel de confianza del 99%.

### ***Coefficiente de alometría***

El crecimiento más o menos sincrónico de las diferentes partes del cuerpo puede servir para caracterizar una población y establecer diferencias fenotípicas con otras asentadas en hábitats diferentes, de modo que sea posible adivinar posibles variaciones morfológicas significativas dentro de la especie.

El tipo de relaciones alométricas que se ha estudiado es que se lleva a cabo cuando se trabaja con coleópteros holometabólicos (DAJOZ, 1995), consistente en analizar las diferentes dimensiones de los individuos de una población, que dan una idea muy aproximada de la forma de crecimiento de dichos individuos.

Se ha empleado un método considerado como “alometría estática” (KLINGENBERG, 1996), mediante el cual se pretende establecer relaciones alométricas entre varias estructuras corporales y la longitud del cuerpo, así como entre algunas de las variables obtenidas entre sí. Este tipo de análisis, que KUHR Y MARCUS (1977) definen como “alometría simple”, es suficiente cuando se trabaja con una única especie y sobre una población definida, sin la pretensión de diferenciar grupos de individuos separados geográficamente.

En consecuencia, se utilizó la ecuación alométrica de HUXLEY (1932):

$$y = a \cdot x^b$$

donde  $a$  es una constante para esa relación y  $b$  el denominado “*coeficiente de alometría*” (HUXLEY, 1950).

Esta ecuación puede transformarse en una recta mediante su expresión logarítmica:

$$\log y = \log a + b \cdot \log x$$

Por tanto, la relación entre el crecimiento de dos partes del cuerpo de un ser vivo, o entre una parte y el total, puede ser cuantificada mediante esta ecuación, en la que el valor de  $b$  indica el tipo y grado de alometría que posee un determinado carácter en función de otro tomado como referencia (generalmente la longitud corporal), de manera que:

- $b = 1$  significa la existencia de isometría o crecimiento paralelo.

- $b < 1$  implica alometría negativa, es decir, el carácter cuyo tamaño es “y” crece en menor proporción que aquel con medida “x”.
- $b > 1$  significa alometría positiva, es decir, un crecimiento proporcionalmente mayor del órgano “y” respecto al “x”.

Estos valores son válidos para medidas de longitud. Cuando se compara el peso con una variable longitudinal de referencia, la isometría corresponde a  $b = 3$ , pues el peso es una medida relacionada con el volumen.

Para obtener dicha ecuación se utilizó un modelo de regresión en forma de potencia (power regression), que proporciona los mismos tipos de estadísticos que en el caso de la regresión lineal: el coeficiente de correlación de Pearson (R), el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), los coeficientes de la ecuación de regresión potencial y el contraste mediante un test ANOVA.

Estos coeficientes de la regresión son los valores de a y b, a partir de los cuales se configura la ecuación alométrica.

## **Capítulo III**

# **RESULTADOS**





### 3.1. GRADO DE AFECTACIÓN DEL ARBOLADO DE LAS DEHESAS EXTREMEÑAS POR LARVAS DE *Cerambyx*

A partir del análisis de los datos, se obtuvieron los siguientes resultados, en lo referente al grado de afectación de las quercíneas de las dehesas de Extremadura por larvas de *Cerambyx*.

#### 3.1.1. RESULTADOS DE LOS MUESTREOS DE 1990

##### A) Resultados globales

El 17.98% del total de los árboles examinados mostraban signos externos de haber sufrido ataque por larvas de *Cerambyx*.

Los valores precisos, tanto a nivel general como según la zona del árbol afectada por el insecto, se detallan en la Tabla III.1.

		Total	<i>Q. rotundifolia</i>	<i>Q. suber</i>
% Afectación global	$\bar{x}$	<b>17,9758</b>	<b>18,8946</b>	<b>11,2917</b>
	límites*	16,4486 - 19,5031	17,2110 - 20,5783	8,5274 - 14,0559
	$\sigma$	20,01255	20,68025	12,42127
% Afectación en tronco	$\bar{x}$	15,9466	16,7812	9,8750
	límites*	14,5523 - 17,3409	15,2418 - 18,3206	7,4262 - 12,3238
	$\sigma$	18,27035	18,90850	11,00369
% Afectación en rama	$\bar{x}$	10,4935	10,8247	8,0833
	límites*	9,4274 - 11,5595	9,6555 - 11,9940	5,7621 - 10,4046
	$\sigma$	13,96842	14,36244	10,43060

Tabla III.1. Datos de afectación general en la muestra de 1990. Los límites (\*) corresponden en cada caso al intervalo de confianza (al 95%) para la media.

En lo que respecta al grado de infestación detectado en las diferentes zonas prospectadas, en 66 de los 662 puntos de muestreo (9,97%) se apreciaron daños en al menos la mitad de los árboles prospectados, mientras que en 194 de ellos (29,31%) no se observó daño en ninguna quercínea.

En cuanto a la distribución en el territorio regional de estos puntos con porcentajes de afectación extremos, se puede observar (Fig. 3.1, *iz*) que aquellos en los cuales no se ha detectado ningún árbol con taladros se concentran especialmente en las zonas norte y sureste de la región, concretamente en las áreas montañosas, que han sido muy poco atacadas por el insecto.

Sin embargo, aquellos lugares en los que hay un gran número de árboles dañados (por encima del 50% en cada punto de muestreo) se concentran en gran medida en el suroeste de la región (Fig. 3.1, *de*), zona en la que se detectó el problema por los ganaderos al alcanzar niveles preocupantes.

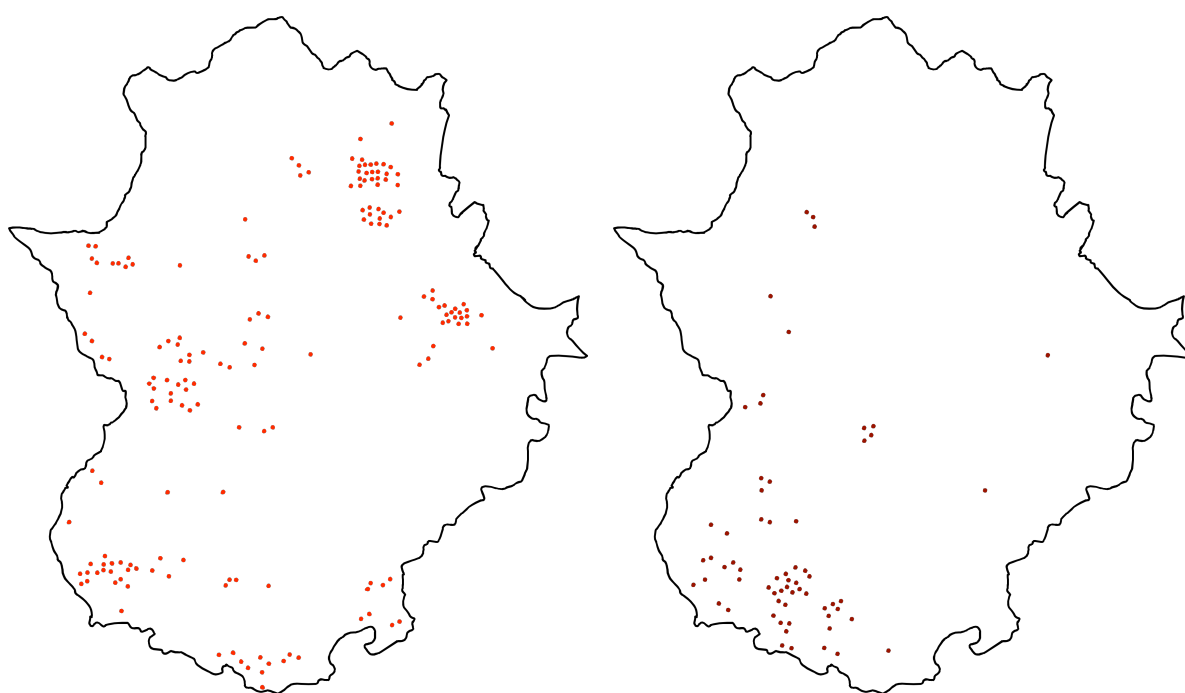


Fig. 3.1. Distribución de los puntos de muestreo sin árboles afectados por *Cerambyx* (*iz*) y con al menos el 50% de individuos dañados (*de*)

## B) Resultados en función de las variables analizadas

Se determinó si aparecían diferencias en cuanto al nivel de afectación en función de las siguientes variables:

---

### *Especie*

---

A nivel global, los daños en las encinas son notablemente superiores que en los alcornoques (Tabla III.1, Fig. 3.2).

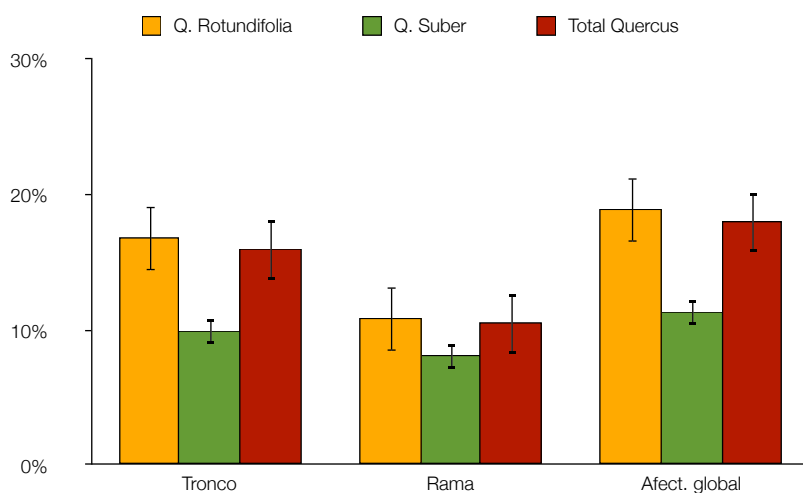


Fig. 3.2. Porcentajes de afectación en 1990 según la especie y en total, a nivel general y según la zona del árbol con daños

Los valores porcentuales de taladros tanto en el tronco como en las ramas también son más elevados en las encinas, aunque a nivel de rama los daños son sensiblemente inferiores en ambos casos y bastante cercanos entre sí.

El test de Kruskal-Wallis determinó que existen diferencias significativas (para  $\alpha = 0.05$ ) entre estas dos especies en cuanto al grado de afectación global ( $\chi^2 = 6,165$ ,  $p = 0,013$ ) y también respecto al grado de afectación en el tronco ( $\chi^2 = 6,341$ ,  $p = 0,012$ ), mientras que no lo son en el caso de las ramas ( $\chi^2 = 0,481$ ,  $p = 0,488$ ), confirmando así la escasa diferencia en porcentajes entre encinas y alcornoques a este nivel.

---

### *Latitud*

---

Los porcentajes generales de árboles con taladros atribuidos a *Cerambyx* sp se incrementan progresivamente desde la franja norte (1,37%) hasta llegar al extremo sur, donde se elevan hasta un 25,50% (Fig. 3.3).



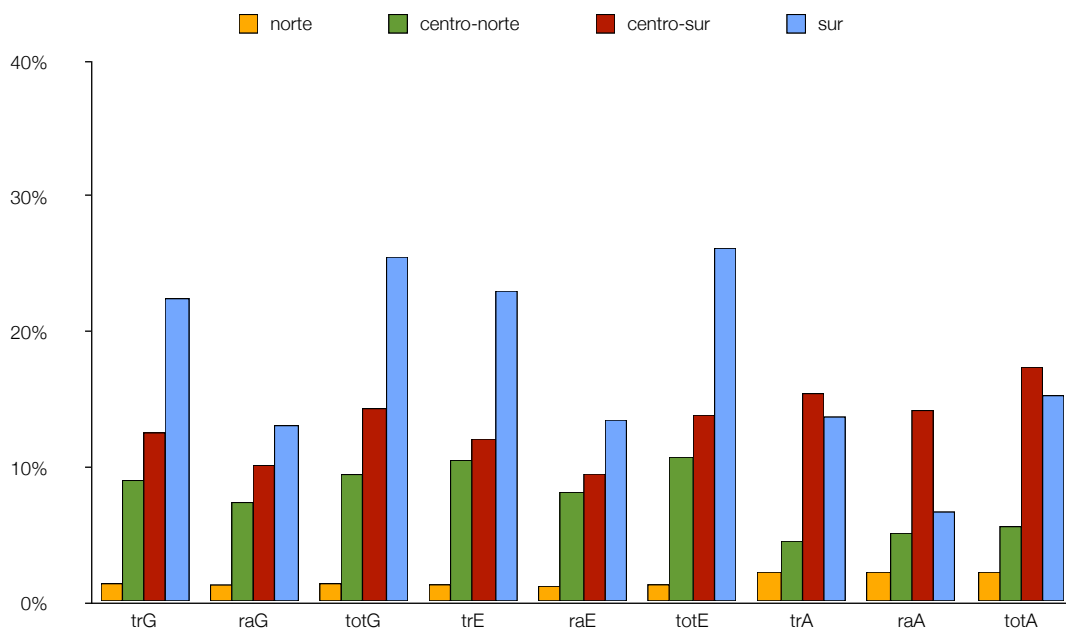


Fig. 3.3. Porcentajes de afectados en 1990 según las franjas latitudinales establecidas en el territorio regional, desglosados en tronco (tr), rama (ra) y en total (tot) y considerados para todos los árboles del género (G), y sólo para encina (E) y alcornoque (A)

Esta tendencia se confirma de igual modo para la afectación en tronco y en ramas, así como también para las encinas en los tres casos, mientras que en alcornoques la zona con mayor incidencia es la centro-sur, tanto a nivel global (17,36%) como en tronco y ramas.

Dividiendo la región en dos zonas, norte y sur, se comprueba la gran diferencia existente entre ambas, con un 7,84% de árboles dañados en la mitad norte y un 21,51% en la sur.

El test de Kruskal-Wallis demostró la existencia de diferencias significativas, para un nivel de confianza  $\alpha = 0.05$ , en cuanto al grado de afectación total ( $\chi^2 = 130,566$ ,  $p = 0,000$ ) y también respecto al grado de afectación en tronco ( $\chi^2 = 121,160$ ,  $p = 0,000$ ) y en ramas ( $\chi^2 = 66,114$ ,  $p = 0,000$ ).

El test de Mann-Whitney (Tabla III.2), al comparar las distintas franjas de latitud dos a dos, indica que los daños son significativamente diferentes en todos los casos, salvo entre las franjas centro-norte y centro-sur, en cuanto a la afectación total. Esto es debido a la pequeña diferencia de afectación entre estos tramos en las encinas, cuyo peso en los totales es muy alto por ser los árboles mayoritarios en el muestreo.

III Resultados

Variable	Pares de intervalos	% afectados tronco		% afectados rama		% afectados total	
		U	p	U	p	U	p
LATITUD	norte/centro-norte	1420,00	0,000*	1503,00	0,000*	1345,50	0,000*
	norte/centro-sur	1263,00	0,000*	1614,50	0,000*	1207,00	0,000*
	norte/sur	1256,50	0,000*	1867,50	0,000*	1148,50	0,000*
	centro-norte/centro-sur	9489,50	0,001*	10646,50	0,001*	9413,00	0,072
	centro-norte/sur	11223,00	0,000*	14638,00	0,000*	10653,50	0,000*
	centro-sur/sur	18557,00	0,000*	21826,50	0,000*	18269,50	0,000*
LONGITUD	oeste/centro	32858,00	0,000*	33218,50	0,000*	32345,50	0,000*
	oeste/este	10402,00	0,000*	11497,50	0,005*	10092,00	0,000*
	centro/este	11146,00	0,394	11696,50	0,866	11159,50	0,406
DENSIDAD	< 10 m/10-20 m	8862,50	0,005*	7578,50	0,000*	8727,50	0,003*
	10-20 m/> 20 m	18800,50	0,063	18221,00	0,022*	18923,50	0,077
	< 10 m/> 20 m	1505,00	0,180	1325,50	0,022*	1508,00	0,186
EDAD (Diámetro del tronco)	< 30 cm/30-50 cm	4928,50	0,000*	5517,000	0,000*	4838,50	0,000*
	30-50 cm/> 50 cm	19656,50	0,000*	18033,00	0,000*	19177,50	0,000*
	< 30 cm/> 50 cm	762,00	0,000*	662,50	0,000*	658,00	0,000*
OROGRAFÍA	Cresta/vaguada	456,00	0,065	501,00	0,162	470,00	0,089
	Cresta/ladera	1887,50	0,853	1801,00	0,601	1925,50	0,964
	Cresta/llano	2166,50	0,073	2407,50	0,222	2241,50	0,108
	Vaguada/ladera	6549,00	0,002*	6347,00	0,000*	6550,50	0,002*
	Vaguada/llano	12746,00	0,933	12419,50	0,662	12670,50	0,869
	Ladera/llano	31055,00	0,000*	30439,00	0,000*	31152,50	0,000*
ALTITUD	< 300 m/300-500 m	28975,00	0,000*	30188,00	0,002*	29719,500	0,001*
	< 300 m/500-700 m	11220,50	0,095	10892,00	0,035*	10871,500	0,038*
	< 300 m/> 700 m	2313,00	0,145	2327,00	0,141	2180,000	0,066
	300-500 m/500-700 m	13782,50	0,220	14445,50	0,579	14494,500	0,617
	300-500 m/> 700 m	2048,50	0,002*	2085,50	0,002*	1959,000	0,001*
	500-700 m/> 700 m	811,00	0,017*	733,50	0,004*	719,000	0,003*
EXPLOTACIÓN	Labor/ganado	10699,00	0,697	10676,50	0,676	10873,00	0,830
	Labor/caza	1313,50	0,000*	1442,50	0,000*	1360,00	0,000*
	Labor/varias	86,50	0,021*	95,50	0,040*	86,50	0,021*
	Ganado/caza	15908,00	0,000*	17036,00	0,000*	16605,00	0,000*
	Ganado/varias	1099,00	0,026*	1130,00	0,029*	1114,00	0,028*
	Caza/varias	415,00	0,913	381,00	0,578	405,00	0,820

Tabla III.2. Valores de U (Mann-Whitney) y p al comparar, dos a dos, los niveles globales de ataque en 1990 entre los intervalos establecidos para cada variable. Los valores de p marcados (\*) corresponden a diferencias significativas para un nivel de confianza  $\alpha = 0,05$ .

### **Longitud**

A nivel global, en la franja oeste es donde se encuentran las mayores proporciones de árboles afectados (Fig. 3.4), tanto en total (20,75%) como en tronco (18,05%) y ramas (12,11%). Esto mismo sucede para las encinas y, sin embargo, no para los alcornoques, que se encuentran más afectados en la zona central de la región.

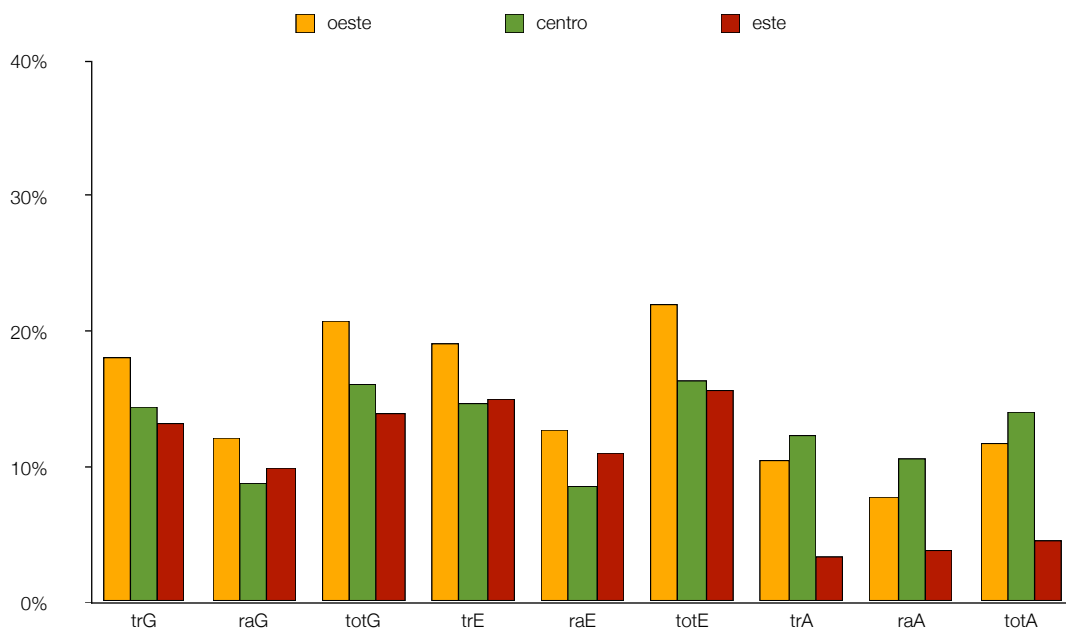


Fig. 3.4. Porcentajes de afectados en 1990 según las franjas longitudinales establecidas en el territorio regional, desglosados en tronco (tr), rama (ra) y en total (tot) y considerados para todos los árboles del género (G), y sólo para encina (E) y alcornoque (A)

El test de Kruskal-Wallis reveló la existencia de diferencias significativas para esta variable tanto para el grado de afectación global ( $\chi^2 = 26,170$ ,  $p = 0,000$ ) como en tronco ( $\chi^2 = 22,881$ ,  $p = 0,000$ ) y en ramas ( $\chi^2 = 17,241$ ,  $p = 0,000$ ).

Al comparar las distintas franjas de longitud entre sí, mediante el test de Mann-Whitney, se determinó los valores de afectación entre la zona oeste y las demás se pueden considerar diferentes a todos los niveles con un grado de confianza del 95% (Tabla III.2), mientras que entre el centro y el este no existen diferencias significativas en ninguno de los casos (tronco, rama y global).

Representando los porcentajes medios de afectación (a nivel global) en las cuadrículas geográficas establecidas (Fig. 3.5), se puede observar una clara polarización de la incidencia del problema hacia la mitad sur de la región, al tiempo que no se producen diferencias evidentes en función de la longitud.

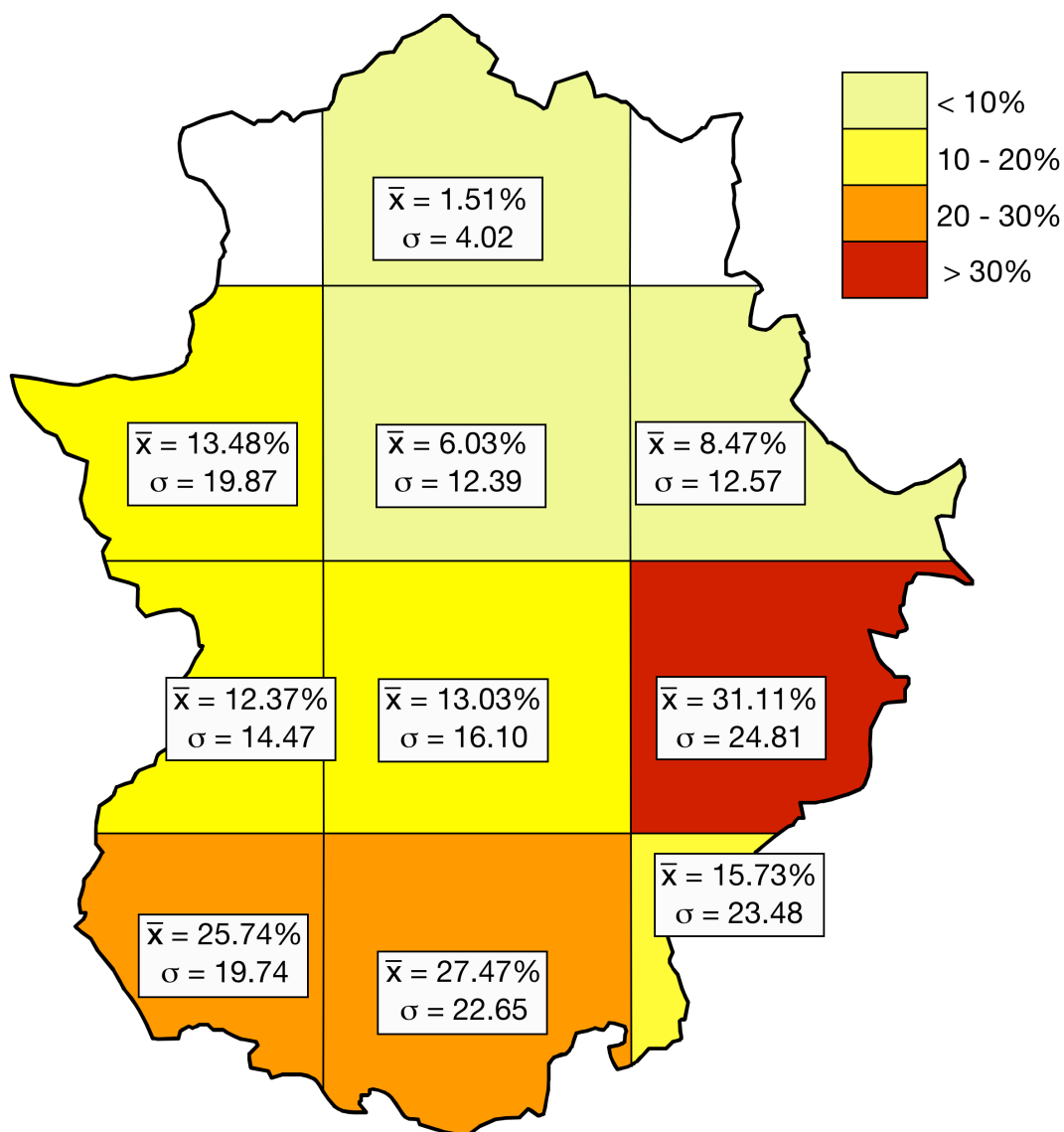


Fig. 3.5. Porcentajes globales de afectación en 1990 según las cuadrículas geográficas establecidas en el territorio regional

La zona centro-sur/este presenta los más altos índices de afectación. Sin embargo su peso en el total no es muy significativo, ya que en ella el número de puntos de muestreo prospectados es relativamente pequeño en relación a la zona oeste.

---

### ***Densidad de población***

---

De forma general, las zonas con una mayor densidad de arbolado presentan mayores índices de afectación a todos los niveles (Fig. 3.6).

Sin embargo, en contra de lo que parecía lógico esperar, los puntos con menores daños en los árboles son las de densidad intermedia (10-20 m. de distancia media), algo que sucede en todos los

casos, encontrándose más afectadas las zonas con menor densidad e incluso dándose el caso de que en alcornoques, a nivel global, son las zonas con los árboles más distantes las que presentan mayores niveles de ataque.

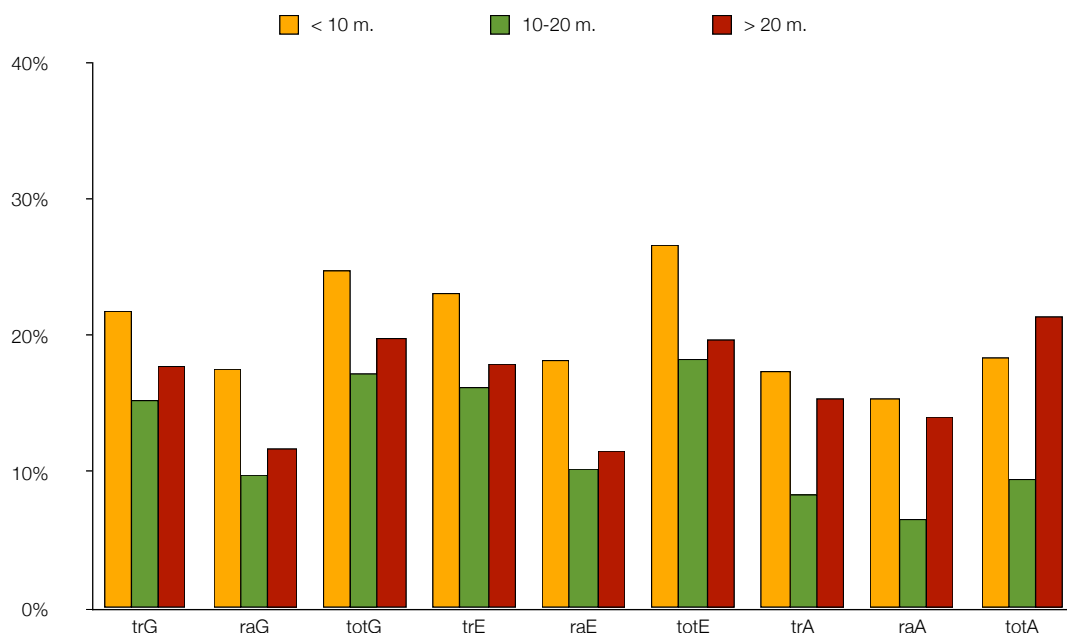


Fig. 3.6. Porcentajes de afectados en 1990 según la densidad de población (expresada como distancia media entre árboles) de los puntos de muestreo, desglosados en tronco (tr), rama (ra) y en total (tot) y considerados para todos los árboles del género (G), y sólo para encina (E) y alcornoque (A)

El test de Kruskal-Wallis puso de manifiesto diferencias significativas en los tres casos: afectados en total ( $\chi^2 = 10,843$ ,  $p = 0,004$ ), en tronco ( $\chi^2 = 10,532$ ,  $p = 0,005$ ) y en rama ( $\chi^2 = 20,688$ ,  $p = 0,000$ ).

El test de Mann-Whitney (Tabla III.2) demuestra que existe una clara tendencia a variar de modo significativo el grado de afectación en las ramas cuando cambia la densidad de población del arbolado. Sin embargo, sólo se producen diferencias significativas para el tronco y a nivel general cuando se comparan los tramos de densidad alta e intermedia.

---

### ***Edad de los árboles***

---

Las zonas con árboles más viejos, es decir, de mayor grosor de tronco, presentan mayores índices de ataque por larvas de *Cerambyx*.

Tanto a nivel general, como para cada una de las dos especies estudiadas (Fig. 3.7) se aprecian incrementos muy importantes en el nivel de infestación a medida que es mayor el diámetro de los troncos, lo que se traduce en que las zonas con quercíneas más viejas se encuentran mucho más afectadas que aquellas en que los árboles son más jóvenes.

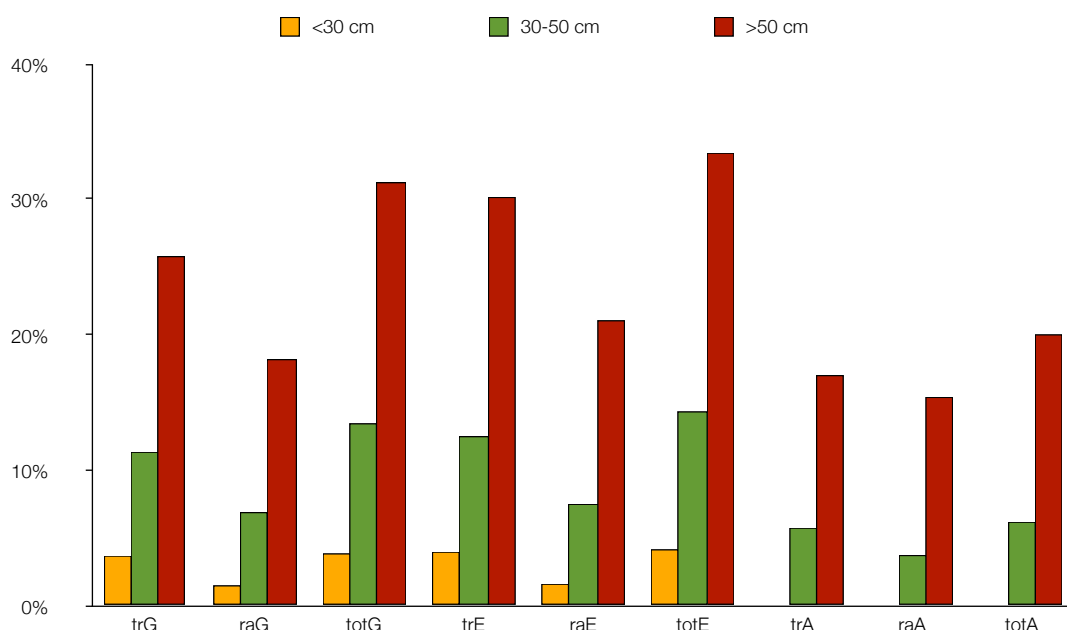


Fig. 3.7. Porcentajes de afectados en 1990 según el diámetro medio de los troncos en cada punto de muestreo, desglosados en tronco (tr), rama (ra) y en total (tot) y considerados para todos los árboles del género (G), y sólo para encina (E) y alcornoque (A)

Aplicado el test de Kruskal-Wallis a los datos comparados de grosor del tronco y nivel de daños en los árboles, se confirmó la existencia de diferencias claramente significativas entre los intervalos de diámetro del tronco establecidos (< 30 cm, 30-50 cm y > 50 cm), tanto para el grado de afectación global ( $\chi^2 = 149,857$ ,  $p = 0,000$ ), como para la afectación en tronco ( $\chi^2 = 143,464$ ,  $p = 0,000$ ) y también en las ramas ( $\chi^2 = 162,512$ ,  $p = 0,000$ ).

Los resultados del test de Mann-Whitney (Tabla III.2) manifiestan la existencia de diferencias significativas para el porcentaje de árboles afectados entre todos los intervalos de diámetro de tronco, tanto globalmente, como para los daños en tronco y en rama, confirmando lo que ya se apunta en el gráfico anterior.

---

### ***Orografía del terreno***

---

De modo general, en las zonas de llano y vaguada es donde se encuentran los mayores porcentajes de árboles taladrados (Fig. 3.8). Esto mismo ocurre para *Q. rotundifolia*, aunque no para *Q. suber*, que en las zonas de llano es donde menos afectados se observan los árboles.

En todos los casos considerados, el menor nivel de daños en los árboles se encuentra siempre en los puntos de muestreo situados en crestas, salvo en los alcornoques, a nivel de rama y en total, que se ven aún menos afectados los que se sitúan en laderas.

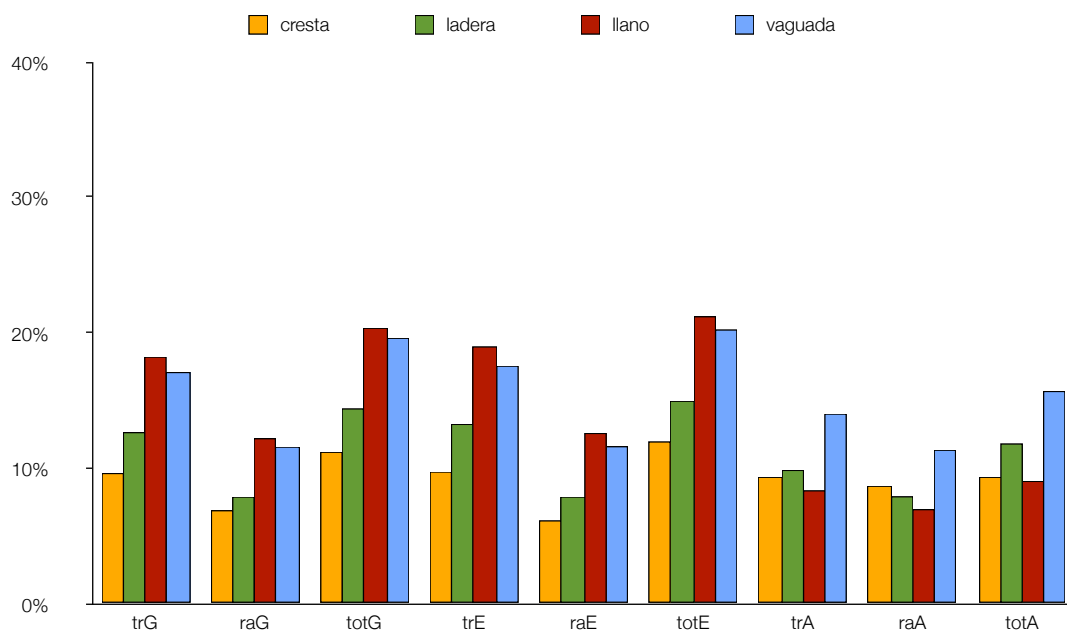


Fig. 3.8. Porcentajes de afectados en 1990 según la orografía del terreno en cada punto de muestreo, desglosados en tronco (tr), rama (ra) y en total (tot) y considerados para todos los árboles del género (G), y sólo para encina (E) y alcornoque (A)

El test de Kruskal-Wallis reveló la existencia de diferencias significativas en los tres niveles de afectación estudiados: afectación global ( $\chi^2 = 20,808$ ,  $p = 0,000$ ), en tronco ( $\chi^2 = 21,690$ ,  $p = 0,000$ ) y en rama ( $\chi^2 = 24,906$ ,  $p = 0,000$ ).

El test de Mann-Whitney (Tabla III.2) pone de manifiesto que solamente existen diferencias estadísticamente consistentes entre las zonas de ladera y vaguada y las de ladera y llano, tanto en total como en tronco y en rama. La prueba no manifiesta diferencias significativas entre los puntos situados en crestas y el resto debido a que en alcornoques no existen apenas diferencias entre zonas, destacando solamente una mayor incidencia en las vaguadas.

---

### *Altitud*

---

Los mayores índices de afectación por *Cerambyx* se localizan en las zonas de altitud media, concretamente entre los 300 y 500 m. (Fig. 3.9), mientras que por encima de los 700 m. se encuentran muy pocos árboles con taladros. Estos datos se repiten en todos los casos, tanto en ambas especies, como en las partes del árbol afectadas.

El test de Kruskal-Wallis puso de manifiesto la existencia de diferencias significativas para los tres niveles de afectación estudiados: global ( $\chi^2 = 19,950$ ,  $p = 0,000$ ), en tronco ( $\chi^2 = 20,662$ ,  $p =$

0,000) y en rama ( $\chi^2 = 17,536$ ,  $p = 0,001$ ).

Mientras que las encinas de las zonas extremas resultan ser siempre las menos afectadas, los alcornoques situados por debajo de los 300 m. de altitud se encuentran bastante dañados, sólo menos que los de zonas más altas.

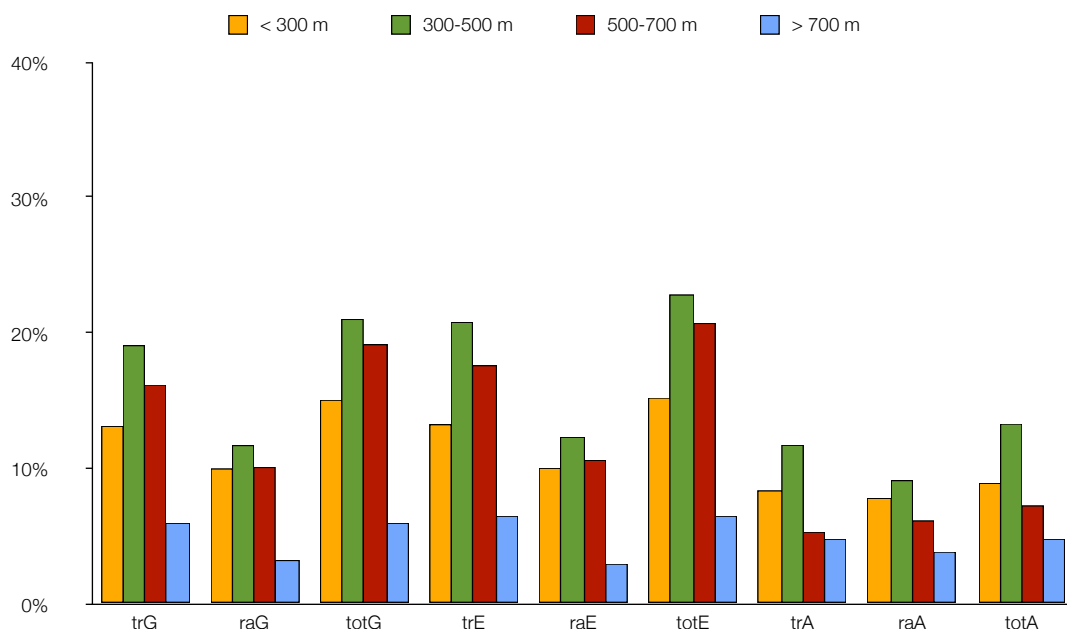


Fig. 3.9. Porcentajes de afectados en 1990 según la altitud del terreno en cada punto de muestreo, desglosados en tronco (tr), rama (ra) y en total (tot) y considerados para todos los árboles del género (G), y sólo para encina (E) y alcornoque (A)

El test de Mann-Whitney (Tabla III.2) revela la existencia de diferencias significativas entre los valores de las zonas más afectadas (de altitud entre 300 y 500 m.) y los de las situadas en los extremos, no manifestando una desigualdad apreciable con los de los puntos situados a 500-700 m., que también se encuentran bastante afectados. Por esta razón, los daños en esta zona también son significativamente distintos de los existentes en las partes más elevadas.

### *Tipo de explotación*

A nivel general, las zonas con ganado son las que se encuentran más afectadas (Fig. 3.10), seguidas de las dedicadas a labor.

En las encinas se observa la misma tendencia, con la excepción de la afectación en rama, que es ligeramente superior en los terrenos de labor.

De nuevo los puntos con alcornoques se comportan de forma diferente, siendo las zonas dedicadas a caza las que presentan más cantidad de árboles dañados (sin embargo, en estos los taladros



en rama son mucho menos frecuentes).

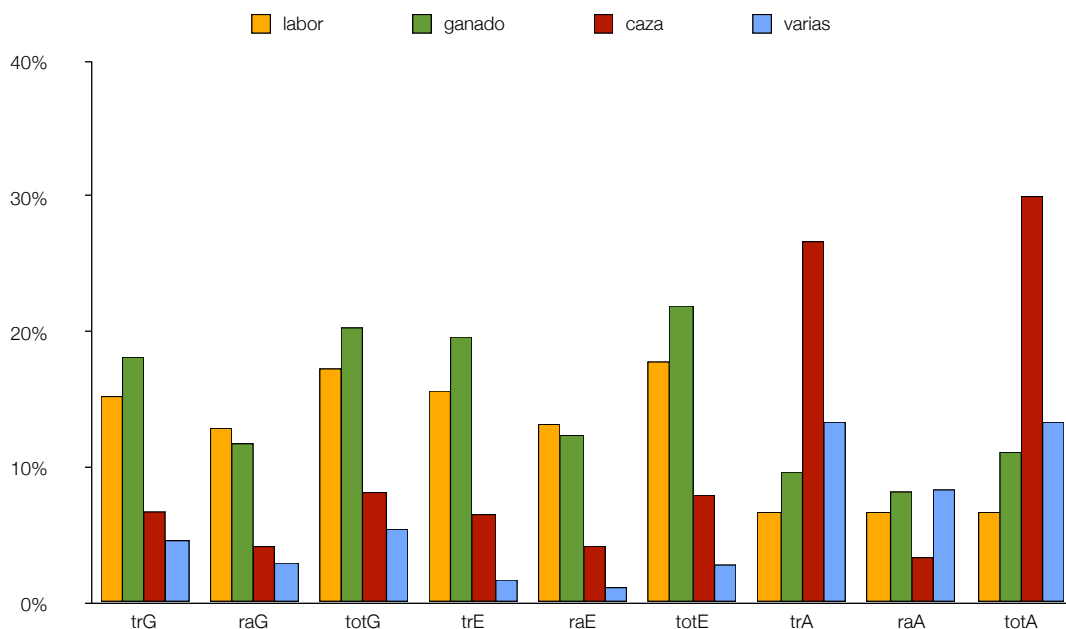


Fig. 3.10. Porcentajes de afectados en 1990 según el tipo de explotación a que se encontraba sometido el terreno en cada punto de muestreo, desglosados en tronco (tr), rama (ra) y en total (tot) y considerados para todos los árboles del género (G), y sólo para encina (E) y alcornoque (A)

El test de Kruskal-Wallis reveló la existencia de diferencias significativas en los tres niveles de afectación estudiados: global ( $\chi^2 = 43,497$ ,  $p = 0,000$ ), en tronco ( $\chi^2 = 49,358$ ,  $p = 0,000$ ) y en rama ( $\chi^2 = 41,425$ ,  $p = 0,000$ ).

Aplicado el test de Mann-Whitney (Tabla III.2), se manifestaron las diferencias existentes entre tipos de explotación, confirmándose, a nivel general, lo expuesto antes, de manera que son las zonas dedicadas a labor y ganado las que manifiestan diferencias significativas con el resto en todos los casos.

### C) Análisis de componentes principales

El análisis multivariante de las variables estudiadas, utilizando la técnica de los componentes principales, confronta las variables diámetro, longitud, latitud, altitud, explotación, densidad, orografía, % de afectados en tronco y % de afectados en rama.

La matriz de correlaciones (Tabla III.3) muestra una escasa relación entre las distintas variables. Solamente los niveles de afectación en tronco y rama están fuertemente correlacionados y existe una cierta relación entre la afectación de los árboles y el diámetro y la latitud.

	Diámetro	Longitud	Latitud	Altitud	Explotac	Densidad	Topograf	% afect tronco	% afect rama
Diámetro	1,000	-0,079	0,113	0,027	-0,231	0,083	0,093	0,425	0,437
Longitud	-0,079	1,000	-0,314	0,310	0,088	0,120	0,018	-0,106	-0,086
Latitud	0,113	-0,314	1,000	0,205	0,041	-0,106	-0,036	0,356	0,217
Altitud	0,027	0,310	0,205	1,000	0,049	-0,157	-0,085	0,027	-0,033
Explotac	-0,231	0,088	0,041	0,049	1,000	-0,036	-0,017	-0,183	-0,190
Densidad	0,083	0,120	-0,106	-0,157	-0,036	1,000	0,101	-0,022	-0,054
Topograf	0,093	0,018	-0,036	-0,085	-0,017	0,101	1,000	0,098	0,087
% afect tronco	0,425	-0,106	0,356	0,027	-0,183	-0,022	0,098	1,000	0,766
% afect rama	0,437	-0,086	0,217	-0,033	-0,190	-0,054	0,087	0,766	1,000

Tabla III.3. Matriz de correlaciones entre las variables del muestreo de 1990.

El valor del determinante de dicha matriz (0,164) confirma que existen correlaciones importantes entre algunas variables. El valor del estadístico KMO (0,567), sin ser muy elevado, permite afirmar que el proceso de reducción es adecuado, aunque no excesivamente preciso.

El test de Bartlett rechaza la hipótesis nula ( $p = 0,000$ ), por lo que confirma la existencia de correlaciones significativas entre las variables.

Los residuos de la matriz de correlaciones reproducida son bastante cercanos a cero en su mayoría, aunque se observan algunos valores elevados que perjudican la bondad del modelo. A pesar de ello, se puede considerar que el nivel de ajuste es aceptable.

Las comunalidades de las variables en la solución factorial (tabla, V.4) confirman lo ya indicado sobre la precisión del modelo. Se deduce que la densidad de población no está suficientemente explicada por el modelo (se reproduce

Variables	Comunalidades
Diámetro	0,532
Longitud	0,820
Latitud	0,683
Altitud	0,769
Explotación	0,661
Densidad	0,441
Orografía	0,617
% afectados tronco	0,793
% afectados rama	0,740

Tabla III.4. Comunalidades de las variables, que indican el porcentaje de la variabilidad de cada una que es capaz de explicar el modelo aplicado en 1990.

sólo el 44.1% de su variabilidad) y el diámetro del tronco, siendo aceptable, se encuentra en el límite (53,2%).

En la matriz anti-imagen (tabla, V.5), se resaltan los valores de covarianza al enfrentar cada variable consigo misma (en diagonal).

	Diámetro	Longitud	Latitud	Altitud	Explotac	Densidad	Orograf	% afect tronco	% afect rama
Diámetro	0,751	0,056	0,027	-0,068	0,123	-0,102	-0,043	-0,071	-0,104
Longitud	0,056	0,720	0,277	-0,315	-0,080	-0,139	-0,023	-0,018	-0,013
Latitud	0,027	0,277	0,688	-0,230	-0,101	-0,002	0,030	-0,146	0,029
Altitud	-0,068	-0,315	-0,230	0,756	0,010	0,166	0,059	-0,003	0,047
Explotac	0,123	-0,080	-0,101	0,010	0,915	0,027	-0,019	0,040	0,024
Densidad	-0,102	-0,139	-0,002	0,166	0,027	0,916	-0,072	-0,020	0,062
Orograf	-0,043	-0,023	0,030	0,059	-0,019	-0,072	0,969	-0,034	-0,003
% af tronco	-0,071	-0,018	-0,146	-0,003	0,040	-0,020	-0,034	0,363	-0,261
% af rama	-0,104	-0,013	0,029	0,047	0,024	0,062	-0,003	-0,261	0,389

Tabla III.5. Matriz de covarianzas anti-imagen entre las variables del muestreo de 1990. Los valores resaltados indican el grado de individualidad de cada variable

Estos valores elevados indican que, salvo los porcentajes de afectación, las variables comparten muy poca información entre sí, destacando de forma especial la orografía, densidad y explotación, por lo que hemos de suponer que tienen muy escasa influencia en la afectación de los árboles.

Se realizó una extracción de 4 factores, con los que se explica el 67,304% de la varianza, un valor que confirma lo indicado antes: el modelo no es muy preciso, pero se considera aceptable para una muestra con la complejidad típica de los sistemas naturales.

Los valores de carga de las variables en la matriz de componentes principales se muestran en la Tabla III.6.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Diámetro	0,660	-0,203	0,206	-0,113
Longitud	-0,291	-0,044	0,857	-0,004
Latitud	0,470	0,561	-0,253	0,288
Altitud	-0,002	0,628	0,612	-0,011
Explotación	-0,350	0,324	-0,027	0,658
Densidad	-0,049	-0,599	0,181	0,219
Orografía	0,145	-0,409	0,113	0,646
% afectados tronco	0,877	0,043	0,120	0,087
% afectados rama	0,849	-0,042	0,131	0,010

Tabla III.6. Matriz de los componentes principales extraídos a partir de los datos de 1990, con la carga de cada una de las variables por componente.

En función de dichos valores, se pueden definir los componentes como sigue:

- En el CP 1 intervienen como factores de carga esenciales los niveles de afectación en tronco y rama, así como el diámetro del tronco (que indica la edad del árbol) y también, aunque en menor medida, la latitud.
- El CP 2 está definido fundamentalmente por latitud y altitud, aunque la explotación también tiene un cierto peso.
- El CP 3 resulta de la combinación de longitud y altitud. Otras variables, especialmente la edad de los árboles y la densidad, aunque tienen valor positivo, no es elevado y al tratarse del tercer componente, el porcentaje de la varianza que explican es muy reducido.
- El CP 4 engloba la explotación y la orografía, con una ligera influencia de la densidad.

En los gráficos de saturaciones factoriales (Fig. 3.11), donde se enfrentan los componentes principales 1 al 3 de dos en dos, se confirma gráficamente que los niveles de afectación de los árboles, tanto en tronco como en rama, forman un grupo diferenciado junto con la edad de los árboles, más evidente al enfrentar los CP 1-3 y 2-3, pues en el gráfico de CP 1-2 la edad se aleja un poco de los niveles de afectación (aunque podría considerarse que forma parte del grupo). La latitud tiene una saturación positiva elevada en el CP 1, pero no llega a agruparse con las variables anteriores.

En los mismos gráficos se observa que las variables longitud y altitud no se asocian con otras y, además, no tienen efecto de conjunto sobre el grado de afectación de los árboles, ya que su influencia queda enmascarada por las otras.

La orografía y la densidad se sitúan en la parte positiva del CP 1 y negativa del CP 2 y se encuentran muy próximas en el gráfico CP 1-2 y claramente agrupadas en los otros dos, lo que podría explicar la influencia de cada una sobre los daños en el arbolado, descritas antes.

La explotación llega a asociarse con las variables de la afectación y la edad en el gráfico CP 2-3, lo que justificaría su influencia en el problema.

Las representaciones de las puntuaciones factoriales para estas variables en cada punto de muestreo (figs. 5.12 a 5.20) complementan esta información básica reflejando el peso de las variables en cada componente principal en la distribución de los puntos.

En los gráficos que enfrentan a los CP 1 y 2 se confirma la estrecha relación entre los grados de afectación y la edad de los árboles, ya que al representar los porcentajes de afectación en tronco (Fig. 3.12), en rama (Fig. 3.13) sobre los puntos de muestreo se aprecia una evidente graduación, de manera que los menos afectados se encuentran desplazados hacia la izquierda y los de mayor incidencia hacia la derecha. Una cierta mayor concentración de puntos sin árboles afectados en la zona negativa del CP 2 parece manifestar la influencia de la latitud, pues este sector se corresponde con la zona norte del

territorio, que es donde existen menos daños.

Las mismas representaciones, enfrentando CP1 y 3 (figs. 5.14 y 5.15), muestran el mismo patrón, aunque con una cierta rotación de los puntos en sentido horario al cambiar la influencia de la latitud y longitud, pero de forma poco evidente.

Los gráficos de dispersión correspondientes a la edad de los árboles (figs. 5.16 y 5.17) manifiestan la misma tendencia (también con una cierta rotación), de modo que se constata su estrecha relación con la presencia de daños.

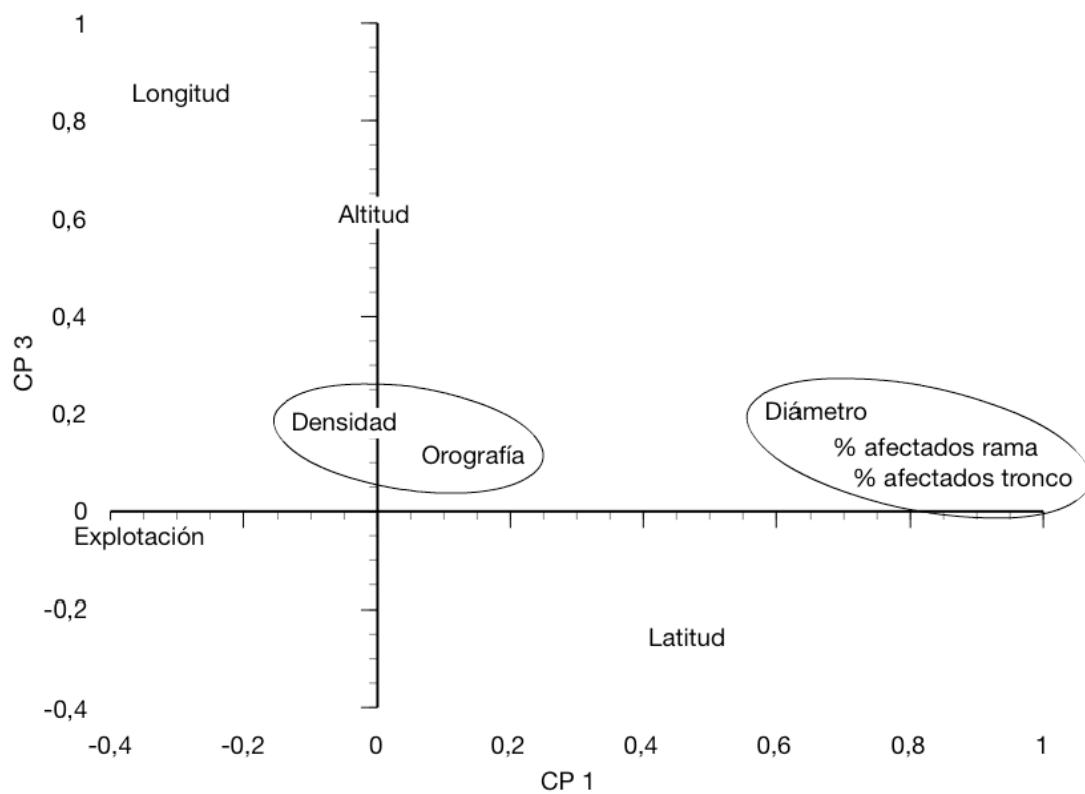
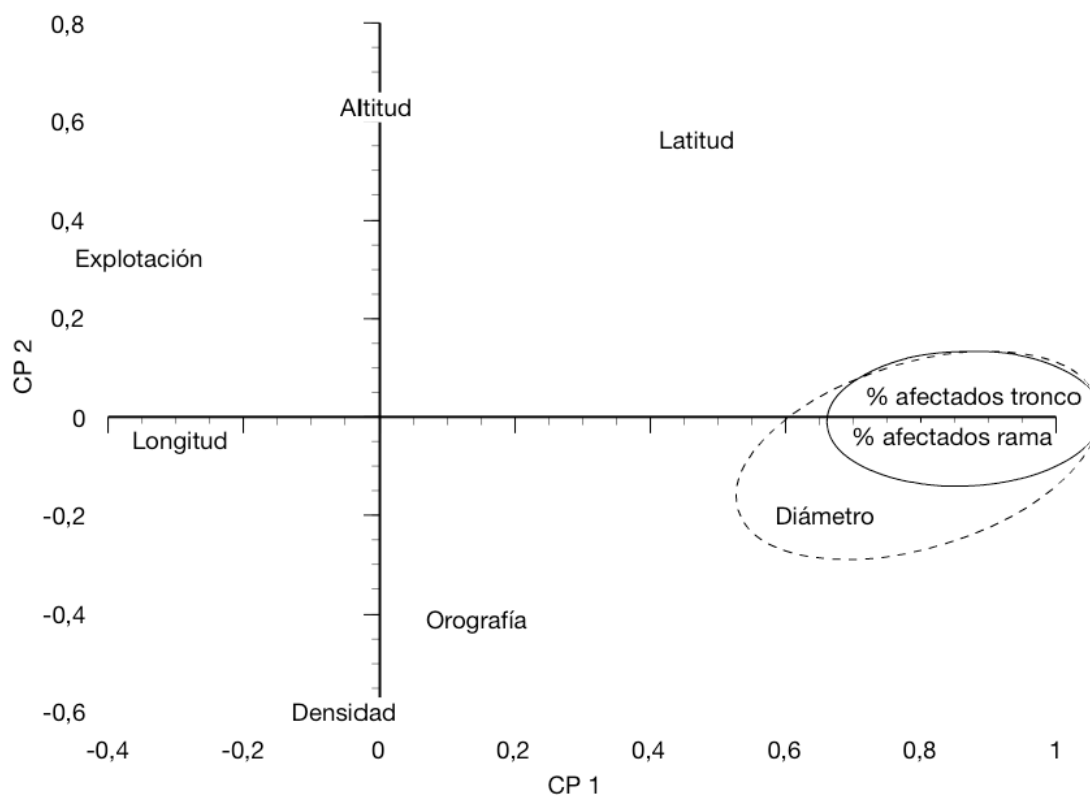
La altitud no muestra relevancia sobre los daños, tanto al enfrentar los componentes 1 y 2 (Fig. 3.18) como el 1 y el 3 (Fig. 3.19). Al tener un peso importante en el componente 2, en el primer caso se diferencia claramente una franja, en la parte negativa del CP 2, que delimita los puntos situados en zonas más bajas y, aunque de forma menos nítida, en la zona más positiva del mismo componente, se sitúan una buena parte de los puntos situados a mayor altitud, encontrándose más mezclados los de las zonas intermedias. En el gráfico CP 1-3 se aprecia una cierta relación con la afectación, en cuanto a los puntos situados en las zonas más altas, pues se sitúan casi todos en la parte negativa del eje de abscisas. En la Fig. 3.9 se muestra esta tendencia, así como la que indica que en las zonas más bajas también es menor la afectación, algo que igualmente se manifiesta en el gráfico de puntos, con una mayor concentración de los situados a menos de 300 m. de altitud en la zona del gráfico que indica baja afectación.

La influencia de la latitud en los componentes 1 y 2 se manifiesta (Fig. 3.20) en la situación de los puntos de la zona norte en la parte negativa del CP1, mientras que una buena parte de los de la sur se adentran en la parte positiva del mismo eje, lo que reafirma lo mostrado en el mapa de la Fig. 3.5, donde se aprecia que existe una evidente diferencia de afectación entre los extremos norte y sur de la región y una mayor homogeneidad general en el resto. donde se observa que no existe una zonificación según esta variable

En el gráfico que representa la explotación (Fig. 3.21), a pesar de la gran preponderancia de la ganadería, se observa una concentración hacia la izquierda de los puntos dedicados a caza y a varios usos, coincidiendo con el sector de baja afectación, algo que confirma lo mostrado en la Fig. 3.10.

La representación de la longitud entre los componentes 1 y 3 (Fig. 3.22) no muestra tendencias claramente definidas, a pesar de la fuerte carga de esta variable en el componente 3, ya que existen áreas con alto nivel de afectación en las tres franjas. Solamente es posible apreciar una cierta mayor concentración de puntos poco afectados en el este de la región, aunque la existencia de una cuadrícula con árboles muy afectados en esta zona (como ya se observa en el mapa de la figura 5.5) diluye esta tendencia.

Fig. 3.11. Gráficos de saturaciones factoriales, que representan las cargas de las variables de 1990, tomando los componentes principales dos a dos



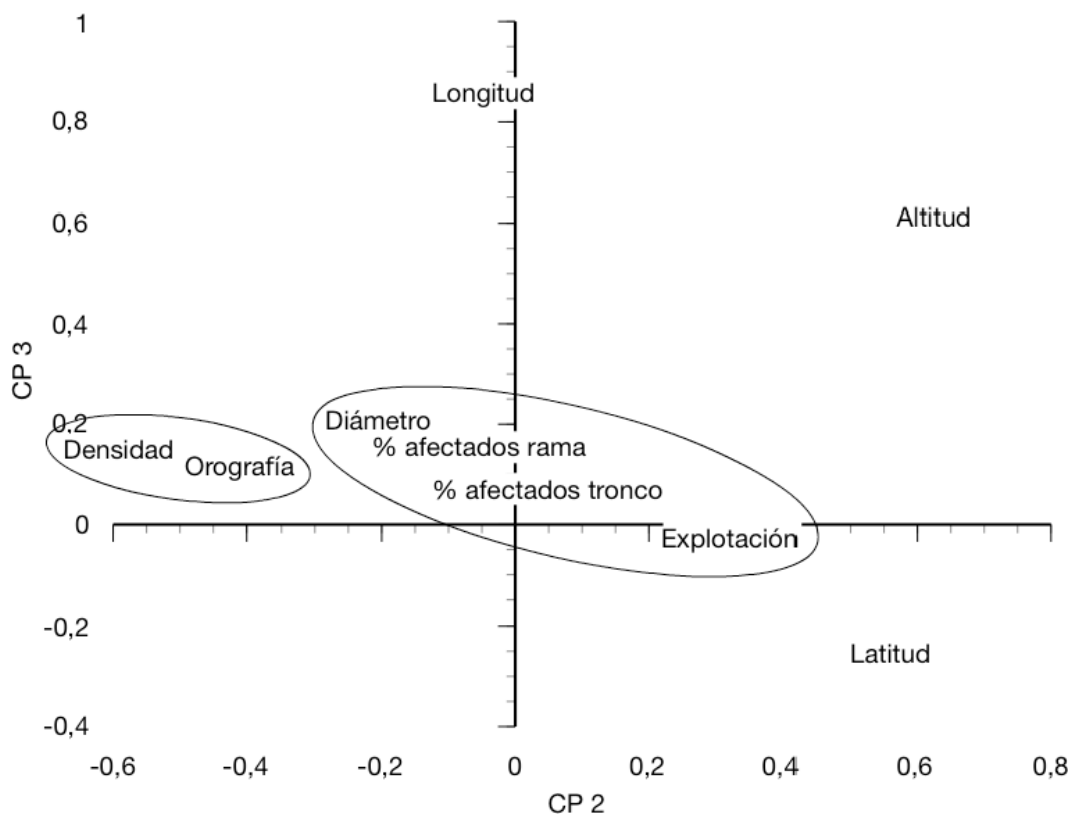


Fig. 3.12 a 5.22. Gráficos de dispersión de las puntuaciones factoriales de los componentes principales en cada punto de muestreo de 1990, tomados dos a dos. La distribución de los puntos representa las puntuaciones y en cada gráfico los colores indican los valores de la variable representada

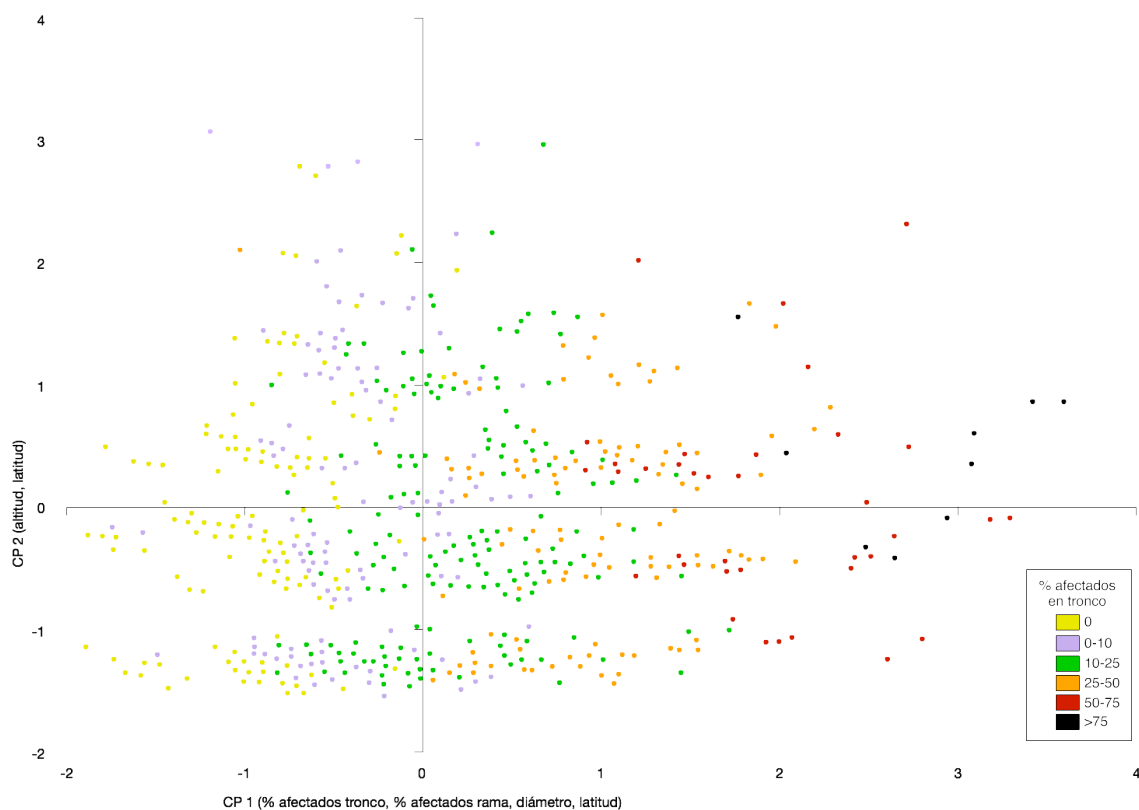


Fig. 3.12. Porcentaje de afectación en tronco (CP1-CP2).

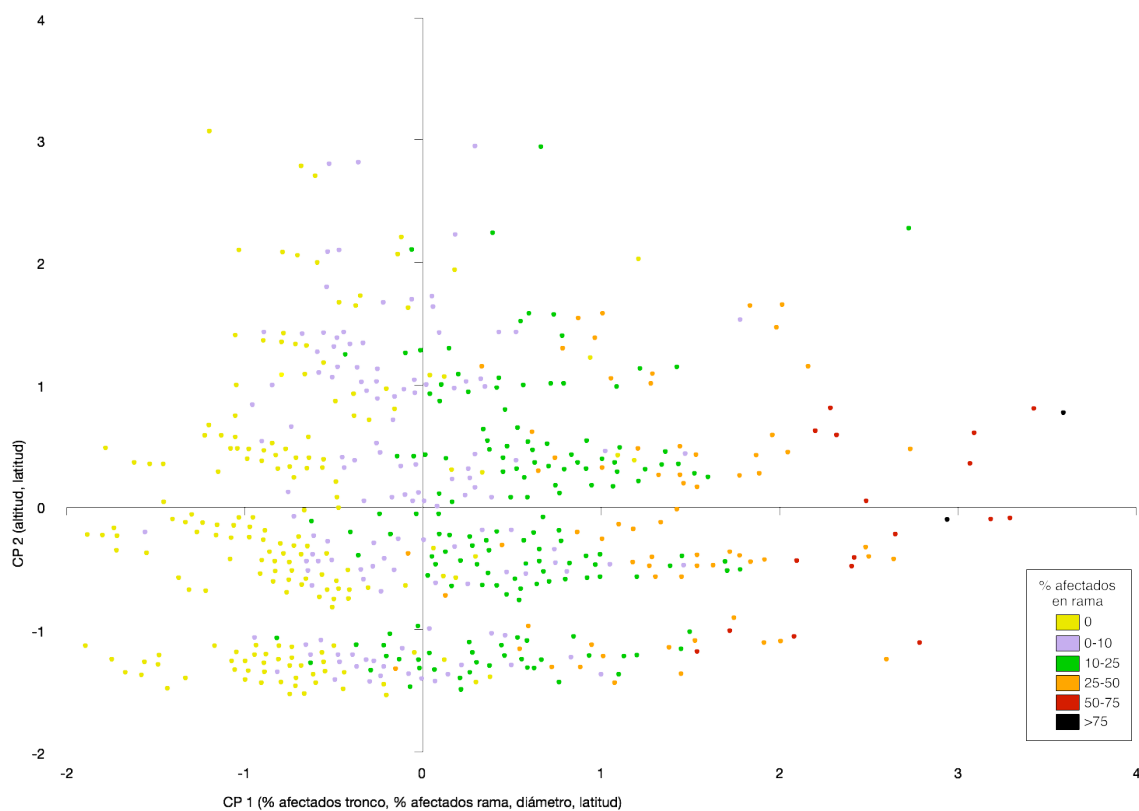


Fig. 3.13. Porcentaje de afectación en rama (CP1-CP2).



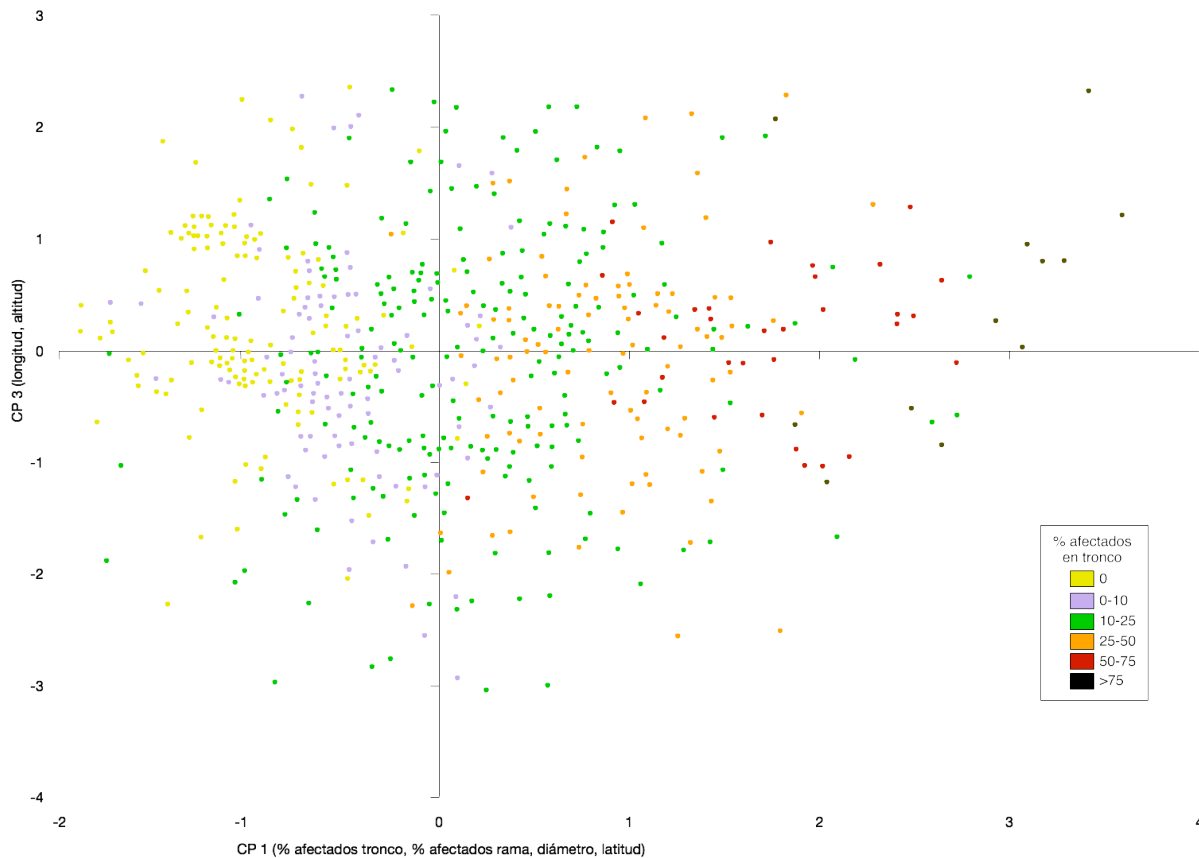


Fig. 3.14. Porcentaje de afectación en tronco (CP1-CP3).

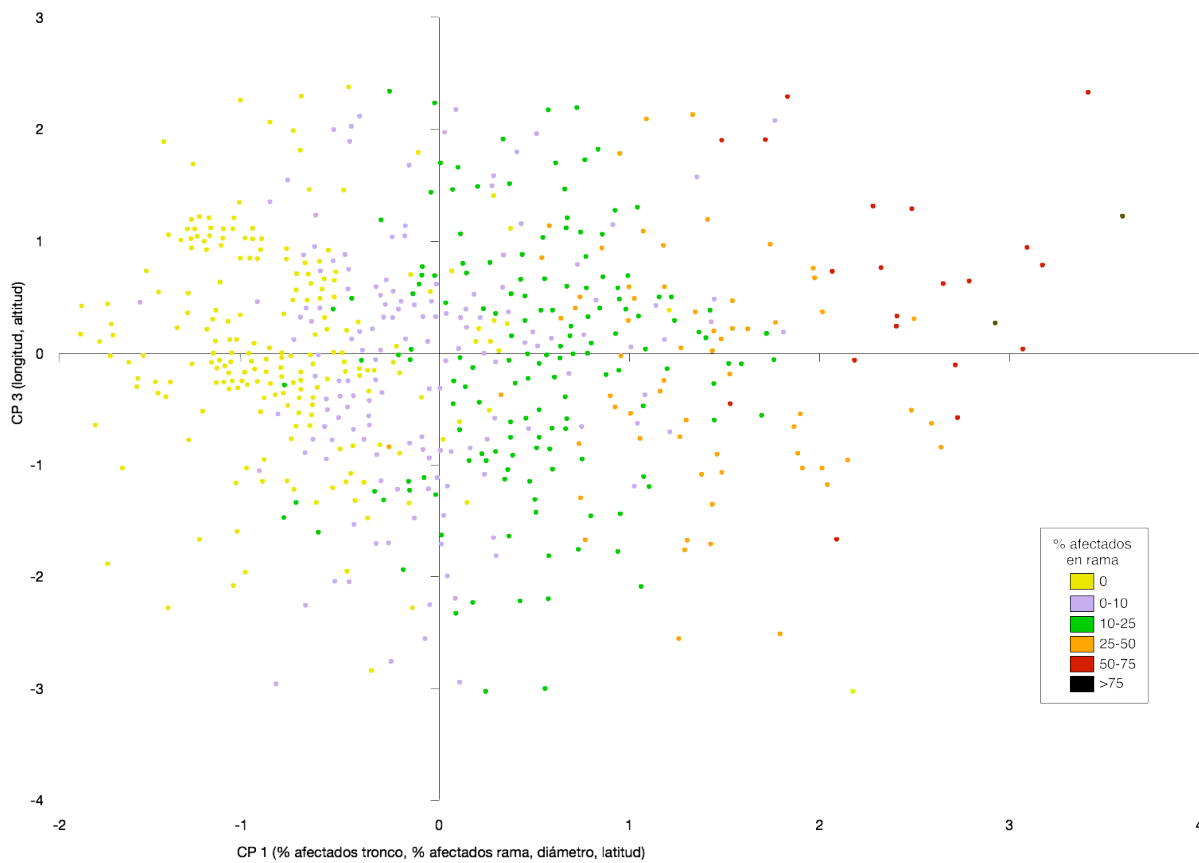


Fig. 3.15. Porcentaje de afectación en rama (CP1-CP3).

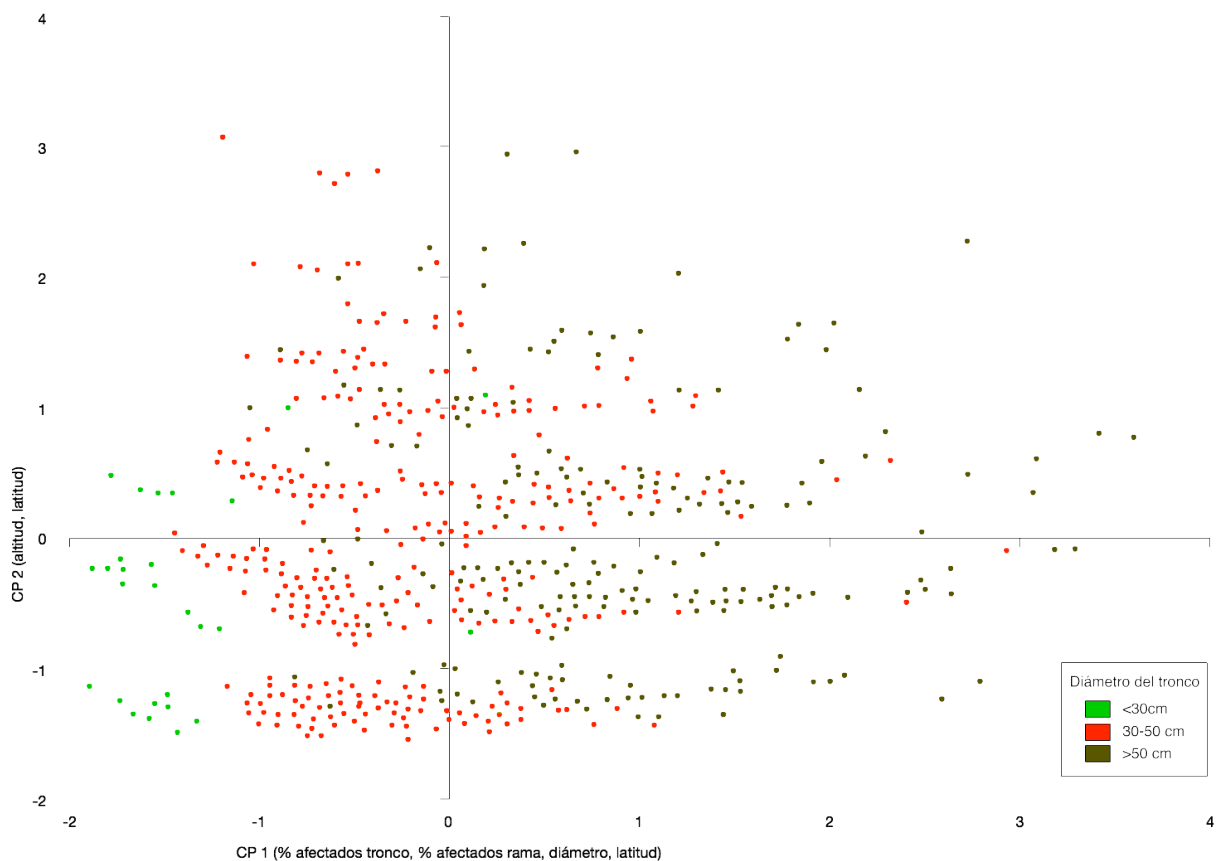


Fig. 3.16. Diámetro del tronco (edad de los árboles) (CP1-CP2).

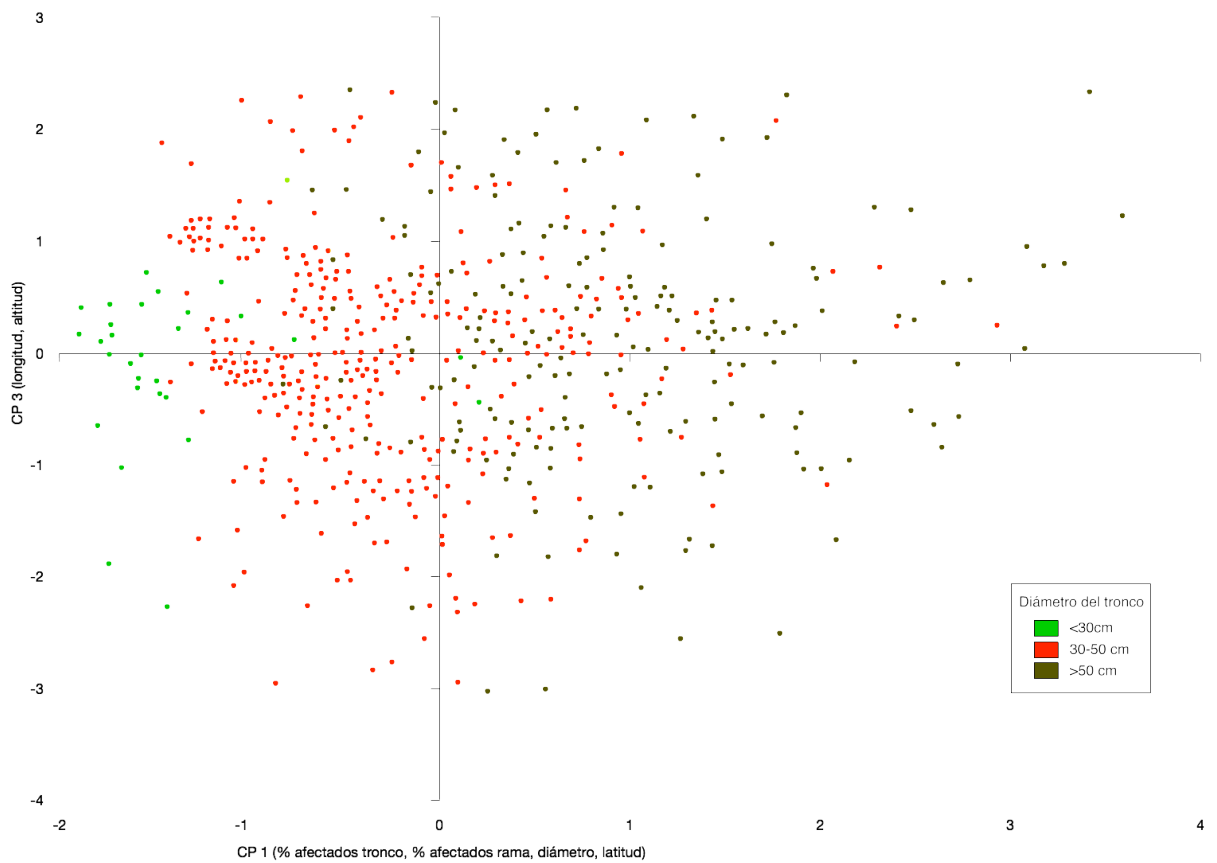


Fig. 3.17. Diámetro del tronco (edad de los árboles) (CP1-CP3).

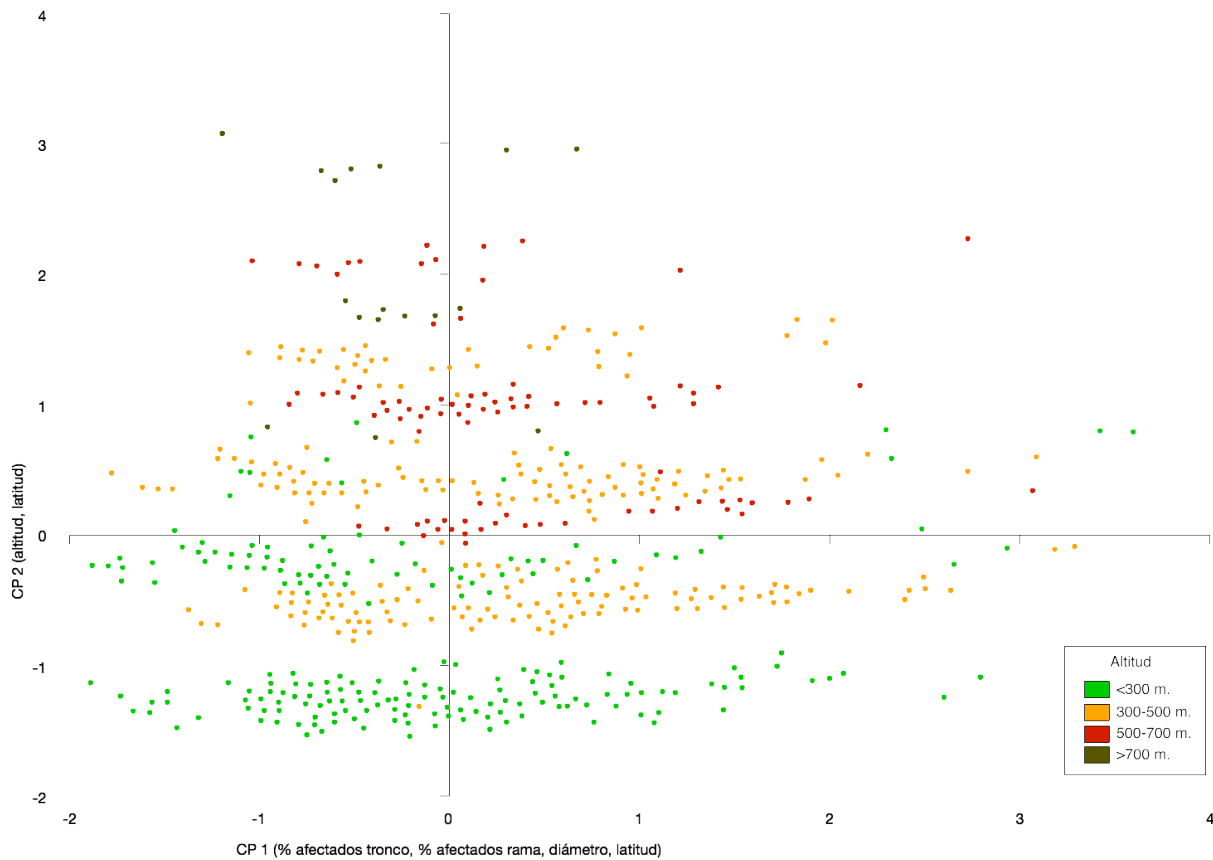


Fig. 3.18. Altitud (CP1-CP2).

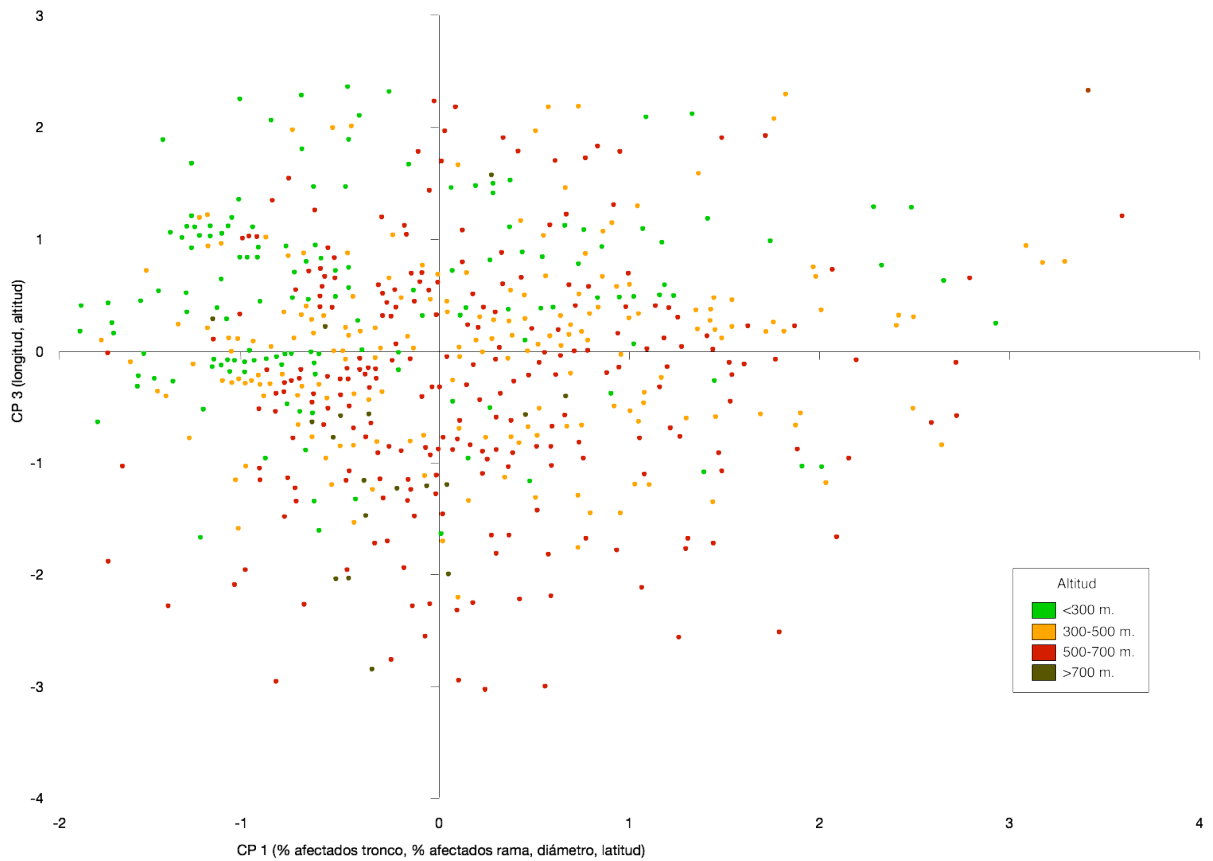


Fig. 3.19. Altitud (CP1-CP3).

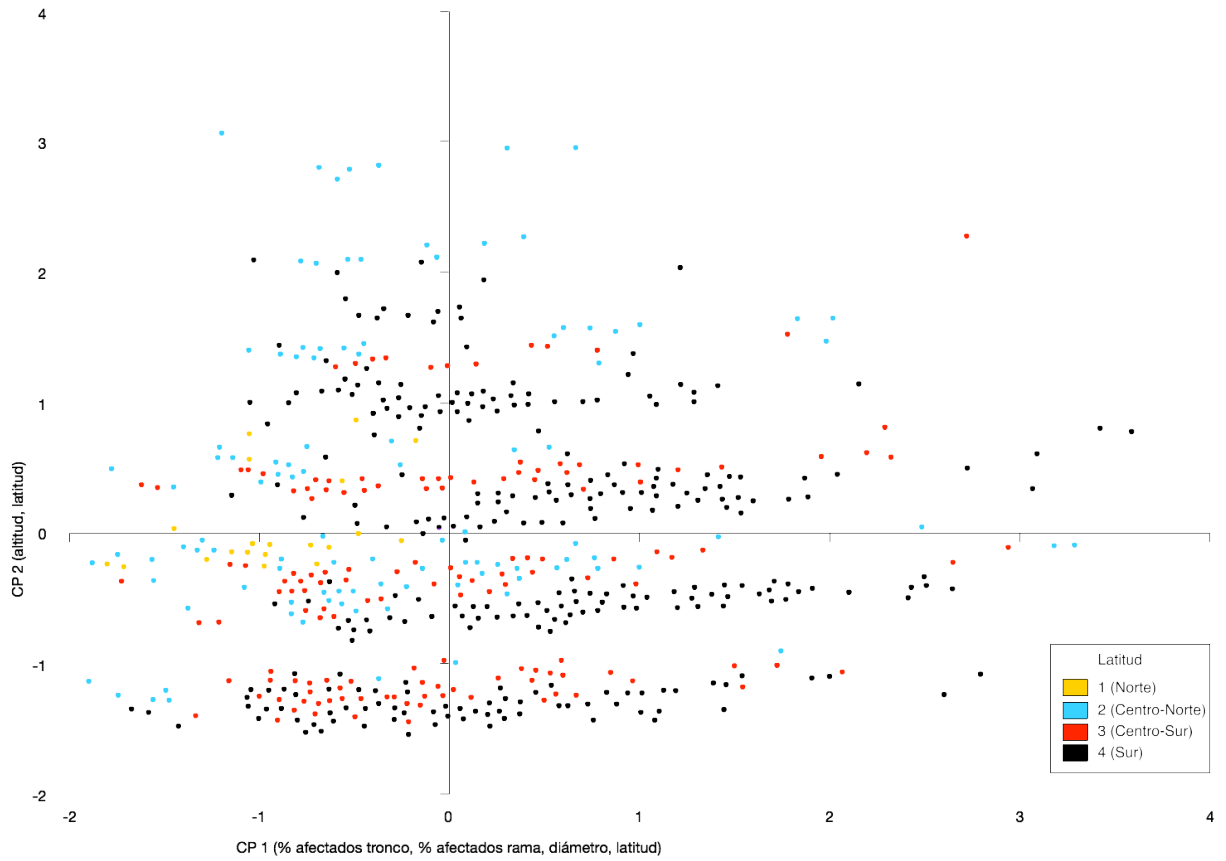


Fig. 3.20. Latitud (CP1-CP2).

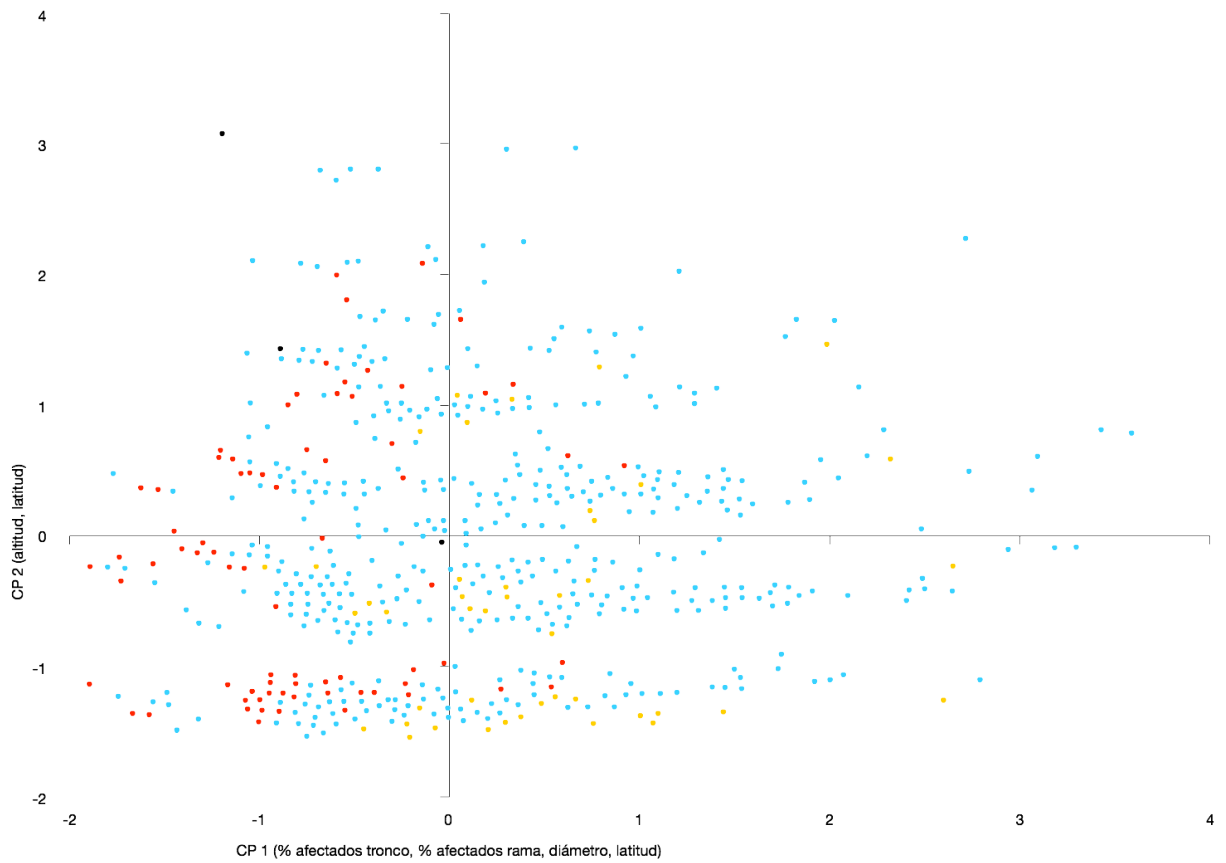


Fig. 3.21. Explotación (CP1-CP2).

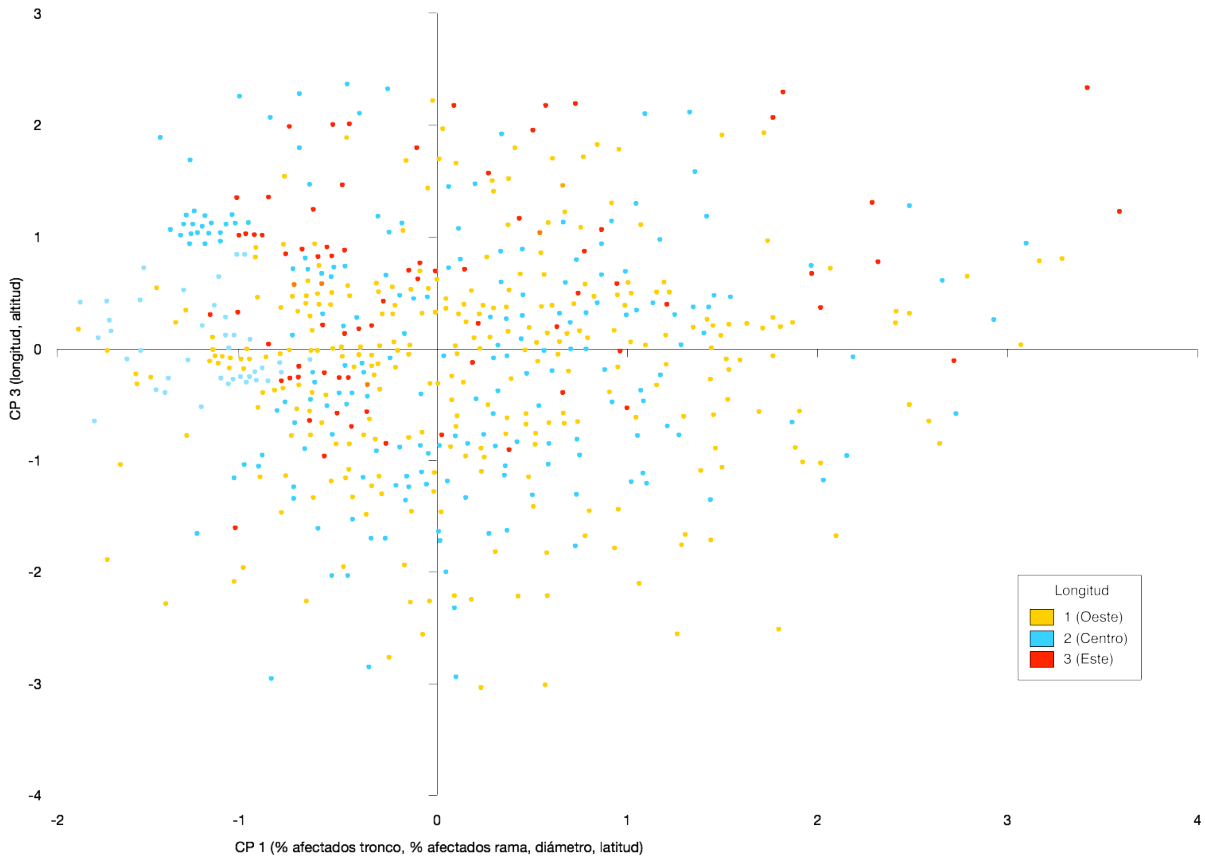


Fig. 3.22. Longitud (CP1-CP3).

### 3.1.2. RESULTADOS DE LOS MUESTREOS DE 2007

#### A) Resultados globales

Tras un intervalo de 17 años, en los 120 puntos de la muestra inicial que fueron seleccionados para el nuevo muestreo se ha encontrado que el 55.72% de las quercíneas presentan signos externos de estar atacadas por larvas de *Cerambyx*.

Según la zona del árbol afectada por el insecto, el 29.78% de los individuos presentaban taladros en el tronco y el 49.81% mostraban signos de afectación en las ramas.

Los valores detallados de afectaciones medias, en total y para cada especie de quercínea, tanto a nivel global como en tronco y en rama, se muestran en la Tabla III.7.

		Total	<i>Q. rotundifolia</i>	<i>Q. suber</i>
% Afectación global	$\bar{x}$	<b>55,7222</b>	<b>60,2020</b>	<b>34,6032</b>
	límites*	51,5851 - 56,1111	55,8551 - 64,5489	27,8264 - 41,3799
	$\sigma$	22,88763	21,79485	14,88759
% Afectación en tronco	$\bar{x}$	29,7778	32,4916	16,9841
	límites*	26,3885 - 33,1671	28,6275 - 36,3557	13,9531 - 20,0151
	$\sigma$	18,75058	19,37424	6,65873
% Afectación en rama	$\bar{x}$	49,8056	53,9394	30,3175
	límites*	45,8640 - 53,7471	49,7698 - 58,1089	23,8106 - 36,8243
	$\sigma$	21,80593	20,90560	14,29471

Tabla III.7. Datos de afectación general en la muestra de 2007. Los límites (\*) corresponden en cada caso al intervalo de confianza (al 95%) para la media.

Destaca el hecho de que en un gran número de los puntos de muestreo se observaron elevados índices de afectación (Fig. 3.23). Así, en 73 de ellos (60.83%) al menos la mitad de los árboles prospectados presentaban signos externos de afectación, mientras que en sólo uno de estos puntos (0.83%) no se encontró ningún individuo afectado.

Estos puntos con un elevado índice de afectación, al ser tan numerosos, presentan una distribución más homogénea por todas las zonas prospectadas de la región, lo que indica una intensificación y generalización de la plaga por todo el territorio. Sin embargo, los lugares más dañados se concentran especialmente en la mitad occidental del territorio, y más concretamente en sus zonas centro y sur.

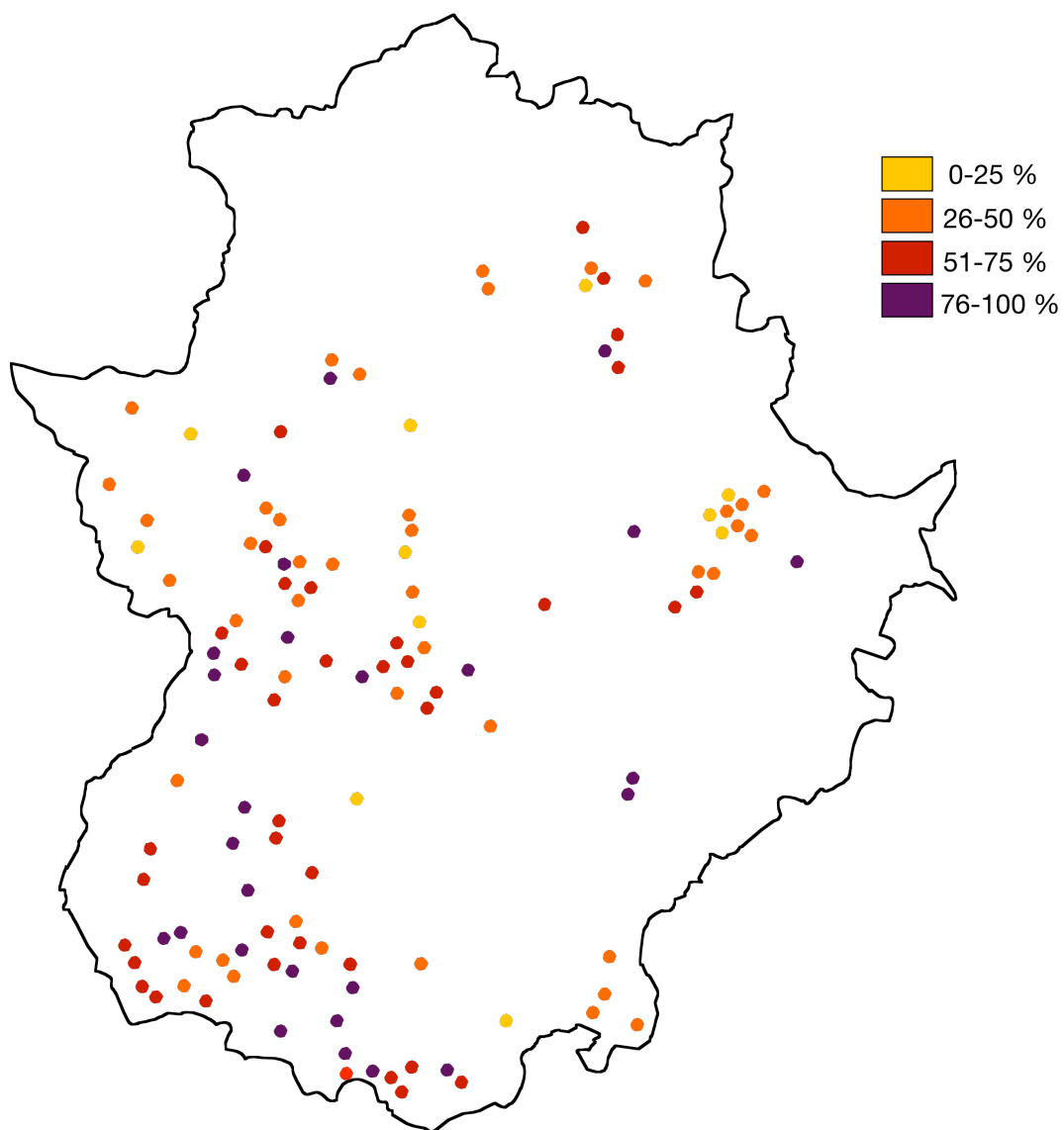


Fig. 3.23. Puntos de muestreo con con indicación relativa del porcentaje general de árboles afectados por *Cerambyx*

## B) Resultados en función de las variables analizadas

Se determinó si aparecían diferencias en cuanto al nivel de afectación en función de las siguientes variables\*:

---

### *Especie*

---

El grado de afectación global en las encinas es del 60.20%, mientras que en los alcornoques alcanza el 34.60% (Fig. 3.24), para un total del 55,72%. Esto revela un extraordinario incremento del problema a todos los niveles.

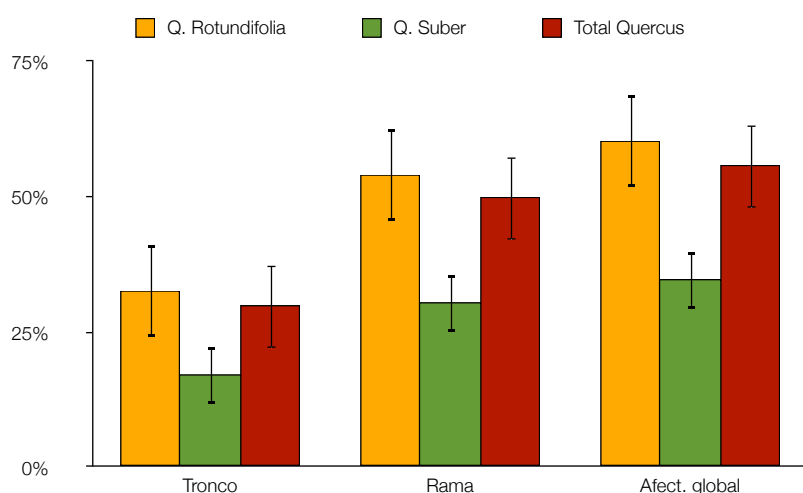


Fig. 3.24. Porcentajes de afectación en 2007 según la especie y en total, a nivel general y según la zona del árbol con daños

Los valores porcentuales de taladros tanto en el tronco como en las ramas también son claramente más elevados en las encinas.

Destaca el hecho de que, mientras en el muestreo inicial se observaba una mayor cantidad de taladros en los troncos, en este último se observa una incidencia muy superior en las ramas, con lo que la base de tal aumento de la afectación reside en la gran proliferación de la incidencia en las ramas, tanto en encinas como en alcornoques.

El test de Kruskal-Wallis reveló la existencia de diferencias significativas en el grado de afectación global entre estas dos especies ( $\chi^2 = 23,289$ ,  $p = 0,000$ ) y también respecto al grado de afectación en el tronco ( $\chi^2 = 12,798$ ,  $p = 0,000$ ) y en las ramas ( $\chi^2 = 22,739$ ,  $p = 0,000$ ).

---

\* Salvo para la especie, en el resto de variables no se incluyen los valores para los daños en alcornoques por tratarse de muestras muy pequeñas en algunos tramos de los intervalos.



III. Resultados

Variable	Pares de intervalos	% afectados tronco		% afectados rama		% afectados total	
		U	p	U	p	U	p
LATITUD	norte/centro-norte	120,50	0,855	100,50	0,400	107,00	0,531
	norte/centro-sur	56,50	0,042*	57,00	0,043*	67,00	0,099
	norte/sur	60,00	0,009*	95,00	0,093	91,00	0,074
	centro-norte/centro-sur	364,00	0,009*	258,50	0,000*	293,50	0,001*
	centro-norte/sur	376,00	0,000*	451,50	0,001*	456,00	0,001*
	centro-sur/sur	586,50	0,167	641,00	0,413	705,00	0,877
LONGITUD	oeste/centro	1135,00	0,767	944,00	0,094	1005,00	0,217
	oeste/este	432,00	0,139	322,00	0,005*	368,50	0,024*
	centro/este	491,00	0,379	383,50	0,029*	423,50	0,090
DENSIDAD	< 10 m/10-20 m	298,00	0,191	342,00	0,443	360,50	0,588
	10-20 m/> 20 m	619,00	0,014*	798,50	0,269	710,00	0,077
	< 10 m/> 20 m	75,50	0,389	92,00	0,910	78,00	0,454
EDAD (Diámetro del tronco)	< 30 cm/30-50 cm	208,00	0,010*	281,50	0,111	258,00	0,057
	30-50 cm/> 50 cm	959,00	0,022*	781,00	0,001*	859,50	0,003*
	< 30 cm/> 50 cm	53,50	0,000*	67,00	0,001*	63,50	0,001*
OROGRAFÍA	Cresta/vaguada	29,50	0,831	21,00	0,265	23,50	0,395
	Cresta/ladera	160,00	0,907	141,50	0,553	161,00	0,928
	Cresta/llano	110,00	0,053	63,00	0,003*	79,00	0,009*
	Vaguada/ladera	198,50	0,770	181,00	0,496	180,50	0,488
	Vaguada/llano	176,50	0,134	169,50	0,103	173,50	0,120
	Ladera/llano	663,00	0,000*	731,00	0,000*	714,50	0,000*
ALTITUD	< 300 m/300-500 m	1170,50	0,754	1124,00	0,522	1140,000	0,598
	< 300 m/> 500 m	446,00	0,714	319,00	0,034*	368,000	0,150
	300-500 m/> 500 m	565,50	0,986	413,50	0,070	447,000	0,156
EXPLOTACIÓN	Labor/ganado	485,50	0,826	474,00	0,732	482,00	0,798
	Labor/caza	63,00	0,215	83,00	0,804	86,50	0,941
	Labor/varias	4,50	0,771	2,00	0,306	3,00	0,466
	Ganado/caza	558,00	0,122	680,50	0,631	711,00	0,829
	Ganado/varias	44,00	0,940	21,50	0,361	41,00	0,852
	Caza/varias	6,00	0,679	3,50	0,357	6,00	0,682

Tabla III.8. Valores de U (Mann-Whitney) y p al comparar, dos a dos, los niveles globales de ataque en 2007 entre los intervalos establecidos para cada variable. Los valores de p marcados (\*) corresponden a diferencias significativas para un nivel de confianza  $\alpha = 0,05$ .

### *Latitud*

Se observa un aumento gradual de la cantidad de árboles dañados en el tronco desde la franja norte hasta la sur (Fig. 3.25), pero no ocurre así en cuanto al nivel de afectación total ni en rama, donde se aprecia cierta irregularidad en los porcentajes, aunque manteniendo una clara diferencia entre las franjas del norte y sur, de manera que la mitad sur de la región se encuentra visiblemente más perjudicada que la norte (61,95% en total en el sur frente a 44,57% en el norte).

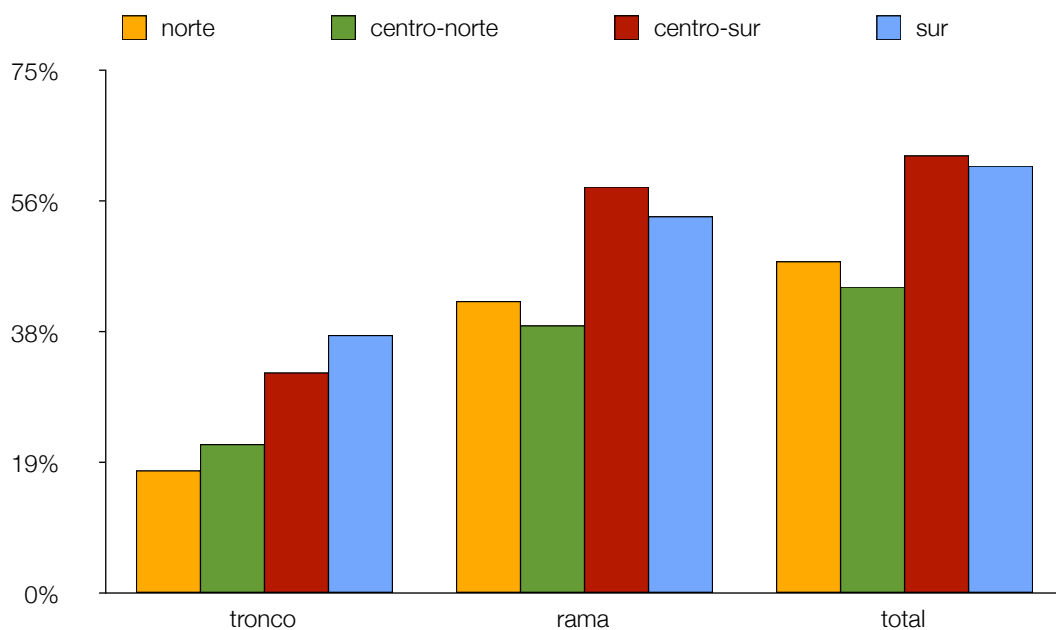


Fig. 3.25. Porcentajes globales de afectación en 2007 según las franjas latitudinales establecidas en el territorio regional, desglosados en tronco, rama y en total

Destaca el hecho de que para la afectación en rama y total los daños en la franja norte superan a los de la situada inmediatamente más al sur, del mismo modo que la franja centro-sur es la que arroja valores más altos, mayores que los del sur. Al tratarse de diferencias escasas, se vislumbra una tendencia hacia la homogeneización de los daños.

El test de Kruskal-Wallis demostró la existencia de diferencias significativas en el grado de afectación según la latitud para los tres casos: total ( $\chi^2 = 16.959$ ,  $p = 0.000$ ), en tronco ( $\chi^2 = 21.088$ ,  $p = 0.000$ ) y en ramas ( $\chi^2 = 19.762$ ,  $p = 0.000$ ).

El test de Mann-Whitney (Tabla III.8) revela que las diferencias entre las dos bandas del norte y las dos del sur entre sí no son estadísticamente distintas, mientras que si se enfrentan franjas del norte con las del sur las diferencias son significativas sólo entre el centro-norte y el resto, llamando la atención que entre los extremos norte y sur no se obtengan diferencias significativas más que a nivel del tronco y entre el norte y el centro-sur tampoco se pueden establecer diferencias a nivel total, lo que corrobora el importante incremento de los daños en la zona norte de la región.

### Longitud

Se siguen encontrando las mayores proporciones de árboles dañados en la franja oeste (Fig. 3.26), aunque para los daños en el tronco las tres zonas presentan niveles muy similares, e incluso la franja central supera levemente a la oeste en porcentaje de afectación.

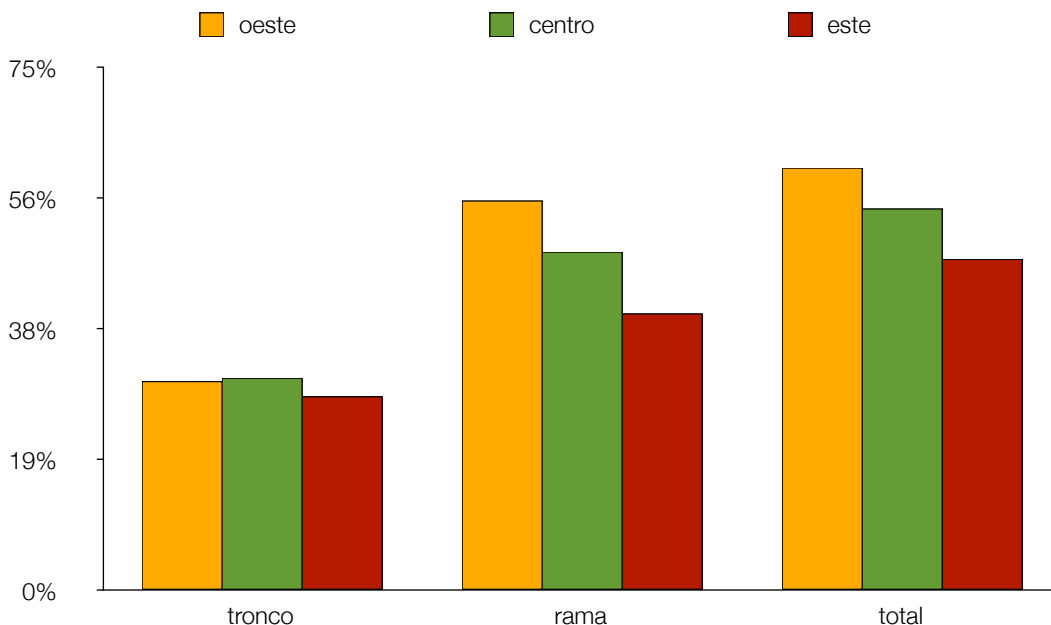


Fig. 3.26. Porcentajes globales de afectación en 2007 según las franjas longitudinales establecidas en el territorio regional, desglosados en tronco, rama y en total

El test de Kruskal-Wallis reveló la existencia de diferencias significativas para esta variable solamente para el grado de afectación en ramas ( $\chi^2 = 9.787$ ,  $p = 0.007$ ), mientras que no se alcanza el nivel de significación para los daños en tronco ( $\chi^2 = 1.805$ ,  $p = 0.406$ ) ni tampoco para los totales ( $\chi^2 = 5.953$ ,  $p = 0.051$ ).

El test de Mann-Whitney (Tabla III.8) confirma lo apuntado de modo general en el de Kruskal-Wallis para los afectados en tronco, aunque descubre diferencias significativas para el total entre las franjas oeste y este e indica que para las ramas no se puede diferenciar entre oeste y centro, franjas éstas entre las que no es posible establecer diferencias a ningún nivel.

Considerando conjuntamente latitud y longitud, al representar los daños sufridos por las quercíneas en las 12 cuadrículas en que se dividió la región (Fig. 3.27) se aprecian el gran incremento de la afectación en todas las zonas, y también que se mantiene una mayor gravedad en la incidencia del problema hacia la mitad sur de la región.

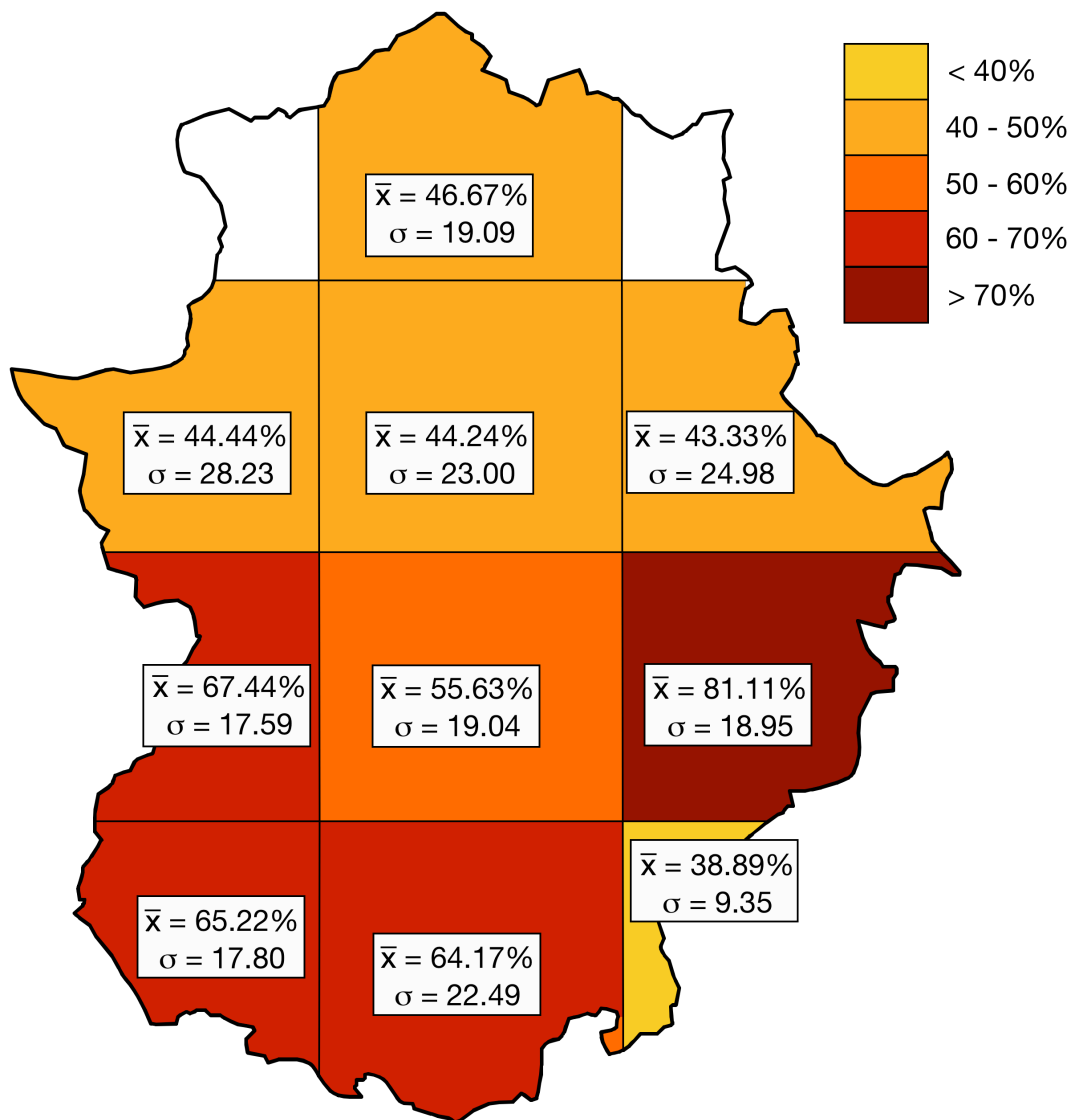


Fig. 3.27. Porcentajes globales de afectación en 2007 según las cuadrículas geográficas establecidas en el territorio regional

---

***Densidad de población***

---

De forma general, las diferencias de afectación entre zonas de diferente densidad de arbolado son poco importantes (Fig. 3.28), aunque llama la atención un dato en principio inesperado, como es que los puntos que muestran los mayores índices de daños son los de menor densidad, algo que parece también apuntar hacia la generalización de los daños, de manera que, al encontrarse afectados una gran cantidad de árboles, en los lugares con menos densidad la proporción es mayor.

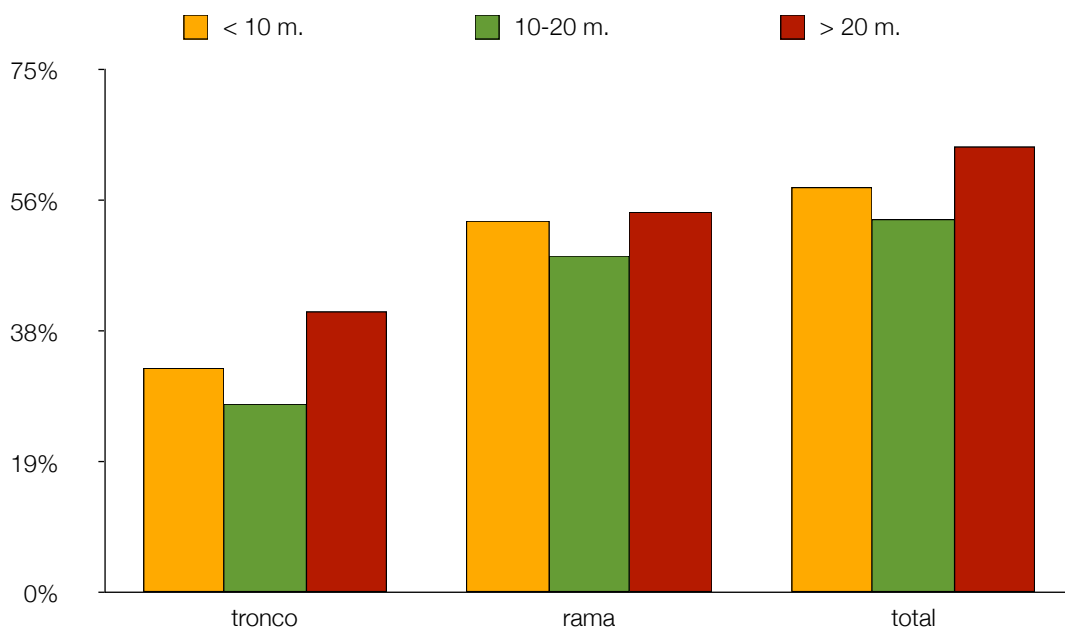


Fig. 3.28. Porcentajes de afectación global en 2007 según la densidad de población (expresada como distancia media entre árboles) de los puntos de muestreo, desglosados en tronco, rama y en total

El test de Kruskal-Wallis reveló que, para distintos grados de densidad de población, no se producen diferencias significativas en los valores de afectación para el total de árboles ( $\chi^2 = 3,285$ ,  $p = 0,193$ ) ni para los daños en rama ( $\chi^2 = 1,617$ ,  $p = 0,445$ ), aunque sí en el caso de los troncos ( $\chi^2 = 7,157$ ,  $p = 0,028$ ).

Aplicado el test de Mann-Whitney (Tabla III.8), se comprobó que solamente aparecen diferencias detectables a nivel de tronco entre zonas de densidad media y de densidad baja, algo que apunta el gráfico anterior.

---

### ***Edad de los árboles***

---

Las zonas con árboles más gruesos, es decir, más envejecidos, son las que presentan los índices más elevados de ataque por larvas de *Cerambyx*.

Se ha observado una tendencia, muy acusada a todos los niveles (Fig. 3.29), a incrementarse el nivel de infestación a medida que aumenta el diámetro de los troncos de los árboles prospectados. Esto evidencia de nuevo que la edad de las quercíneas es un elemento decisivo a la hora de ser invadidas por las larvas.

Es llamativo el hecho de que las diferencias de afectación entre árboles de diferentes edades se han atenuado bastante en los últimos 20 años, debido a que las zonas con árboles jóvenes ya empiezan

a mostrar grados preocupantes de afectación.

Aún así, siguen siendo importantes las diferencias existentes en el porcentaje de individuos dañados entre aquellas zonas en las que estos son más jóvenes (38.18% para individuos de menos de 30 cm de diámetro, es decir, menos de 66 años de edad) y las que presentan ejemplares muy viejos (66.57% para los de grosor superior a 50 cm, que equivale a edades mayores de 110 años).

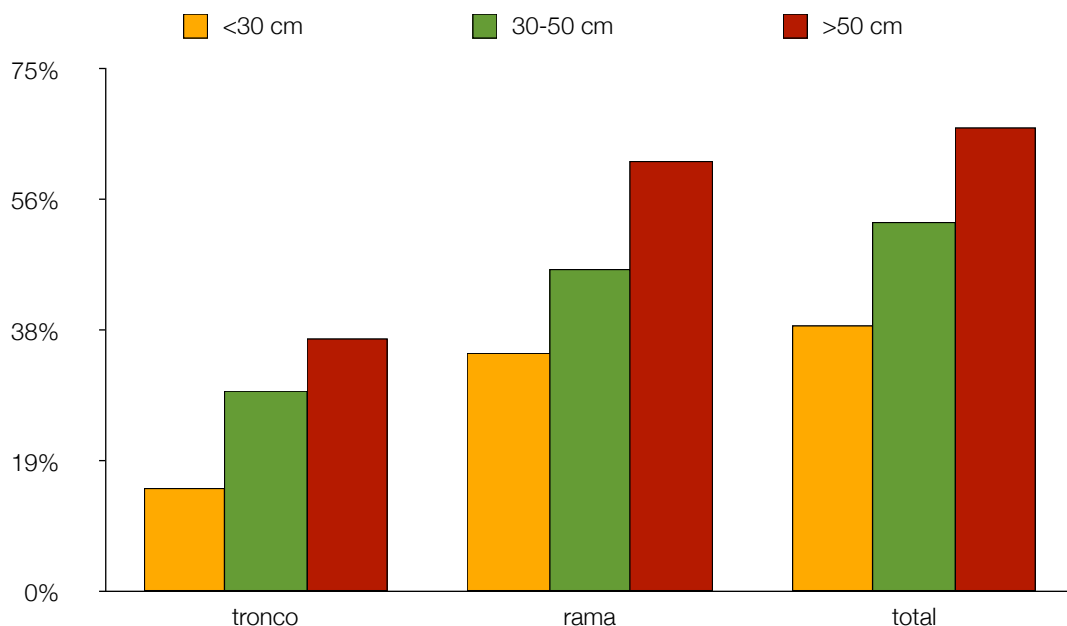


Fig. 3.29. Porcentajes de afectación global en 2007 según el diámetro medio de los troncos en cada punto de muestreo, desglosados en tronco, rama y en total

Al aplicar el test de Kruskal-Wallis a los datos comparados de grosor del tronco y nivel de daños en los árboles, se detectó la existencia de diferencias claramente significativas entre los intervalos de diámetro del tronco establecidos, tanto para el grado de afectación global ( $\chi^2 = 14,896$ ,  $p = 0,001$ ), como para la afectación en tronco ( $\chi^2 = 14,689$ ,  $p = 0,001$ ) y también en las ramas ( $\chi^2 = 16,831$ ,  $p = 0,000$ ).

El test de Mann-Whitney (Tabla III.8) confirma la existencia de diferencias significativas en casi todos los casos al enfrentar distintos tramos de grosor del tronco. Únicamente no existe significatividad entre las zonas de árboles más jóvenes y los de edad intermedia, a nivel global y de rama, aunque sí en la afectación de troncos. Esto confirma el preocupante aumento de la cantidad de ejemplares jóvenes afectados.

---

### ***Orografía del terreno***

---

Considerando el tipo de terreno, los resultados muestran (Fig. 3.30) que en las zonas de llano es

donde se encuentran los mayores porcentajes de árboles taladrados, tanto en el tronco como en ramas y en total, seguidas por las de ladera y dándose valores bastante parecidos, a nivel de tronco, para las vaguadas y las crestas.

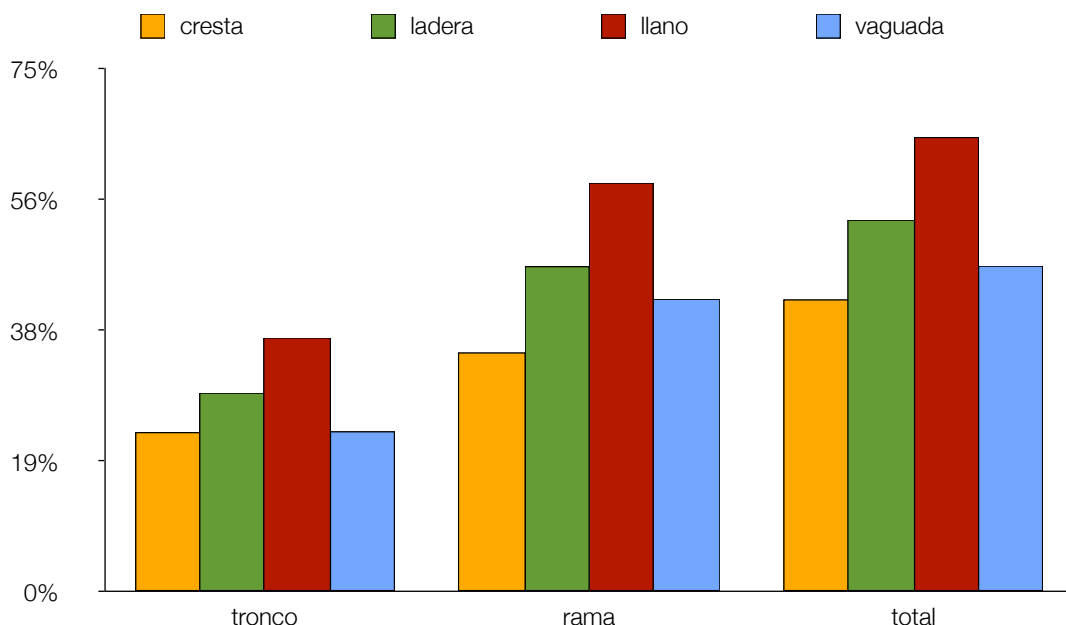


Fig. 3.30. Porcentajes de afectación global en 2007 según la orografía del terreno en cada punto de muestreo, desglosados en tronco, rama y en total

El test de Kruskal-Wallis reveló la existencia de diferencias significativas para los daños según la orografía del terreno en los tres niveles de afectación estudiados: global ( $\chi^2 = 19,714$ ,  $p = 0,000$ ), en tronco ( $\chi^2 = 20,242$ ,  $p = 0,000$ ) y en rama ( $\chi^2 = 20,369$ ,  $p = 0,000$ ).

Mediante el test de Mann-Whitney (Tabla III.8) se pusieron de manifiesto las diferencias de afectación entre los lugares con distintas orografías, de modo que son significativas entre las zonas de ladera y de llano, pudiéndose distinguir también, a nivel de ramas y en global, entre crestas y llanos, pero no en el resto de comparaciones. Esto sigue apoyando la idea de que la infestación de quercíneas se está generalizando y existe menos discriminación entre lugares con distintas características.

---

### *Altitud*

---

Existe una escasa variabilidad en cuanto a los porcentajes de taladros en los árboles a diferentes altitudes (Fig. 3.31). A nivel general, se aprecia una disminución progresiva a medida que aumenta la altitud, aunque de forma poco manifiesta.

Lo mismo ocurre para la afectación en rama, pero de nuevo cabe destacar un dato revelador de la extensión de la plaga, como es que los mayores niveles de afectación en los troncos se han

observado en las zonas situadas a más altitud, aunque dentro de un gran equilibrio entre los distintos niveles, que no permite establecer estadísticamente diferencias entre ellos debidas a la influencia del factor altitud.

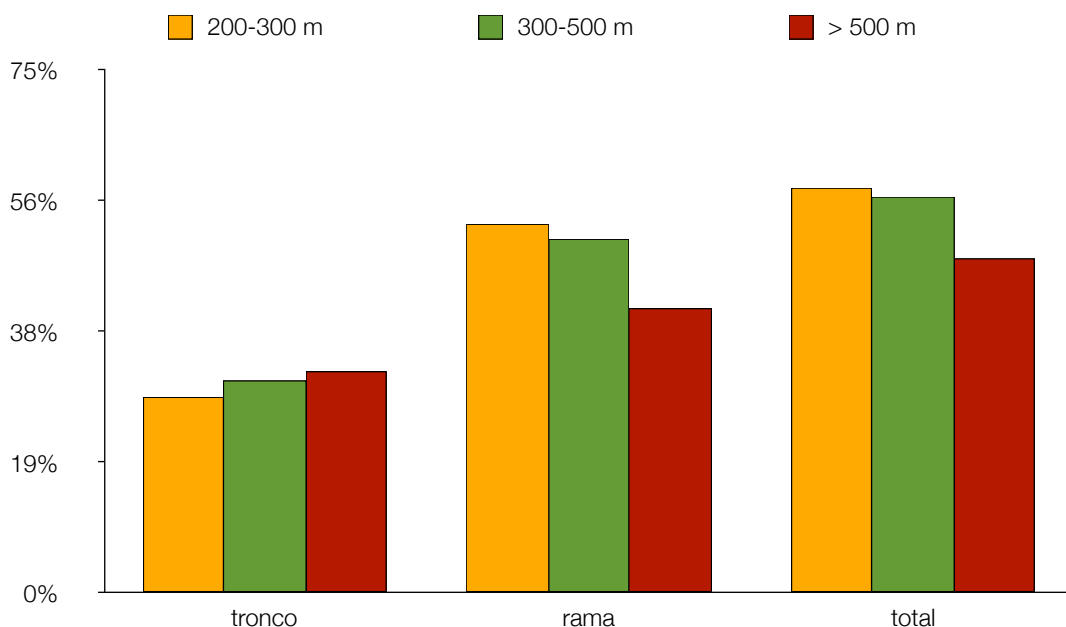


Fig. 3.31. Porcentajes de afectación global en 2007 según la altitud del terreno en cada punto de muestreo, desglosados en tronco, rama y en total

Los elevados valores de  $p$  y bajos de  $\chi^2$  obtenidos al aplicar el test de Kruskal-Wallis confirmaron la tendencia observada en la gráfica, poniendo de manifiesto la similitud de los grados de afectación entre distintas altitudes a los tres niveles estudiados: global ( $\chi^2 = 2,221$ ,  $p = 0,329$ ), en tronco ( $\chi^2 = 0,130$ ,  $p = 0,937$ ) y en rama ( $\chi^2 = 3,586$ ,  $p = 0,166$ ).

El test de Mann-Whitney (Tabla III.8) ratificó estos resultados al comparar por pares los diferentes intervalos de altitud y poner de manifiesto que en ninguno de los casos se producen diferencias significativas en el nivel de afectación, de manera que no se pueden establecer diferencias, por tanto, en la gravedad de los daños sufridos por las quercíneas entre diferentes altitudes.

---

### ***Tipo de explotación***

---

Apenas se aprecian diferencias en los porcentajes de afectación de los árboles entre los lugares con distintos tipos de explotación (Fig. 3.32), con cierta variabilidad y sin un predominio evidente de ninguno de ellos, aunque con una menor incidencia, en general y en ramas, en las zonas dedicadas a varios usos. Se aparta esto de lo observado en el primer muestreo, donde los lugares dedicados a caza



y varios usos presentaban un menor índice de daños.

El test de Kruskal-Wallis indica que no existen diferencias significativas en el grado de afectación, considerando el tipo de explotación, para ninguno de los tres niveles estudiados: global ( $\chi^2 = 0,185$ ,  $p = 0,980$ ), en tronco ( $\chi^2 = 2,572$ ,  $p = 0,462$ ) y en rama ( $\chi^2 = 1,200$ ,  $p = 0,753$ ).

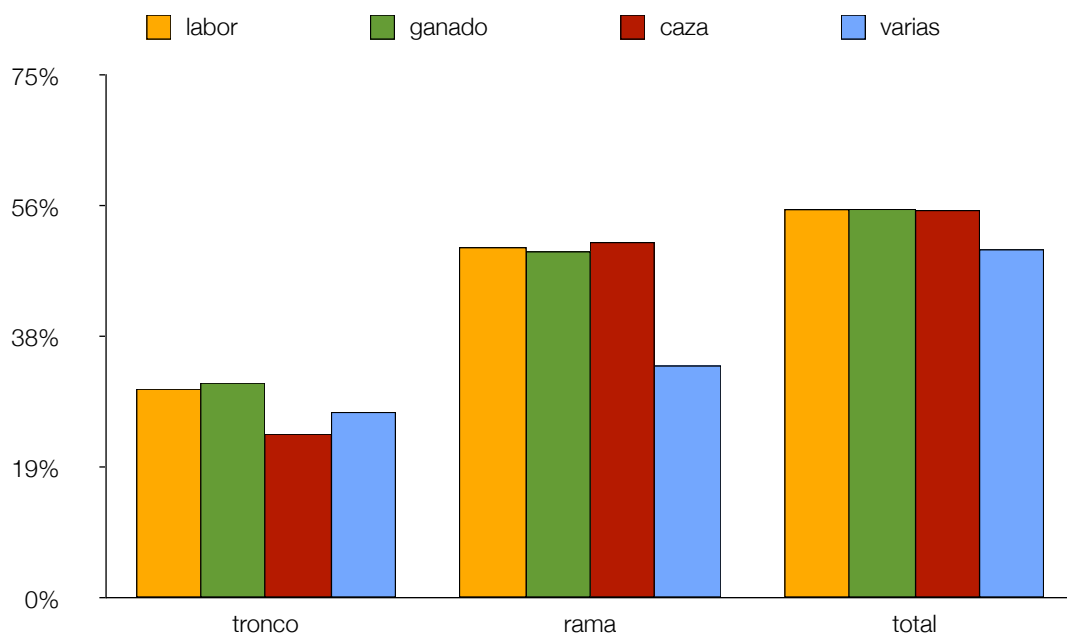


Fig. 3.32. Porcentajes de afectación global en 2007 según el tipo de explotación a que se encontraba sometido el terreno en cada punto de muestreo, desglosados en tronco, rama y en total

El test de Mann-Whitney (Tabla III.8) confirmó que tampoco se pueden establecer diferencias significativas entre tipos de explotación, considerados dos a dos, de manera que el uso a que se destina el terreno no parece influir sobre la posibilidad de que los árboles se encuentren más o menos afectados por las larvas de *Cerambyx*.

### C) Análisis de componentes principales

El análisis factorial, mediante extracción de componentes principales, confronta de forma global las variables diámetro, longitud, latitud, altitud, explotación, densidad, orografía, % de afectados en tronco y % de afectados en rama.

La matriz de correlaciones (Tabla III.9) muestra una relación entre las variables bastante inferior a la observada en el muestreo de 1990. Incluso los niveles de afectación en tronco y rama están menos correlacionados y existe una cierta relación entre los porcentajes de afectación y el diámetro, la latitud y también la orografía.

	Diámetro	Longitud	Latitud	Altitud	Explotac	Densidad	Orograf	% afect tronco	% afect rama
Diámetro	1,000	-0,130	0,090	-0,040	-0,292	0,130	0,116	0,302	0,391
Longitud	-0,130	1,000	-0,249	0,362	0,144	0,103	0,055	-0,033	-0,272
Latitud	0,090	-0,249	1,000	0,196	0,022	-0,045	0,109	0,374	0,287
Altitud	-0,040	0,362	0,196	1,000	0,009	-0,110	-0,072	0,074	-0,176
Explotac	-0,292	0,144	0,022	0,009	1,000	-0,125	0,040	-0,096	-0,014
Densidad	0,130	0,103	-0,045	-0,110	-0,125	1,000	0,215	0,182	0,054
Orograf	0,116	0,055	0,109	-0,072	0,040	0,215	1,000	0,260	0,343
% afect tronco	0,302	-0,033	0,374	0,074	-0,096	0,182	0,260	1,000	0,620
% afect rama	0,391	-0,272	0,287	-0,176	-0,014	0,054	0,343	0,620	1,000

Tabla III.9. Matriz de correlaciones entre las variables del muestreo de 2007.

El valor del determinante de la matriz de correlaciones (0,176), confirma la existencia de correlaciones importantes entre algunas variables. El test de Kaiser-Meyer-Olkin ( $KMO = 0,550$ ) revela que el proceso de reducción, aunque no presenta un alto grado de precisión, se puede considerar válido.

El test de Bartlett rechaza  $H_0$  ( $p = 0,000$ ), confirmando la existencia de correlaciones significativas entre las variables.

Una buena parte de los residuos de la matriz de correlaciones reproducida se acercan a cero, aunque aparecen algunos valores elevados que reducen la precisión del modelo. A pesar de esto, se puede considerar que el ajuste es aceptable.

Las comunalidades de las variables en la solución factorial (tabla, V.10) indican que todas están

Variables	Comunalidades
Diámetro	0,584
Longitud	0,782
Latitud	0,655
Altitud	0,843
Explotación	0,754
Densidad	0,580
Orografía	0,597
% afectados tronco	0,710
% afectados rama	0,751

Tabla III.10. Comunalidades de las variables, que indican el porcentaje de la variabilidad de cada una que es capaz de explicar el modelo aplicado en 2007.

suficientemente explicadas por el modelo (reproduce por encima del 50% de la variabilidad de todas ellas).

En la matriz anti-imagen (tabla, V.11), se resaltan los valores de covarianza al enfrentar cada variable consigo misma (en diagonal).

	Diámetro	Longitud	Latitud	Altitud	Explotac	Densidad	Orograf	% afect tronco	% afect rama
Diámetro	0,756	0,014	0,027	-0,035	0,230	-0,068	0,018	-0,022	-0,168
Longitud	0,014	0,666	0,236	-0,276	-0,141	-0,089	-0,110	-0,101	0,123
Latitud	0,027	0,236	0,712	-0,221	-0,073	0,029	-0,049	-0,163	-0,018
Altitud	-0,035	-0,276	-0,221	0,721	0,043	0,131	0,046	-0,069	0,102
Explotac	0,230	-0,141	-0,073	0,043	0,853	0,087	-0,031	0,076	-0,093
Densidad	-0,068	-0,089	0,029	0,131	0,087	0,865	-0,158	-0,121	0,081
Orograf	0,018	-0,110	-0,049	0,046	-0,031	-0,158	0,818	0,000	-0,159
% af tronco	-0,022	-0,101	-0,163	-0,069	0,076	-0,121	0,000	0,503	-0,264
% af rama	-0,168	0,123	-0,018	0,102	-0,093	0,081	-0,159	-0,264	0,590

Tabla III.11. Matriz de covarianzas anti-imagen entre las variables del muestreo de 2007. Los valores resaltados indican el grado de individualidad de cada variable

Estos valores elevados indican que en prácticamente todos los casos (con menor proporción en los porcentajes de afectación) las variables comparten muy poca información entre sí, destacando de forma especial la densidad, orografía y explotación (igual que ocurría en el muestreo inicial), por lo que hemos de suponer que tienen muy escasa influencia en la afectación de los árboles.

Se realizó una extracción de 4 factores, con los que se explica el 69,494% de la varianza, un valor aceptable para un modelo no excesivamente preciso.

Los valores de carga de las variables en la matriz de componentes principales se muestran en la Tabla III.12.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP-4
Diámetro	0,589	-0,127	0,217	-0,414
Longitud	-0,354	0,697	0,413	-0,012
Latitud	0,491	0,265	-0,580	-0,084
Altitud	-0,152	0,761	-0,198	-0,450
Explotación	-0,227	0,289	0,303	0,726
Densidad	0,254	0,088	0,708	0,076
Orografía	0,470	0,252	0,310	0,465
% afectados tronco	0,777	0,323	-0,036	-0,028
% afectados rama	0,837	-0,023	-0,111	0,193

Tabla III.12. Matriz de los componentes principales extraídos a partir de los datos de 2007, con la carga de cada una de las variables por componente.

En función de dichos valores, se pueden definir los componentes como sigue:

- El CP 1 viene definido por los niveles de afectación en tronco y rama, así como la edad de los árboles (descrita por la variable diámetro del tronco) y también, aunque en menor medida, la latitud y la orografía.
- El CP 2 resulta básicamente de la combinación de longitud y altitud, con varias variables ejerciendo una leve influencia, como la afectación en tronco, la explotación, la latitud y la orografía.
- El CP 3 depende fundamentalmente de la densidad, interviniendo de forma menos acusada la longitud.
- En el CP 4 interviene como factor esencial la explotación, con una ligera influencia de la orografía.

En las gráficas de saturación factorial de las variables que enfrentan los componentes principales (Fig. 3.33) se puede comprobar que al relacionar el CP 1 con el 2, la afectación en tronco se asocia claramente con la latitud y la orografía, mientras que la afectación en rama presenta una relación más estrecha con la edad, formando un grupo diferenciado del anterior. En este gráfico también se aprecia una asociación entre las variables longitud y altitud, que no tiene efecto en conjunto sobre los índices de afectación.

En el gráfico de saturación entre los componentes 1 y 3 se agrupan estrechamente los porcentajes de afectación y se encuentran muy cercanos al grupo formado por la edad y la orografía, mientras que la latitud queda alejada del conjunto, a pesar de que mantiene su influencia sobre el daño de los árboles. En este gráfico también se forma un grupo entre la altitud y la explotación, estrechamente relacionadas pero sin influencia real conjunta sobre los porcentajes de afectación.

En la representación CP 2-3 todas las variables aparecen separadas entre sí, sin formar grupos.

En las representaciones de puntuaciones factoriales se sigue observando una graduación de izquierda a derecha de los grados de afectación, aunque no tan evidente como en 1990, debido a la generalización de la plaga. Al confrontar los componentes 1 y 2 (figs. 5.34 y 5.35) se detecta la separación entre los daños en tronco y rama, consecuencia de la diferente orientación de la carga de las variables. En los gráficos CP 1-3 (figs. 5.36 y 5.37), sin embargo, la distribución por afectación en ambas zonas es muy similar.

Aunque se observa una cierta tendencia a la separación de puntos según la edad de los árboles, ésta es muy poco evidente y sólo se manifiesta en cierto grado en el desplazamiento de los puntos con árboles más jóvenes hacia la izquierda de los gráficos, con más claridad en la representación CP 1-3 (Fig. 3.39) que en la CP 1-2 (Fig. 3.38). Esta homogeneización de la distribución por edades es un reflejo más de la extensión que la plaga muestra en la actualidad, con una menor discriminación de los

daños sólo en base a la edad del arbolado, además de la intervención de otras variables, como la orografía y la latitud.

La distribución de las latitudes en la nube de puntos del gráfico CP 1-2 (Fig. 3.40) muestra una cierta ordenación de izquierda (norte) a derecha, aunque menos evidente que la que aparece en el gráfico CP 1-3 (Fig. 3.41). En todo caso, se manifiesta una relación apreciable con la afectación de los árboles.

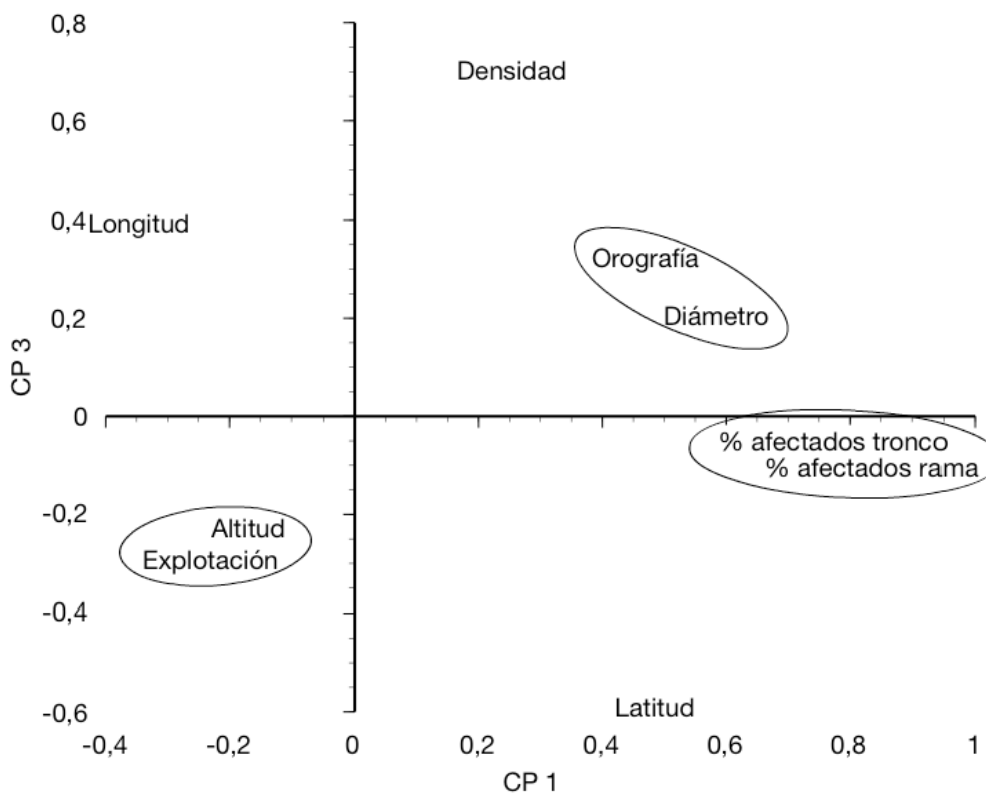
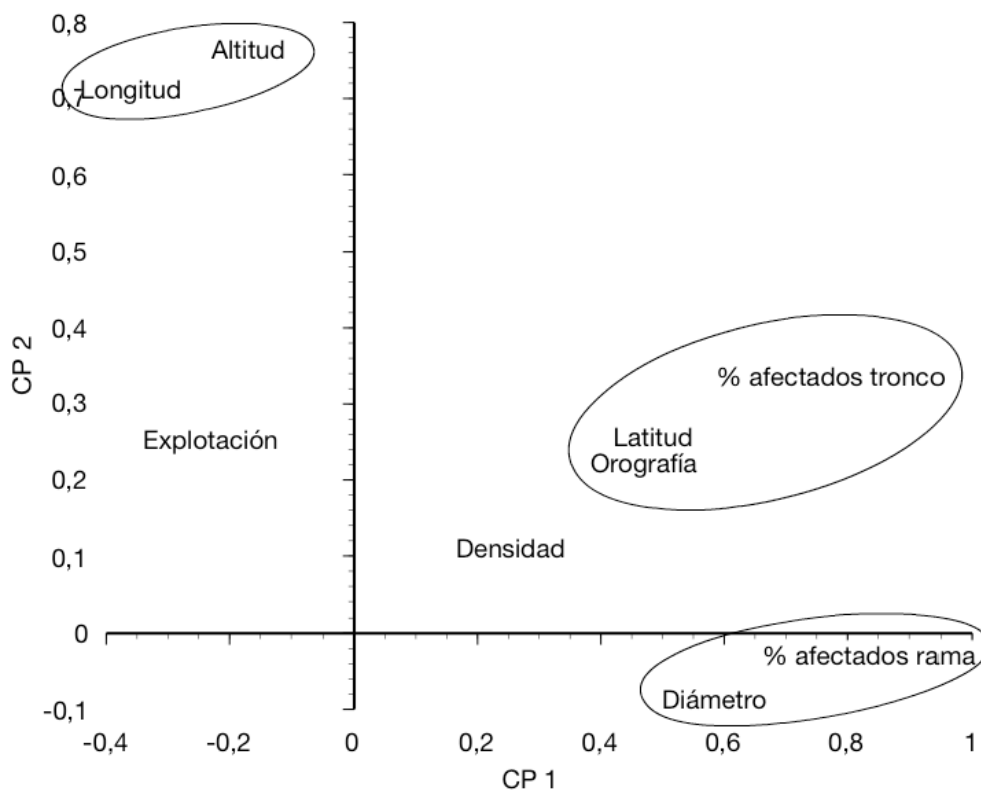
Los puntos correspondientes a las distintas orografías se disponen de forma más irregular en el gráfico CP 1-2 (Fig. 3.42), aunque se adivina la tendencia a situarse en la parte positiva del eje CP 1 los puntos situados en llano y hacia la negativa los de cresta. Esta tendencia es más acusada en el gráfico CP 1-3 (Fig. 3.43), donde además hay una ordenación en diagonal bastante visible debida al peso positivo que ejerce la variable en los dos ejes, de manera que los puntos situados en llano se acumulan hacia la parte positiva de ambos ejes y los de cresta hacia el sector doble negativo.

El escaso peso de la densidad en los componentes 1 y 2 se manifiesta en la distribución del gráfico correspondiente (Fig. 3.44), mientras que su importancia en el componente 3 se manifiesta en una zonación en función del eje CP 3 (Fig. 3.45), situándose los puntos de mayor densidad en la zona negativa y los de densidad elevada en la parte positiva, sin que se aprecie influencia significativa sobre la afectación del arbolado.

Las diferentes altitudes se ven discriminadas de una forma bastante visible en el gráfico CP 1-2 (Fig. 3.46), debido al gran peso de esta variable en el componente principal 2.

Lo mismo sucede para la longitud, con unas cargas muy similares a la de la altitud, tanto en el eje CP 1 como en el CP 3, por lo que se produce una zonación más o menos evidente en el gráfico CP 1-2 correspondiente, agrupándose así ambas variables, pero sin peso alguno en los índices de afectación.

Fig. 3.33. Gráficos de saturaciones factoriales, que representan las cargas de las variables de 2007, tomando los componentes principales dos a dos



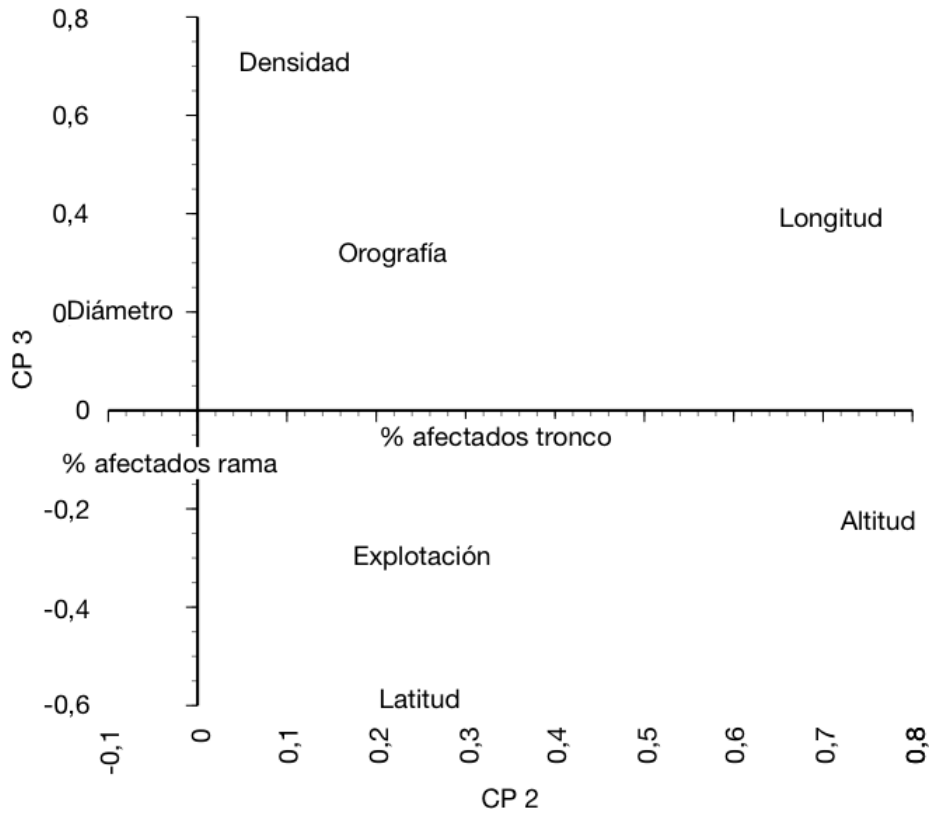


Fig. 3.34 a 5.47. Gráficos de dispersión de las puntuaciones factoriales de los componentes principales en cada punto de muestreo de 2007, tomados dos a dos. La distribución de los puntos representa las puntuaciones y en cada gráfico los colores indican los valores de la variable representada

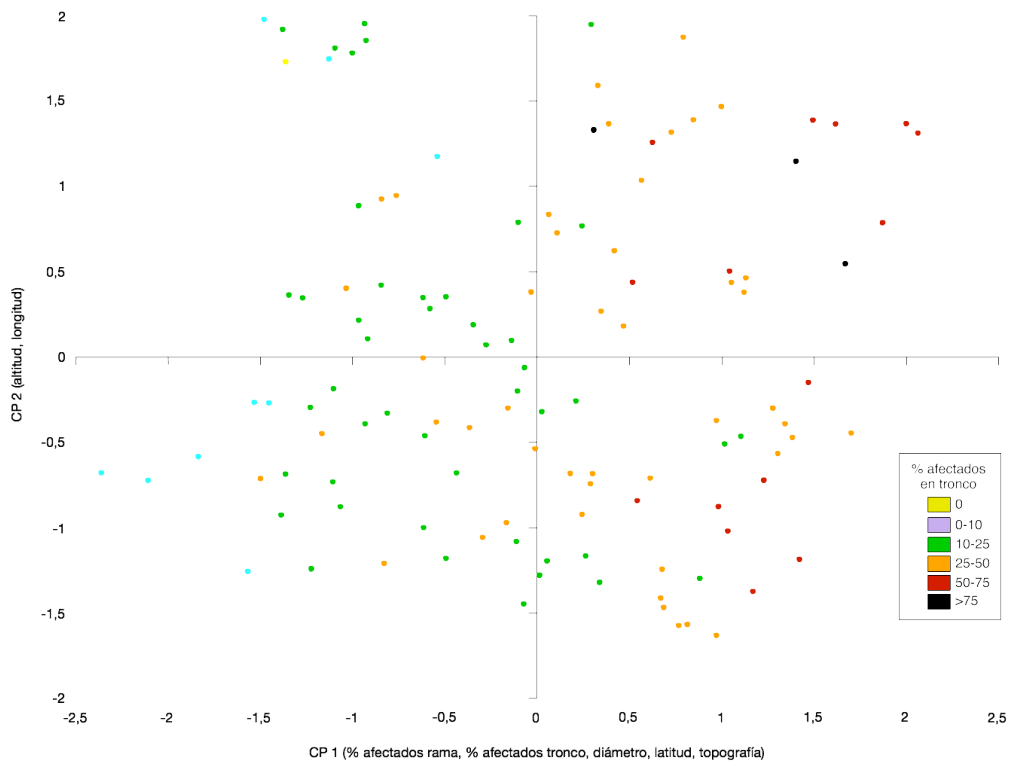


Fig. 3.34. Porcentaje de afectación en tronco (CP1-CP2).

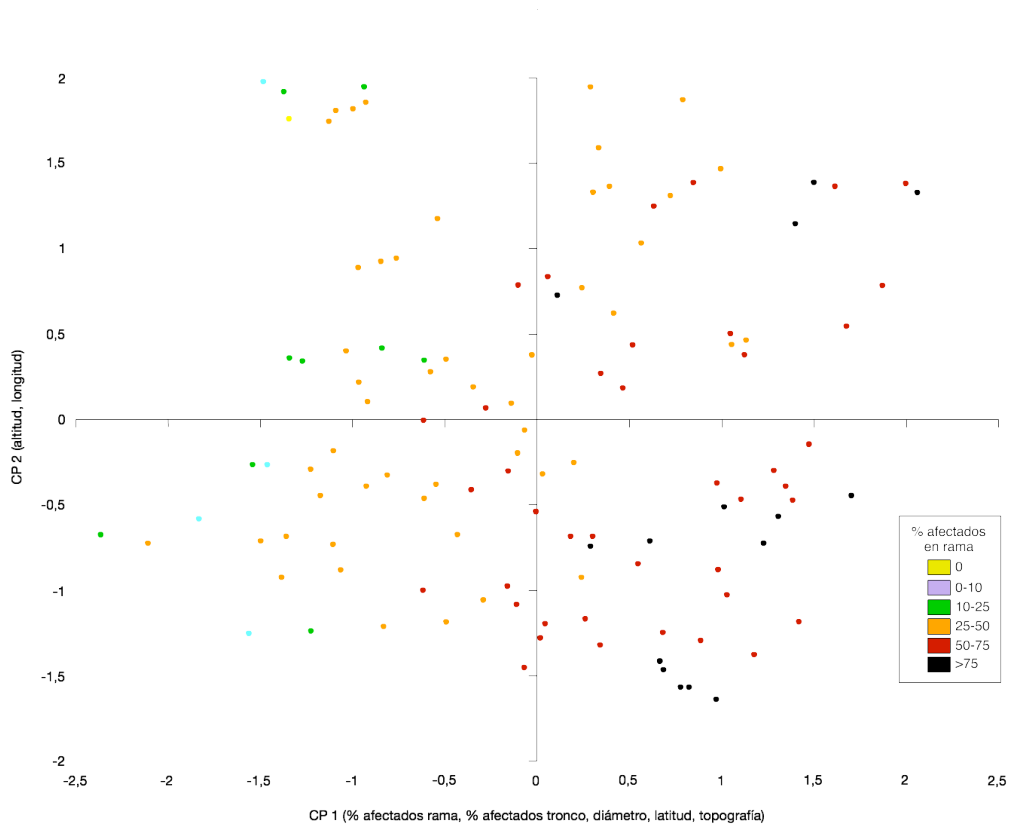


Fig. 3.35. Porcentaje de afectación en rama (CP1-CP2).



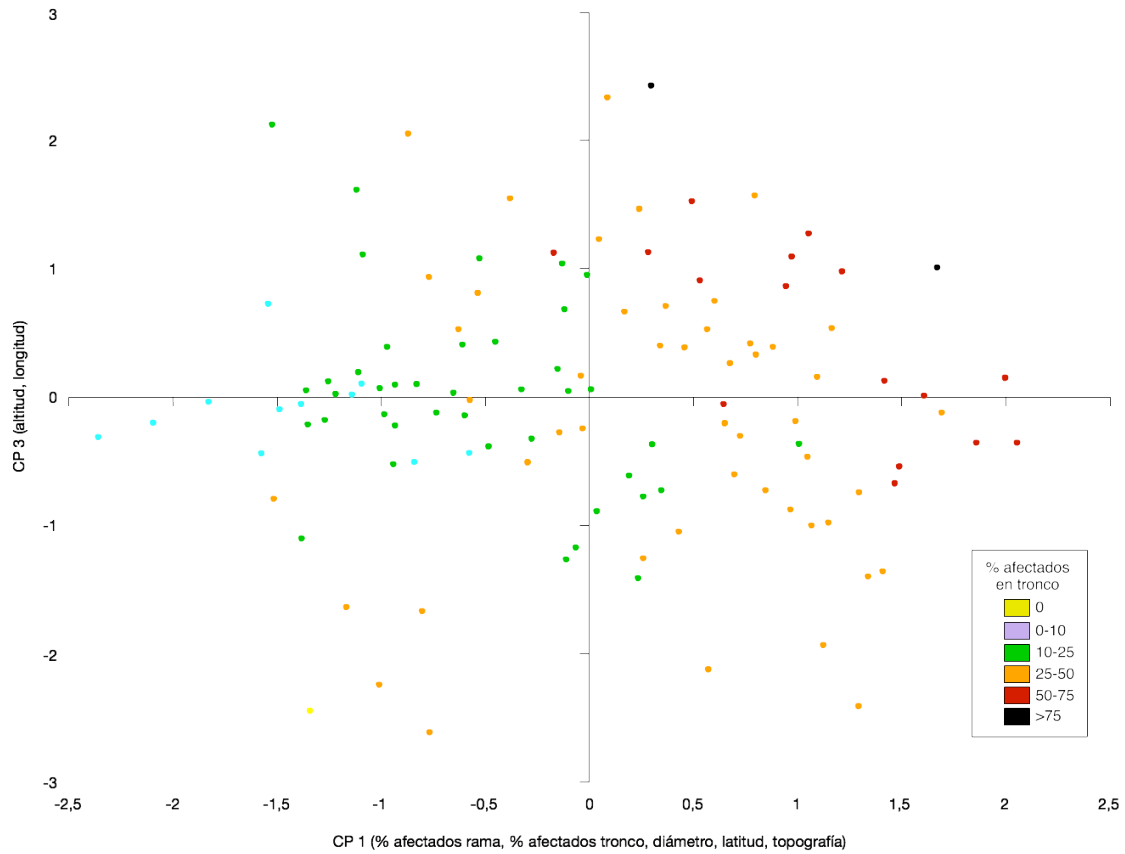


Fig. 3.36. Porcentaje de afectación en tronco (CP1-CP3).

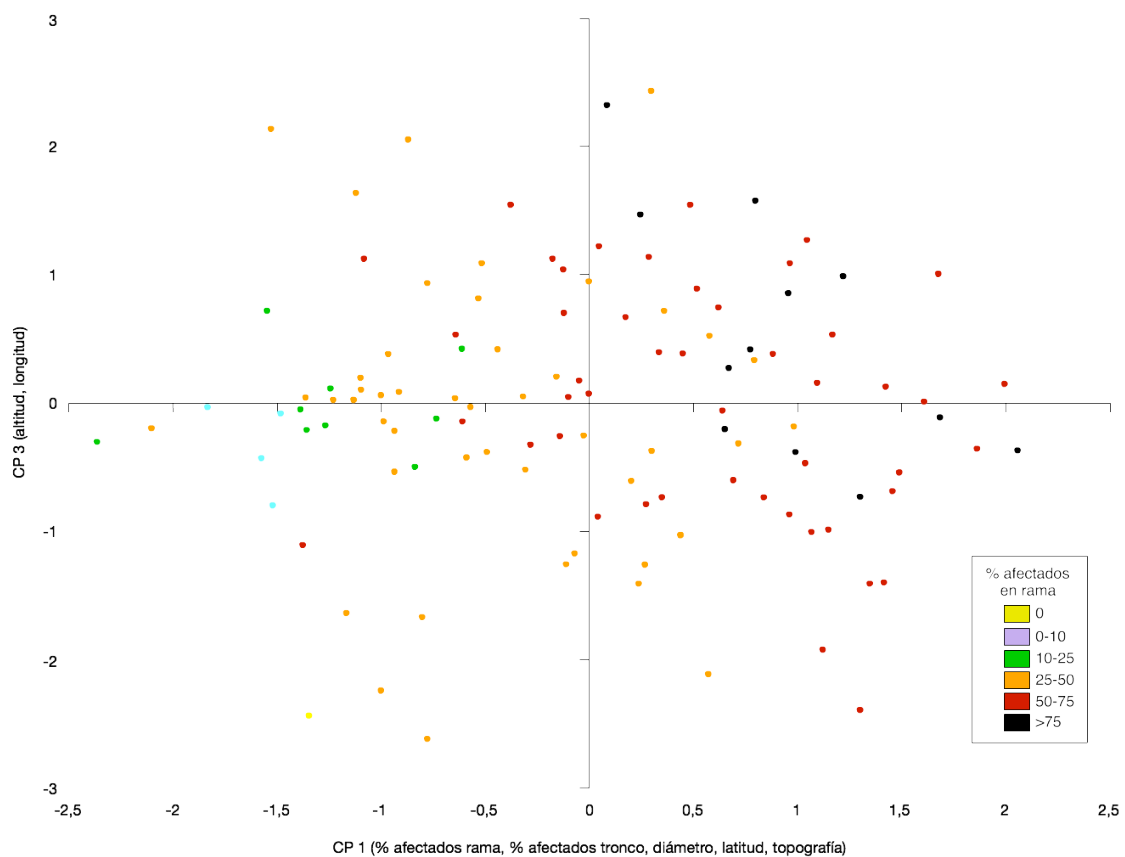


Fig. 3.37. Porcentaje de afectación en rama (CP1-CP3).

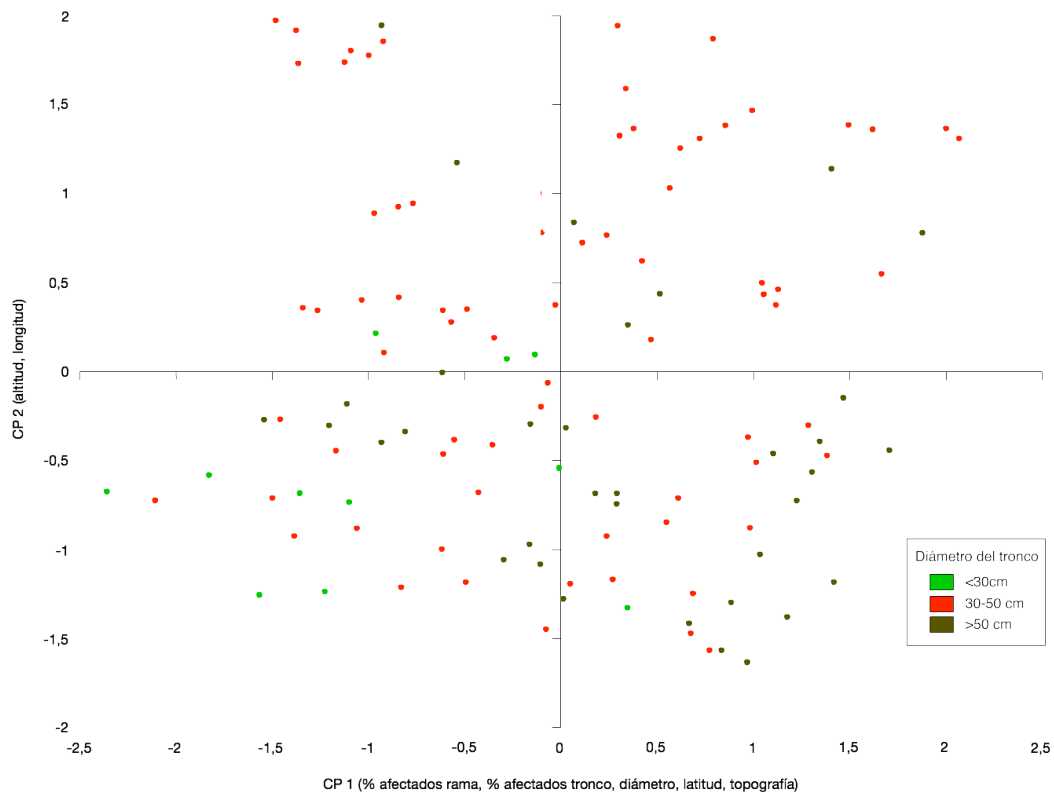


Fig. 3.38. Diámetro del tronco (edad de los árboles) (CP1-CP2).

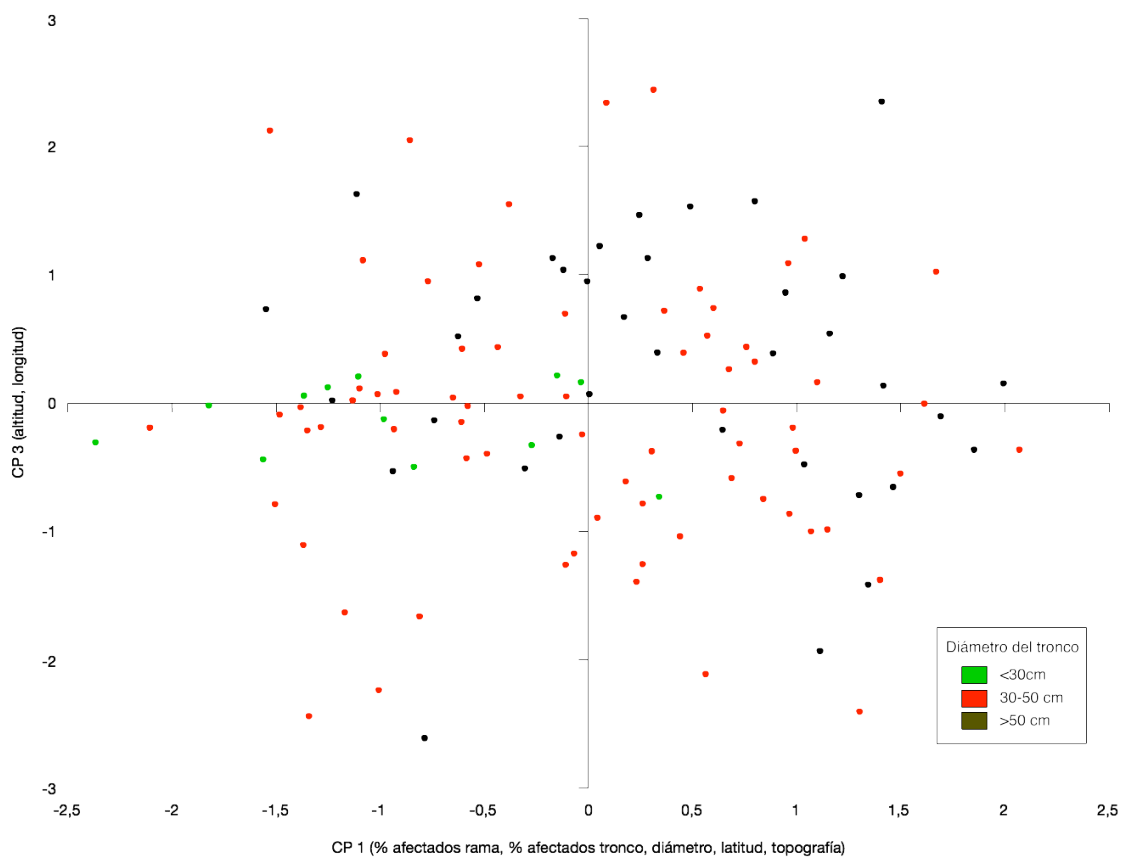


Fig. 3.39. Diámetro del tronco (edad de los árboles) (CP1-CP3).

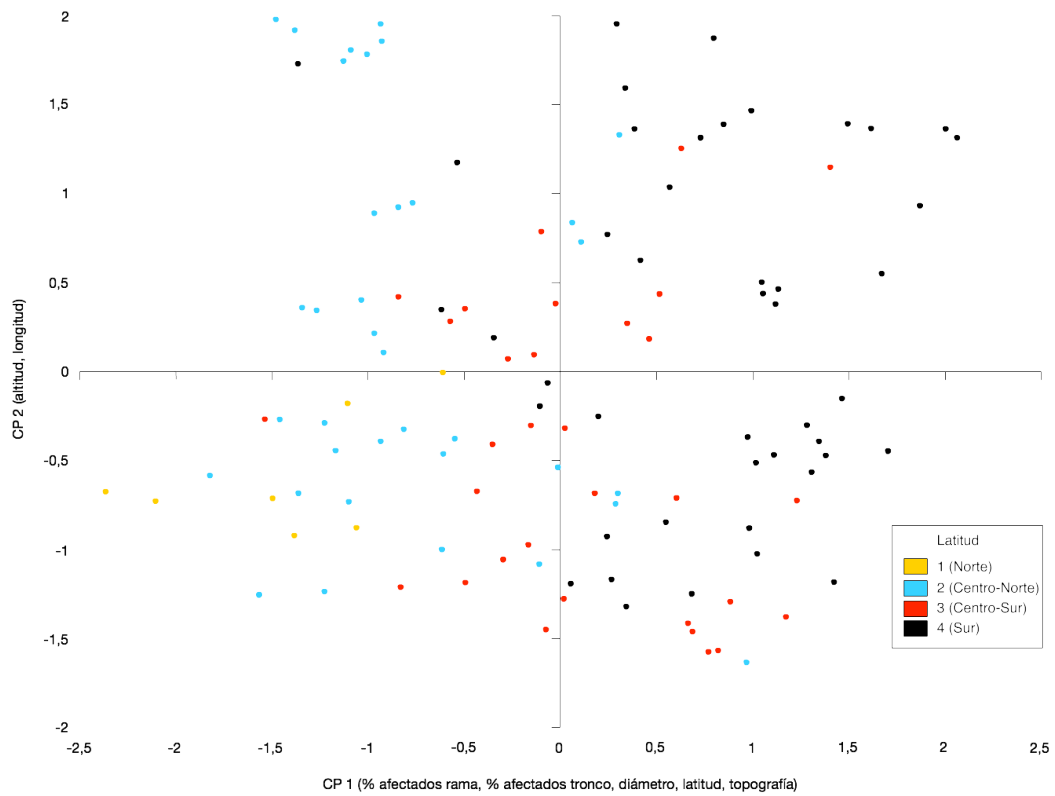


Fig. 3.40. Latitud (CP1-CP2).

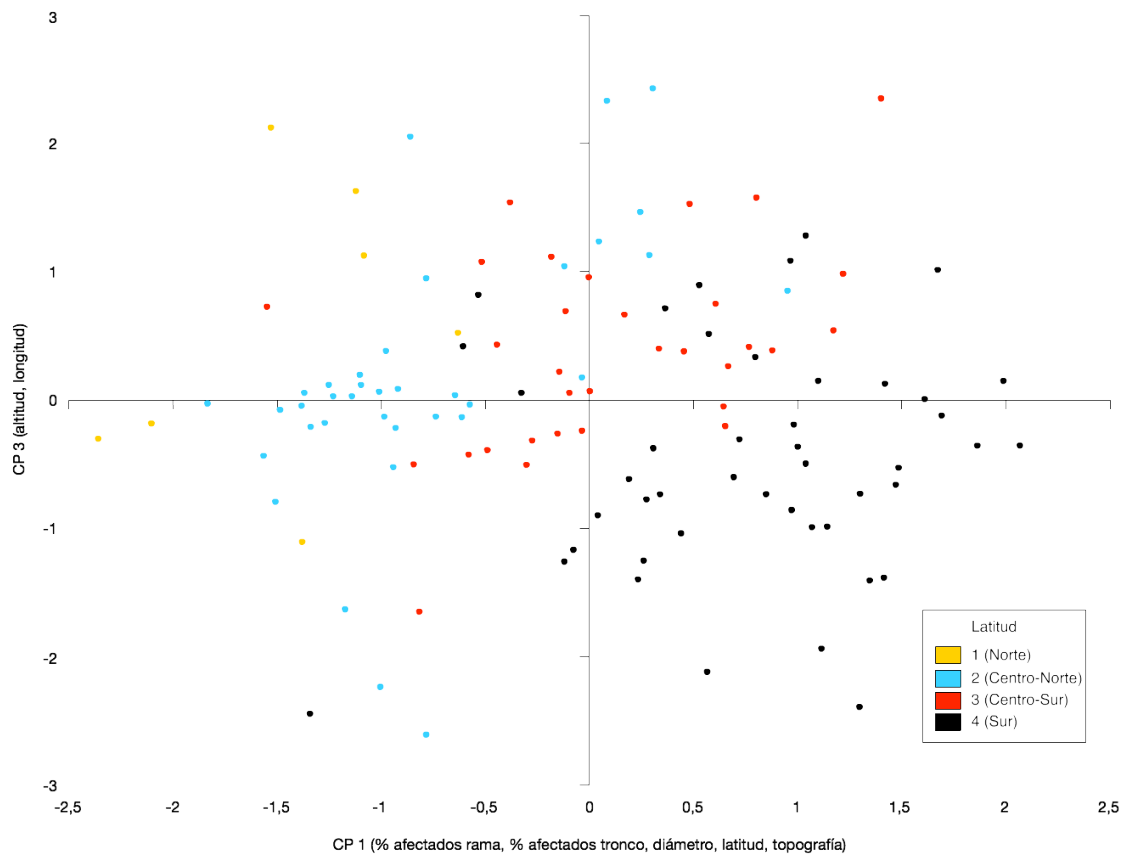


Fig. 3.41. Latitud (CP1-CP3).

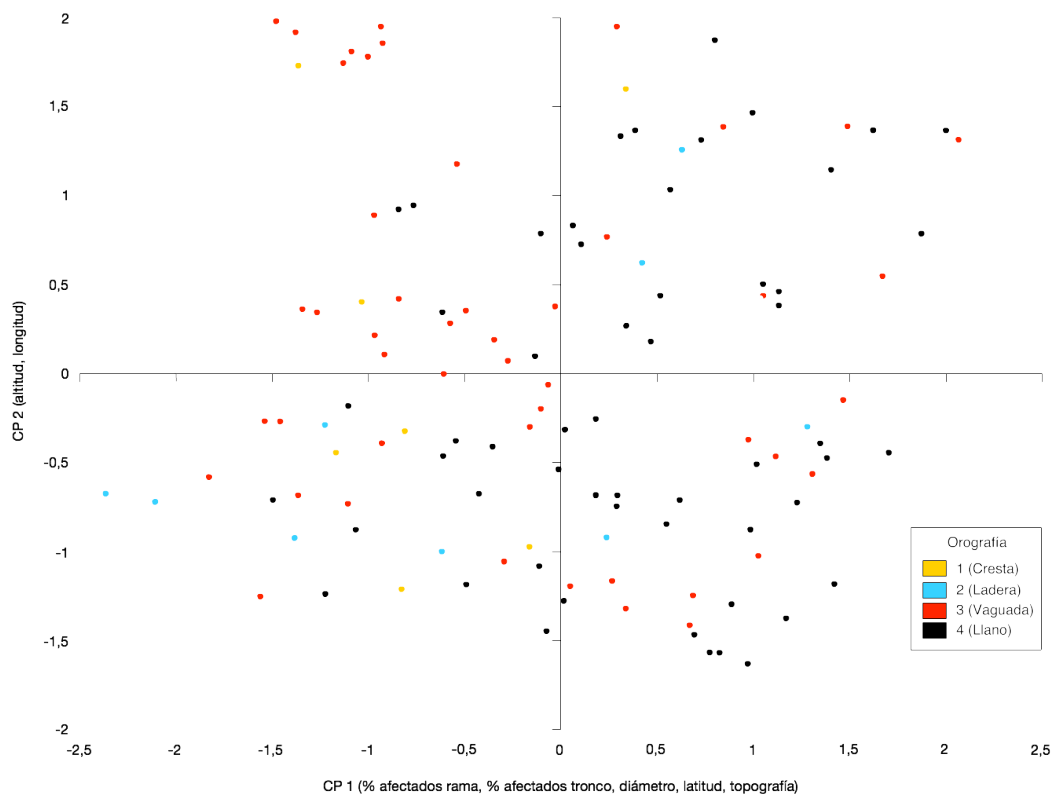


Fig. 3.42. Orografía (CP1-CP2).

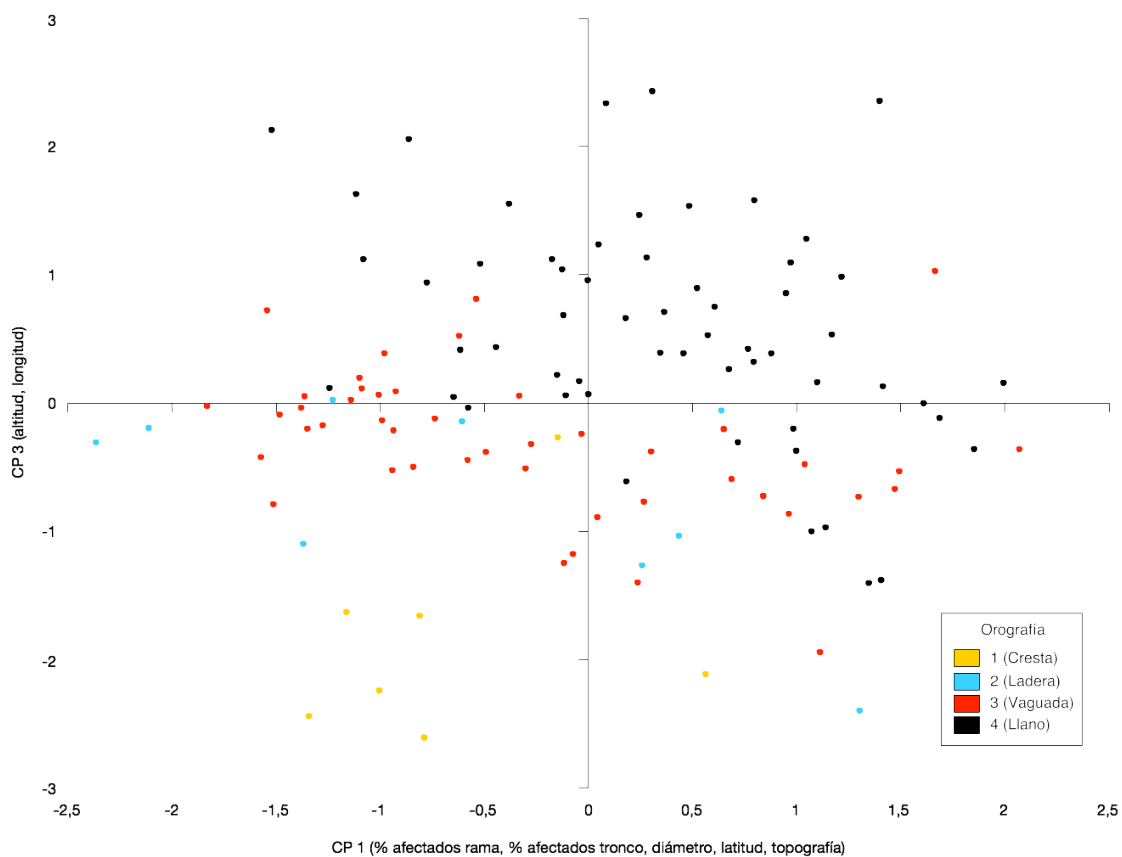


Fig. 3.43. Orografía (CP1-CP3).

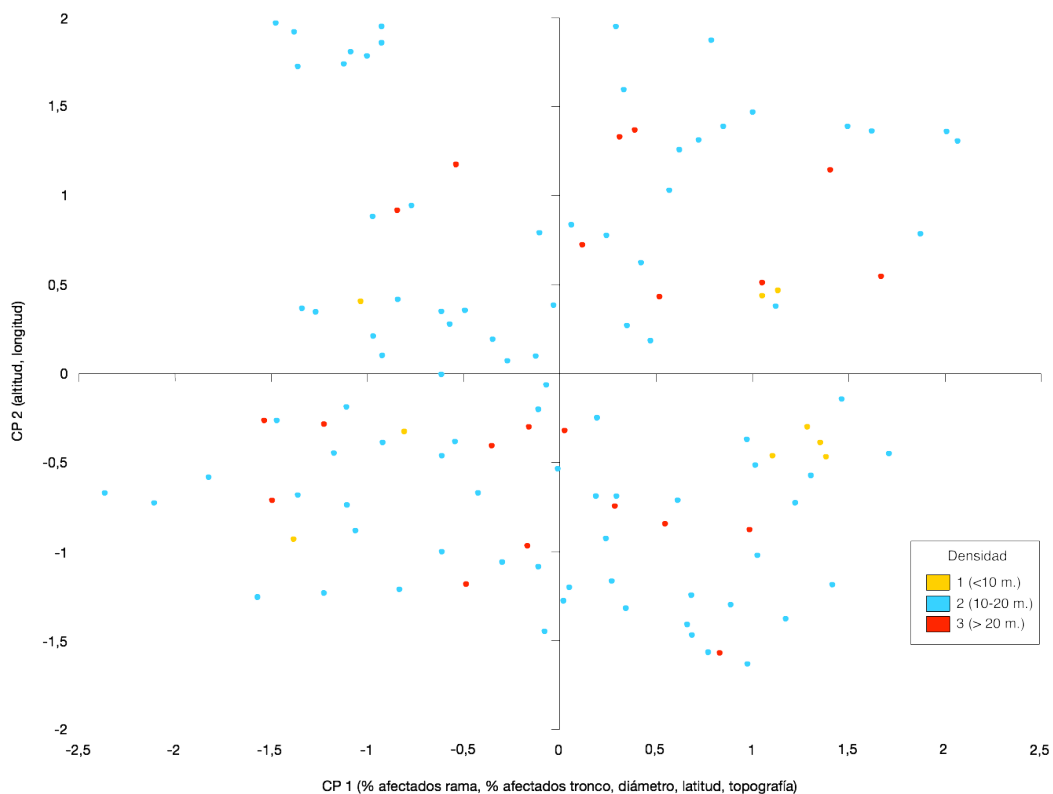


Fig. 3.44. Densidad (CP1-CP2).

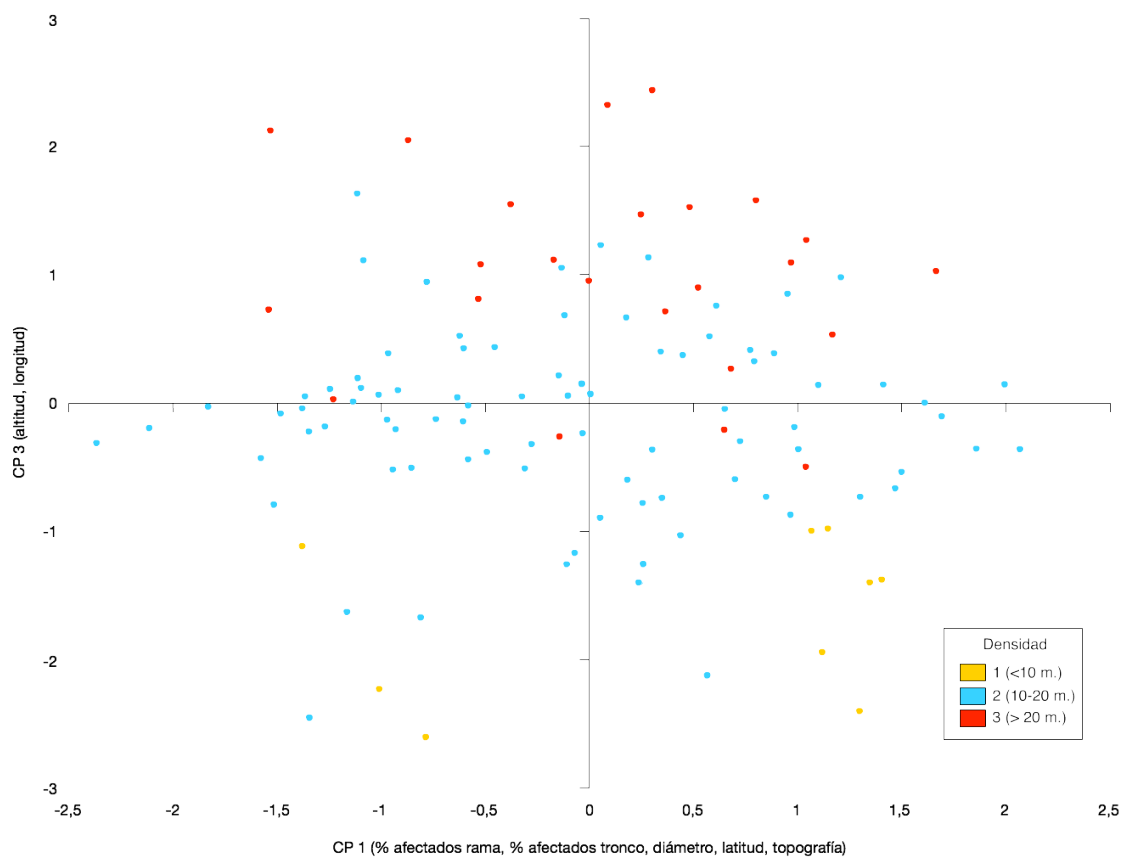


Fig. 3.45. Densidad (CP1-CP3).

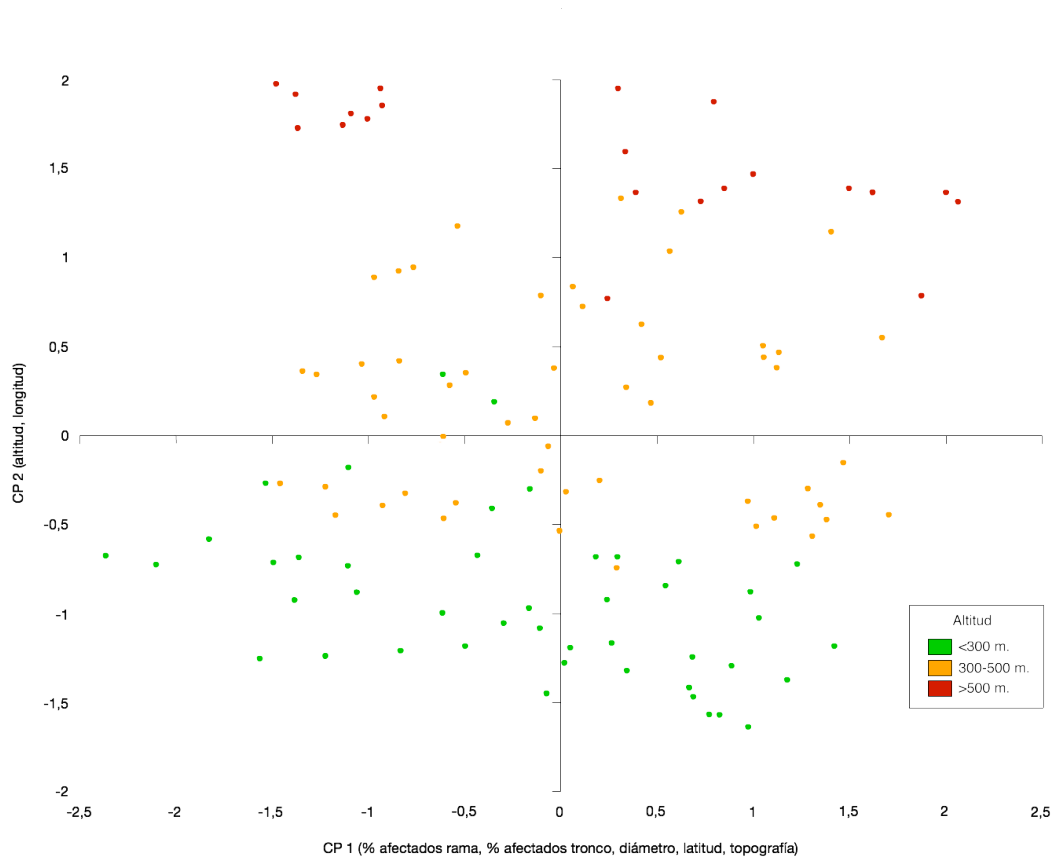


Fig. 3.46. Altitud (CP1-CP2).

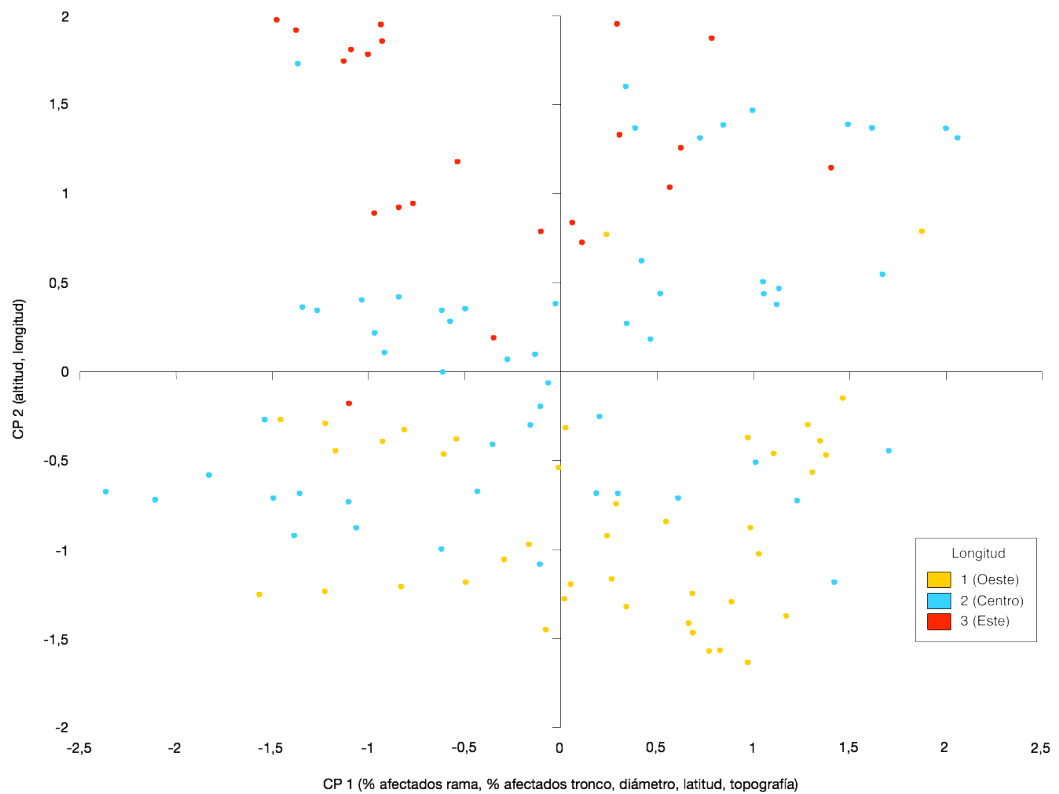


Fig. 3.47. Longitud (CP1-CP2).



### 2.1.3. EVOLUCIÓN DE LOS DAÑOS EN EL TIEMPO

Del análisis comparativo de los 120 puntos de muestreo estudiados en el año 2007 con los mismos de 1990 se obtuvieron los resultados que a continuación se describen.

#### A) Resultados globales

La comparación de los datos globales de daños en el arbolado atribuibles a *Cerambyx* entre los años 1990 y 2007 (Tabla III.13) indica un extraordinario incremento a nivel general y especialmente en las ramas, resultando menos pronunciado a nivel de tronco.

% afectados total		% afectados tronco		% afectados rama	
1990	2007	1990	2007	1990	2007
<b>15,56</b>	<b>55,72</b>	<b>13,64</b>	<b>29,78</b>	<b>8,53</b>	<b>49,81</b>

Tabla III.13. Datos de afectación global en la muestra comparada entre 1990 y 2007.

Los resultados del test Wilcoxon para muestras apareadas permiten afirmar que estos cambios en el tiempo son significativos, con un nivel de confianza del 95%, tanto para la afectación global ( $Z = -9.385$ ,  $p = 0.000$ ), como para el tronco ( $Z = -8.057$ ,  $p = 0.000$ ) y las ramas ( $Z = -9.357$ ,  $p = 0.000$ ).

Agrupando los porcentajes de afectación en intervalos y considerando la frecuencia de puntos incluidos en cada intervalo, se obtiene un histograma de frecuencias comparadas (Fig. 3.49) en el cual se pone de manifiesto de forma palpable la gran diferencia entre los resultados obtenidos en ambos muestreos.

Se observa en dicho histograma el claro predominio de zonas no afectadas o con bajos índices de afectación en 1990 y una pequeña cantidad de puntos con altos porcentajes de árboles dañados, mientras que en 2007 sucede todo lo contrario, con una mayoría de puntos con gran cantidad de árboles afectados y muy pocos con bajos índices de afectación.

Esto refleja una muy importante progresión de la plaga, tanto en su extensión geográfica como en su intensidad.

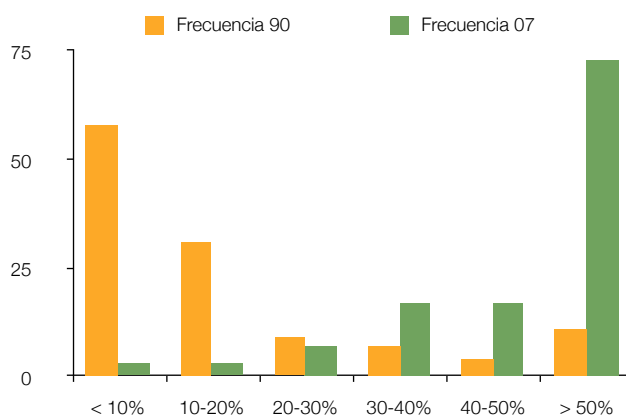


Fig. 3.48. Frecuencias de afectación por puntos de muestreo en 1990 y 2007



## B) Resultados en función de las variables analizadas

En la tabla siguiente se muestran los datos de afectación comparados para cada una de las variables.

		% afectados total		% afectados tronco		% afectados rama	
		1990	2007	1990	2007	1990	2007
ESPECIE	<i>Q. rotundifolia</i>	17,74	60,20	15,66	32,49	9,46	53,94
	<i>Q. suber</i>	5,24	34,60	4,13	16,98	4,13	30,32
LATITUD	norte	5,24	47,62	5,24	17,62	5,24	41,90
	centro-norte	6,67	43,98	6,02	21,39	5,00	38,43
	centro-sur	15,73	62,81	14,06	31,67	9,58	58,33
	sur	24,15	61,33	20,74	37,04	11,11	54,07
LONGITUD	oeste	20,42	60,63	17,36	30,00	12,85	55,90
	centro	14,08	54,76	12,99	30,48	6,19	48,57
	este	8,55	47,54	7,25	27,83	4,49	39,71
DENSIDAD	< 10 m	27,78	58,15	25,93	32,22	16,30	53,33
	10-20 m	12,59	53,56	10,59	27,07	7,26	48,33
	> 20 m	23,02	63,97	21,43	40,32	10,63	54,60
EDAD (Diámetro del tronco)	< 30 cm	0,61	38,18	0,61	14,85	0,00	34,24
	30-50 cm	12,92	53,01	11,37	28,81	6,48	46,26
	> 50 cm	25,46	66,57	22,22	36,30	15,28	61,76
OROGRAFÍA	Cresta	10,95%	41,90%	10,95	22,86	4,76	34,29
	Ladera	11,11%	53,33%	10,00	28,52	3,70	46,67
	Vaguada	11,35%	46,74%	9,43	22,98	6,31	41,99
	Llano	20,29%	65,20%	18,01	36,43	11,58	58,65
ALTITUD	< 300 m	15,11%	58,07%	12,52	28,07	11,11	58,22
	300-500 m	16,48%	56,79%	15,12	30,43	7,28	45,86
	> 500 m	14,13%	47,94%	12,22	31,75	6,19	41,90
EXPLOTACIÓN	Labor	14,55%	55,76%	12,42	30,00	9,09	50,30
	Ganado	16,38%	55,80%	14,86	30,87	8,95	49,71
	Caza	12,50%	55,63%	8,33	23,54	6,25	51,04

Tabla III.14. Datos globales de afectación en cada uno de los intervalos de las distintas variables.

Aplicada la prueba Z de Wilcoxon (Tabla III.15), los valores negativos de Z indican que en todos los casos la suma de los rangos correspondientes a la afectación en 2007 es superior a la de 1990.

En consecuencia, los valores de p revelan la existencia de diferencias significativas en la

práctica totalidad de comparaciones, aunque aparecen excepciones en los afectados en tronco para la densidad (<10 m.) y en tronco y rama para la orografía (cresta).

En el primer caso, la relativamente pequeña diferencia de afectación puede justificar el dato, pero en el caso de la orografía, aún existiendo grandes diferencias de afectación, éstas no resultan significativas. Esto se justifica por la existencia de un cierto equilibrio entre los rangos ordenados de los casos positivos y negativos (aparecidos debido a la aleatoriedad en la elección de los árboles objeto de muestreo en cada punto).

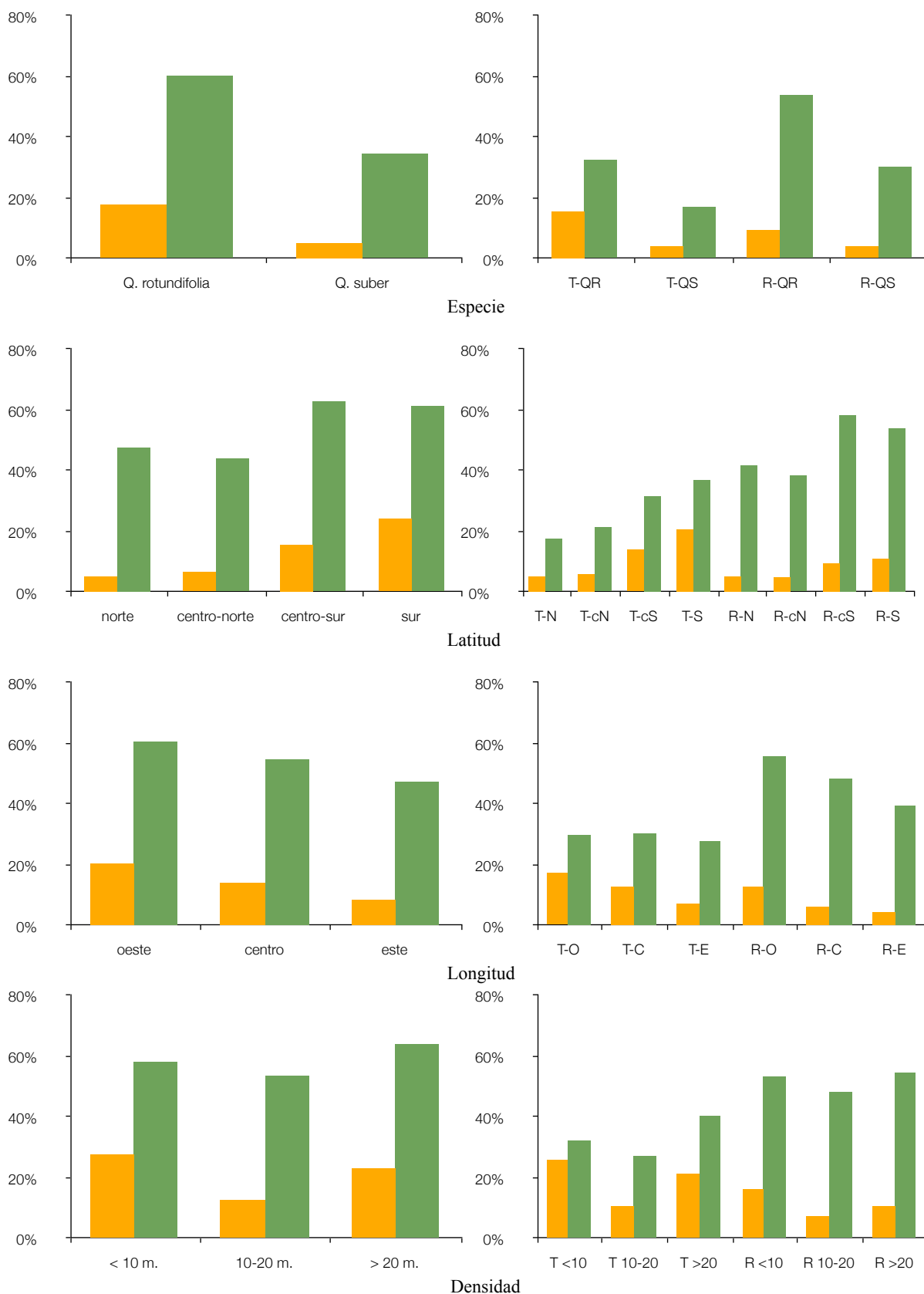
Variable	Intervalos	% afectados total		% afectados tronco		% afectados rama	
		Z	p	Z	p	Z	p
ESPECIE	<i>Q. rotundifolia</i>	-8,531	0,000*	-7,129	0,000*	-8,468	0,000*
	<i>Q. suber</i>	-4,018	0,000*	-4,026	0,000*	-4,016	0,000*
LATITUD	norte	-2,371	0,018*	-2,232	0,026*	-2,366	0,018*
	centro-norte	-5,235	0,000*	-5,177	0,000*	-5,233	0,000*
	centro-sur	-4,941	0,000*	-4,083	0,000*	-4,900	0,000*
	sur	-5,626	0,000*	-4,533	0,000*	-5,545	0,000*
LONGITUD	oeste	-5,886	0,000*	-4,076	0,000*	-5,853	0,000*
	centro	-6,061	0,000*	-5,764	0,000*	-6,039	0,000*
	este	-4,201	0,000*	-4,206	0,000*	-4,138	0,000*
DENSIDAD	< 10 m	-2,019	0,043*	-0,912	0,362	-2,310	0,021*
	10-20 m	-8,205	0,000*	-7,385	0,000*	-8,161	0,000*
	> 20 m	-4,017	0,000*	-3,551	0,000*	-3,981	0,000*
EDAD (Diámetro del tronco)	< 30 cm	-2,934	0,003*	-2,940	0,003*	-2,936	0,003*
	30-50 cm	-7,393	0,000*	-6,564	0,000*	-7,357	0,000*
	> 50 cm	-5,077	0,000*	-3,888	0,000*	-5,045	0,000*
OROGRAFÍA	Cresta	-2,117	0,034*	-1,693	0,090	-1,859	0,063
	Ladera	-5,973	0,000*	-5,226	0,000*	-5,908	0,000*
	Vaguada	-2,668	0,008*	-2,527	0,012*	-2,668	0,008*
	Llano	-6,472	0,000*	-5,458	0,000*	-6,400	0,000*
ALTITUD	< 300 m	-5,844	0,000*	-4,942	0,000*	-5,842	0,000*
	300-500 m	-6,241	0,000*	-5,279	0,000*	-6,194	0,000*
	> 500 m	-3,886	0,000*	-3,675	0,000*	-3,912	0,000*
EXPLOTACIÓN	Labor	-2,848	0,004*	-2,590	0,010*	-2,845	0,004*
	Ganado	-8,221	0,000*	-6,865	0,000*	-8,184	0,000*
	Caza	-3,519	0,000*	-3,526	0,000*	-3,518	0,000*

Tabla III.15. Valores de Z de Wilcoxon y de p al comparar los niveles de ataque entre 1990 y 2007 en cada uno de los intervalos establecidos para cada variable. Los valores de p marcados (\*) corresponden a diferencias significativas para un nivel de confianza del 95%.

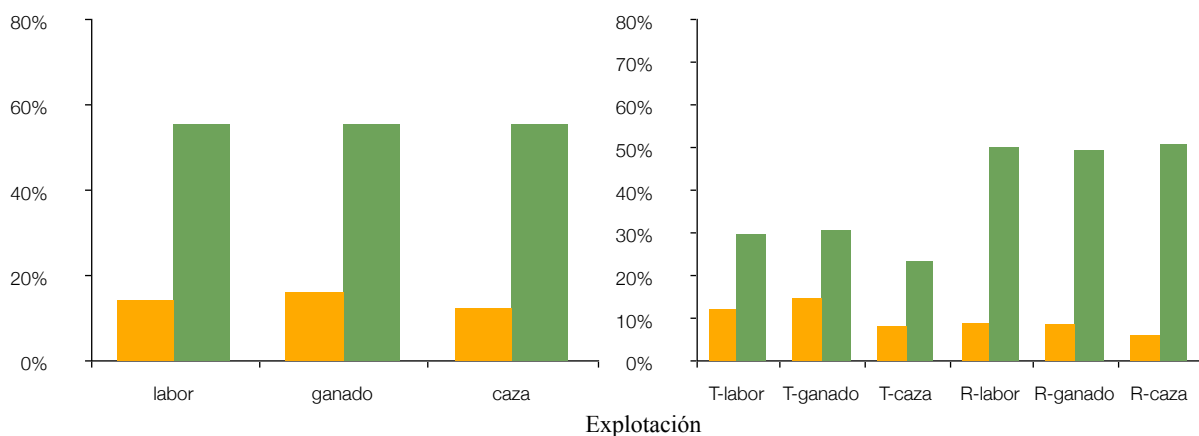
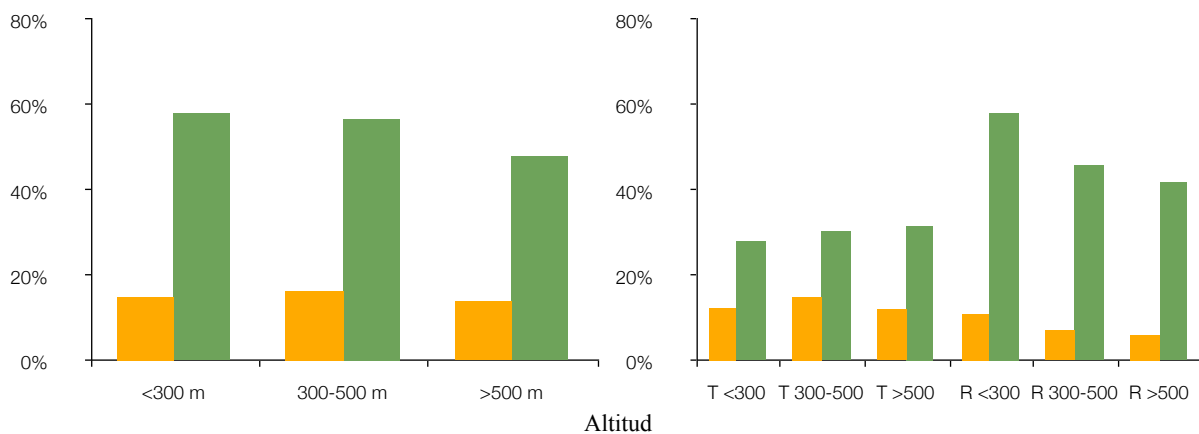
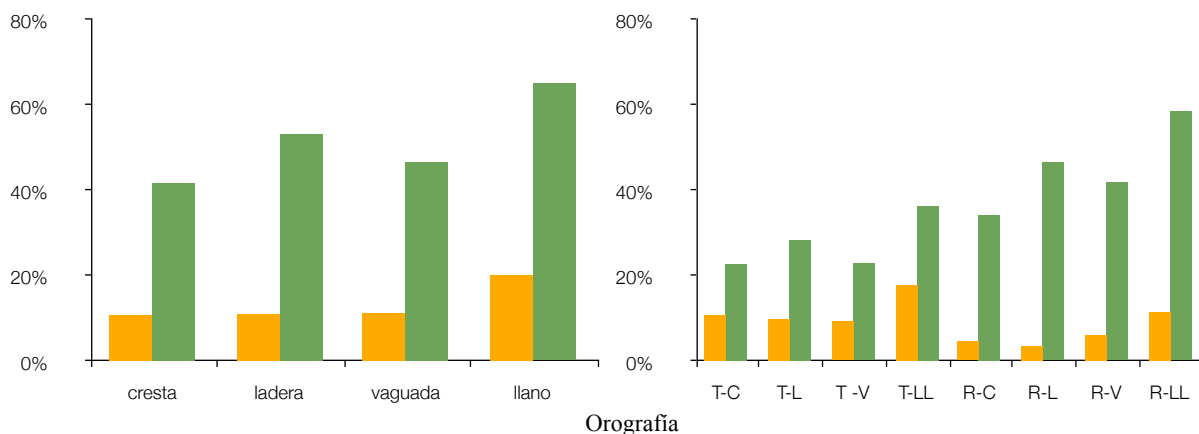
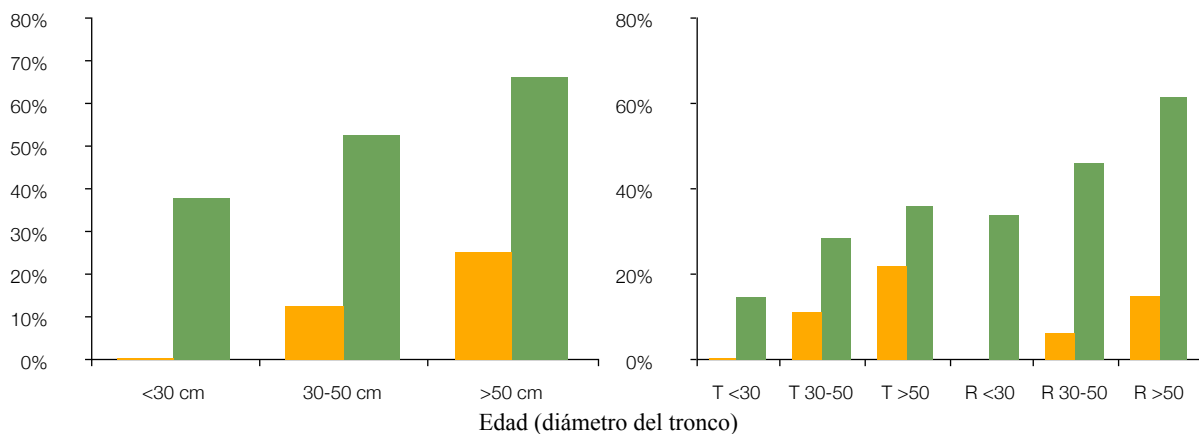
En la Fig. 3.49 se ilustran gráficamente los datos de la tabla para cada una de las variables. Los aspectos más destacables observados en ellos son los siguientes:

- ★ En todos los casos los niveles de afectación del arbolado se han intensificado de forma muy importante, tanto a nivel global como en cada uno de los intervalos de las variables consideradas.
- ★ Los mayores incrementos se han producido en las ramas, cuyos valores son los responsables del gran aumento de los daños generales. Los daños en troncos se han agravado mucho menos que en ramas, en todos los casos.
- ★ Las variaciones más llamativas se producen en los alcornoques, que en el primer muestreo presentaban índices de afectación muy bajos y se han visto muy incrementados. En las encinas destaca una menor ampliación de los daños en troncos.
- ★ Latitudinalmente, es en la zona norte donde se aprecian las elevaciones más significativas, mientras que en los tres sectores longitudinales los incrementos son parejos.
- ★ En los puntos con menor densidad de arbolado es donde se ha acrecentado el problema de forma más acusada, siendo éstas las áreas más afectadas en la actualidad. Destaca que en las zonas de elevada densidad el aumento de los daños en el tronco es especialmente bajo, hasta tal punto de no resultar estadísticamente significativo.
- ★ Los daños se han extendido hasta los árboles jóvenes, de manera que existe una importante proporción de ellos afectados.
- ★ En laderas y llanos es donde se aprecian los mayores aumentos de afectación global, siendo algo menos pronunciados en las vaguadas y aún menos en las crestas. Sin embargo, en todos los casos los incrementos son muy importantes.
- ★ Aunque en todos los intervalos de altitud se han producido incrementos de afectación muy importantes, los puntos situados a mayor altitud han sufrido un aumento ligeramente menor de los daños.
- ★ La extensión de los daños ha sido muy pareja en las zonas de labor, ganado y caza, encontrándose muy equilibrados los niveles entre los tres tipos de explotación.

Fig. 3. 49. Gráficos comparativos de los grados de afectación entre 1990 y 2007 en función de las distintas variables, a nivel global (iz) y desglosado en tronco (T) y rama (R) (de).  
■ 1990 ■ 2007



III. Resultados



## 3.2. ANÁLISIS MORFOBIOMÉTRICO DE *Cerambyx welensii* (Küster, 1846)

### 3.2.1. DATOS DE CAPTURAS

Entre los años 2007 y 2010 se realizaron capturas de individuos en los alrededores de Badajoz, con el fin de comprobar la abundancia relativa de las especies de cerambícidos de gran tamaño que podrían ser los responsables de los taladros observados en los árboles, además de efectuar un estudio de la variabilidad morfológica de los ejemplares de *C. welensii*.

#### A) Especies de cerambícidos capturadas

Durante el periodo 2007/10 se capturaron 3 especies de grandes cerambícidos en la zona referida (Tabla III.23), resultando que el 97,83% del total de individuos pertenecían a la especie *Cerambyx welensii*, mientras que la presencia de *C. cerdo* (0,87%) y *Prinobius germari* (1,30%) resultó testimonial por su escasa proporción.

Año	<i>C. welensii</i>		<i>C. cerdo</i>	<i>P. germari</i>
	machos	hembras		
2007	44	12	1	0
2008	19	2	0	1
2009	103	61	2	2
2010	137	74	1	3
Totales	303	149	4	6

Tabla III.23. Número de ejemplares de cerambícidos capturados entre los años 2007-2010

Estos valores avalan la idea de que la especie responsable de los elevados niveles de afectación observados en el arbolado de las dehesas sería *C. welensii*, ya que que *C. cerdo* y *P. germari*\* tienen una presencia prácticamente testimonial (0,87 y 1,30% del total de capturas, respectivamente).

\* La aparición de los imagos de esta especie ha coincidido siempre con los últimos ejemplares de *C. welensii* o su ausencia.

El 85,68% del total de las capturas de *Cerambyx* se realizó entre la segunda quincena de Junio y la primera de Julio, con muy escasa abundancia de ejemplares antes y después de estas fechas y destacando que nunca se llegó a recoger ningún individuo a partir de antes de mediados de Agosto, época en la que se encontraban ya en las trampas ejemplares de *P. germari*.

### **B) Razón sexual en *C. welensii***

De los 452 ejemplares de *Cerambyx welensii* capturados, 149 eran hembras (32.96%) y 303 machos (67.04%).

La razón sexual tiene un valor, en consecuencia, de 0.33.

Por tanto, la proporción machos/hembras en la población es de 1 : 0,33. Y a la inversa, 1 : 2,03, lo que implica la presencia en la zona estudiada de una media de más de dos machos por cada hembra, lo que implica una fuerte competencia reproductora entre los machos.

### 3.2.2. CARACTERES MORFOBIOMÉTRICOS

En este apartado se describen los resultados obtenidos en los análisis sobre la variabilidad de los caracteres morfológicos seleccionados en la muestra de *C. welensii*, separados por sexos, debido al evidente dimorfismo sexual existente en la especie en varios rasgos anatómicos.

#### A) Valores medios y homogeneidad de las muestras

En la Tabla III.24 se muestran los valores medios obtenidos para los caracteres morfobiométricos evaluados, separados por sexos.

	Machos (N=303)			Hembras (N=149)		
	$\bar{x}$	Mín - Máx	$\sigma$	$\bar{x}$	Mín - Máx	$\sigma$
Longitud total del cuerpo	45,83 ± 0,22	32,05 - 54,08	3,89	49,67 ± 0,26	35,95 - 55,67	3,20
Longitud de las antenas	64,31 ± 0,57	38,29 - 92,53	10,00	34,43 ± 0,18	25,62 - 39,25	2,23
Grosor máximo	9,54 ± 0,05	6,86 - 11,83	0,94	10,47 ± 0,06	7,46 - 12,40	0,79
Peso	2,36 ± 0,03	0,86 - 4,15	0,60	2,81 ± 0,04	1,21 - 3,89	0,54
Longitud de la cabeza	9,64 ± 0,05	6,94 - 11,55	0,83	9,57 ± 0,05	6,96 - 10,97	0,61
Ancho de la cabeza	7,13 ± 0,04	4,55 - 9,41	0,78	7,14 ± 0,04	5,58 - 8,10	0,44
Longitud del pronoto	7,92 ± 0,04	5,96 - 9,94	0,74	8,19 ± 0,05	6,13 - 9,34	0,55
Ancho del pronoto	10,28 ± 0,06	7,03 - 12,59	1,04	10,76 ± 0,06	8,22 - 12,45	0,74
Longitud de los élitros	30,58 ± 0,15	21,69 - 36,52	2,62	33,76 ± 0,17	24,59 - 38,22	2,13
Ancho de los élitros	11,21 ± 0,06	7,58 - 13,83	1,09	12,82 ± 0,08	9,53 - 14,97	0,98
Longitud patas ant.	26,57 ± 0,13	19,98 - 31,37	2,28	25,17 ± 0,12	19,26 - 29,05	1,52
Longitud patas medias	30,43 ± 0,15	23,20 - 36,13	2,69	28,69 ± 0,15	20,53 - 33,54	1,78
Longitud patas post.	35,40 ± 0,15	27,74 - 41,05	2,56	34,67 ± 0,15	26,41 - 38,66	1,81

Tabla III.24. Valores medios, máximos y mínimos registrados para los caracteres morfológicos analizados en *C. welensii* (las longitudes medidas en mm y la masa en g)

Estos datos muestran un mayor tamaño corporal medio de las hembras, que se manifiesta en casi todos los rasgos de su anatomía. Sin embargo, las antenas, cabeza y patas son más cortas, apuntando a un posible dimorfismo en estos caracteres, que es muy evidente en las antenas y no tanto en el resto.



Aplicado el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (Tabla III.25), se obtuvo que todas las variables, consideradas para cada sexo, se ajustan a una distribución normal. A nivel global, la longitud de las antenas no se distribuye normalmente, lo que muestra una variabilidad muy grande en este rasgo si no se separan machos y hembras.

	Global (N=452)		Machos (N=303)		Hembras (N=149)	
	Z	p	Z	p	Z	p
Longitud del cuerpo	1,228	0,098	0,777	0,581	0,826	0,503
Longitud de las antenas	3,408	0,000*	0,747	0,633	0,467	0,981
Grosor máximo	1,293	0,070	0,718	0,682	1,027	0,242
Peso	0,622	0,833	0,570	0,901	0,721	0,676
Longitud de la cabeza	1,270	0,079	1,112	0,168	0,948	0,330
Ancho de la cabeza	0,910	0,380	0,463	0,983	0,862	0,447
Longitud del pronoto	1,048	0,222	0,913	0,375	0,569	0,903
Ancho del pronoto	1,094	0,183	0,938	0,343	0,885	0,414
Longitud de los élitros	1,107	0,172	1,008	0,261	0,760	0,610
Ancho de los élitros	1,343	0,054	1,100	0,178	1,135	0,152
Longitud total patas anteriores	0,530	0,941	1,141	0,148	0,844	0,474
Longitud total patas medias	0,993	0,277	1,262	0,083	1,202	0,111
Longitud total patas posteriores	0,874	0,429	1,325	0,060	0,995	0,276

Tabla III.25. Valores de la Z de Kolmogorov-Smirnov y de p para cada una de las variables morfológicas estudiadas, a nivel global, para machos y para hembras. Los valores de p marcados (\*) determinan que la muestra para esa variable no se ajusta a una distribución normal (para  $\alpha=0.05$ )

Esta prueba ya evidencia un acusado dimorfismo sexual para la longitud de las antenas, como era lógico esperar, al tratarse de un rasgo claramente apreciable a simple vista y que permite diferenciar entre sexos.

La relación entre la talla media de ambos sexos es de 1,08, un valor no muy elevado, aunque estadísticamente significativo. Igual ocurre con otros rasgos morfológicos, que aún presentando diferencias significativas entre sexos no resultan lo suficientemente importantes como para ser definitorios.

Un análisis estadístico más profundo, en el apartado siguiente, permitirá establecer diferencias entre ambos sexos para otros caracteres.

Por otra parte, en el apartado correspondiente se comprobará que dicho dimorfismo se revela con claridad al confrontar las variables morfológicas dos a dos.

## B) Índice y coeficiente de variación de la talla

Aplicando las fórmulas correspondientes, se obtuvieron los siguientes valores:

	Global	Machos	Hembras
I	1,74	1,69	1,55
CV	48,11	48,07	39,70

Tabla III.26. Valores del índice (I) y del coeficiente (CV) de variación de la talla, a nivel global y en machos y hembras en la población estudiada de *C. welensii*

Los valores globales de I y CV siendo bastante elevados, no lo son en exceso. El valor inferior a 50 del coeficiente de variación de la talla apunta a que el grado las variaciones de la longitud corporal en la población analizada, siendo importante, no se puede considerar como excesivamente elevado.

Los valores de I en ambos sexos confirman algo que se adivina observando los valores de la Tabla III.24 y es que la variabilidad en el tamaño corporal es muy superior en los machos, mientras que las hembras presentan una mayor homogeneidad en la talla.

## C) Contraste entre sexos

A partir de las representaciones gráficas de las frecuencias de los distintos intervalos de valores para cada una de las variables morfológicas (figs. 5.50 a 5.62) mediante histogramas de frecuencias y diagramas de cajas, y mediante la validación estadística de los tests de Levene y “T” (Tabla III.27) se pueden extraer los rasgos más destacados que se explican a continuación sobre la variabilidad morfológica existente en ambos sexos, que ya apuntan a cierto dimorfismo sexual en algunos casos, que se contrastará a través del análisis de los parámetros morfobiométricos.

Carácter morfobiométrico (♂/♀)	Test de Levene para la igualdad de varianzas		Test T para la igualdad de medias		
	F	p	t	p	intervalo de dif. entre medias (mín/máx)
Longitud total del cuerpo	8,074	0,005*	-11,132	0,000**	-4,509 / -3,155
Longitud de las antenas	190,695	0,000*	49,570	0,000**	28,249 / 31,509
Grosor máximo	9,866	0,002*	-11,117	0,000**	-1,103 / -0,771
Peso	1,336	0,248	-7,644	0,000**	-0,558 / -0,330
Longitud de la cabeza	16,746	0,000*	1,015	0,311	-0,656 / 0,205
Ancho de la cabeza	45,701	0,000*	-0,087	0,931	-0,118 / 0,108
Longitud del pronoto	19,481	0,000*	-4,385	0,000**	-0,393 / -0,150
Ancho del pronoto	20,959	0,000*	-5,708	0,000**	-0,650 / -0,317
Longitud de los élitros	8,631	0,003*	-13,817	0,000**	-3,634 / -2,728
Ancho de los élitros	5,436	0,020*	-15,730	0,000**	-1,808 / -1,406
Longitud de las patas anteriores	27,059	0,000*	7,767	0,000**	1,049 / 1,760
Longitud de las patas medias	39,967	0,000*	8,196	0,000**	1,323 / 2,158
Longitud de las patas posteriores	31,813	0,000*	3,535	0,000**	0,328 / 1,150

Tabla III.27. Valores de los tests de Levene y T al comparar machos y hembras para los caracteres morfológicos estudiados. Para F, los valores de p marcados (\*) indican diferencias significativas entre las varianzas de ambos sexos para un nivel de confianza del 95%. Para t, los valores de p marcados (\*\*) indican diferencias significativas entre las medias de ambos sexos para un nivel de confianza del 95%.

Para el peso, al ser iguales las varianzas, se aplicó el test T específico para el caso

En cuanto a la longitud del cuerpo (Fig. 3.50), las hembras alcanzan un tamaño significativamente mayor que los machos (con valores centrales más elevados y mediana notablemente mayor) y una menor variabilidad entre los valores extremos.

Casi la mitad de las hembras estudiadas (47.65%) presentan una longitud mayor de 50 mm, mientras que sólo el 14.85% de los machos supera esta cifra.

Además de mayor longitud, las hembras presentan también un cuerpo más grueso que los machos (Fig. 3.52). Aunque el intervalo de valores típicos de los machos es más amplio, en las hembras se aprecia un mayor grado de asimetría, con algunos valores no típicos.

Aunque existen diferencias en el peso, a favor de las hembras (Fig. 3.53), marcando una tendencia que se aproxima mucho a las de la longitud y grosor del cuerpo, no se trata de un carácter claramente determinante para diferenciar ambos sexos, salvo que sea considerado junto a los

anteriores. Las varianzas no se pueden considerar distintas, sobre todo debido a la gran dispersión del peso en los machos. Sin embargo, el test T revela diferencias significativas para las medias.

Se confirma estadísticamente la evidente diferencia de longitud de las antenas entre los sexos (Fig. 3.51), de tal forma que es el principal elemento diferenciador entre ambos.

Los elevados valores de t y de la F de Levene ratifican unas diferencias entre las varianzas y las medias de ambas muestras muy importantes y a favor de los machos.

Las antenas de los machos son siempre más largas que el cuerpo, mientras que las de las hembras nunca alcanzan la longitud corporal, como se comprobará en el apartado correspondiente a las ratios.

Sólo las antenas de las hembras más grandes pueden llegar a superar la longitud de las de los machos muy pequeños.

No se pueden establecer diferencias entre machos y hembras en cuanto a la longitud y el ancho de la cabeza (figs. 5.54 y 5.55), con la caja de valores centrales y la mediana muy similares (más amplia la caja en machos, probablemente debido al mayor tamaño de la muestra) y los histogramas de frecuencias muy similares en su distribución.

Además, en ambos casos existen diferencias significativas entre las varianzas y las medias se pueden considerar iguales con un nivel de confianza del 95%, pues el 0 se encuentra dentro del intervalo de diferencias entre medias.

El tamaño de la cabeza puede ser, a pesar de ello, un buen elemento diferenciador entre sexos, como se comprobará en el siguiente apartado, ya que indica que entre dos ejemplares de diferente sexo, a igualdad de tamaño el macho presentará una cabeza de mayores dimensiones.

Sí existen diferencias significativas para la longitud y el ancho del pronoto, aunque en los gráficos (figs. 5.56 y 5.57) no resulta tan evidente, sobre todo para la longitud. Existe mayor dispersión para los machos y los valores centrales son bastante parecidos, aunque más desplazados hacia la derecha en las hembras.

Por tanto, las dimensiones del pronoto presentan diferencias significativas entre ambos sexos, siendo de mayor tamaño para las dos magnitudes en las hembras. No es, sin embargo, un rasgo diferenciador, ya que estaría justificado por la mayor longitud corporal de las hembras.

Tanto la longitud como el ancho de los élitros (tanto en la base como en el ápice) son significativamente mayores en las hembras (figs. 5.58 y 5.59), tal y como sugieren los gráficos y se valida en las pruebas de Levene y T.

Los tres pares de patas son significativamente más largas en los machos (figs. 5.60, 5.61 y 5.62), apreciándose en los gráficos un desplazamiento hacia la derecha en las frecuencias de estos (menos evidente para las patas posteriores), de forma que la media y mediana son más elevadas, aunque existe bastante superposición en los valores.

Se puede afirmar, por tanto, que estadísticamente las patas de los machos son más grandes que las de las hembras, a pesar de que el tamaño corporal de éstas es mayor. Esto manifiesta un dimorfismo sexual evidente cuando se comparan ejemplares de ambos sexos de similar tamaño.

Figuras 5.50 a 5.62. Comparación de los distintos caracteres morfobiométricos entre sexos, mediante diagramas de cajas (*iz*) (que abarcan el 50% de los casos centrales y la mediana) e histograma de frecuencias (*de*)

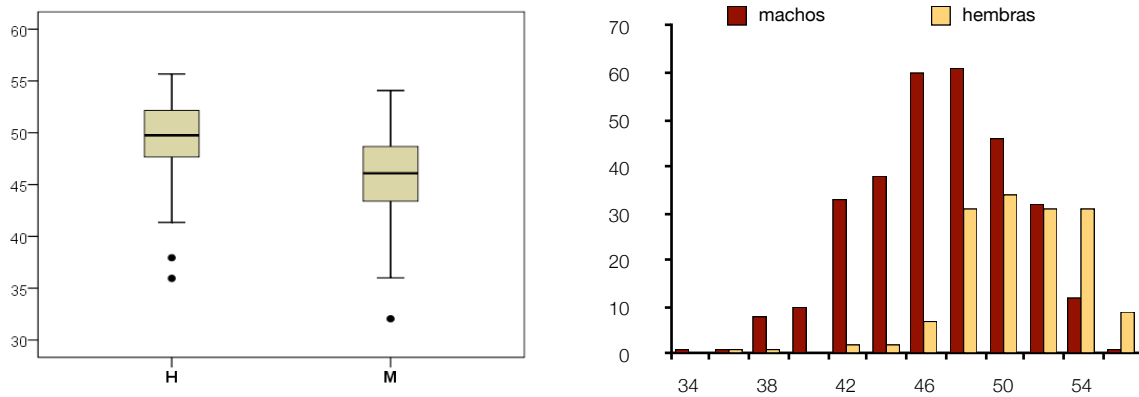


Fig. 3.50. Longitud del cuerpo

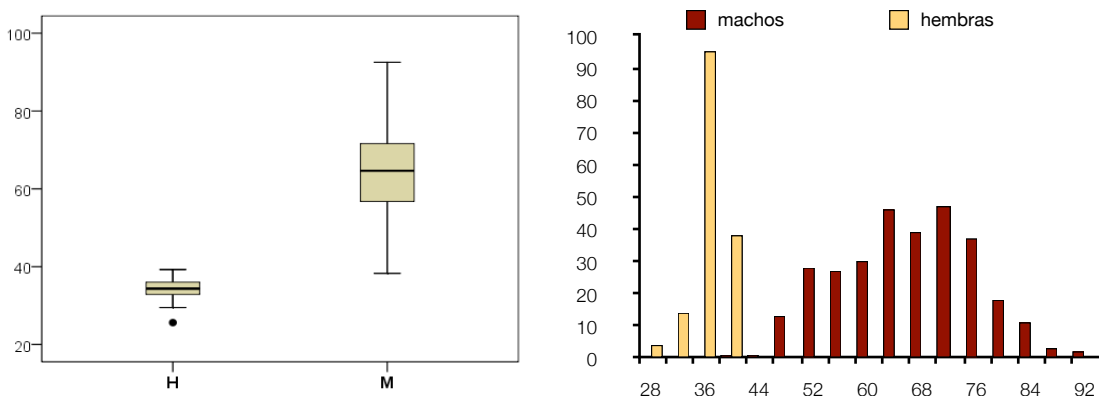


Fig. 3.51. Longitud de las antenas

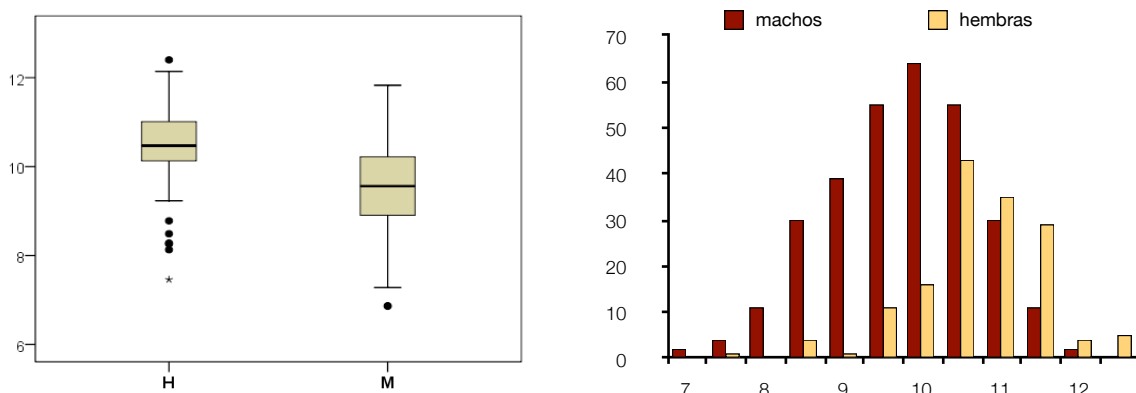


Fig. 3.52. Grosor máximo

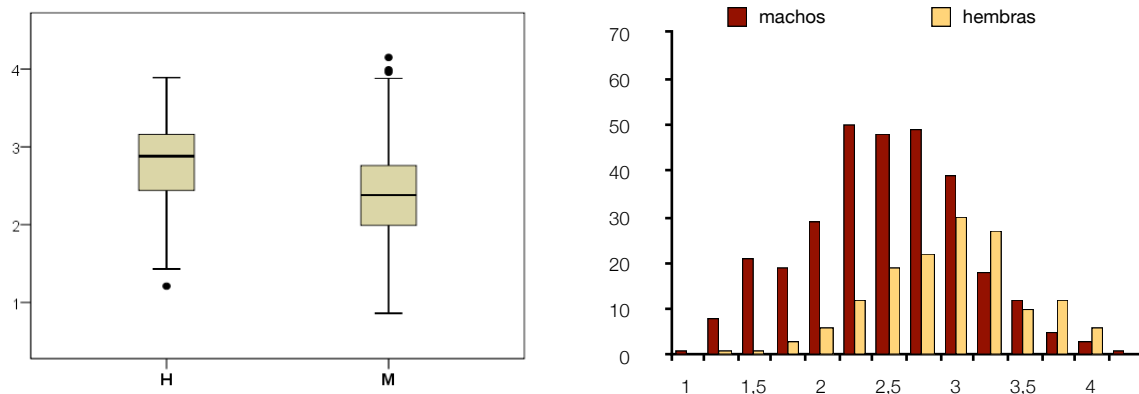


Fig. 3.53. Peso

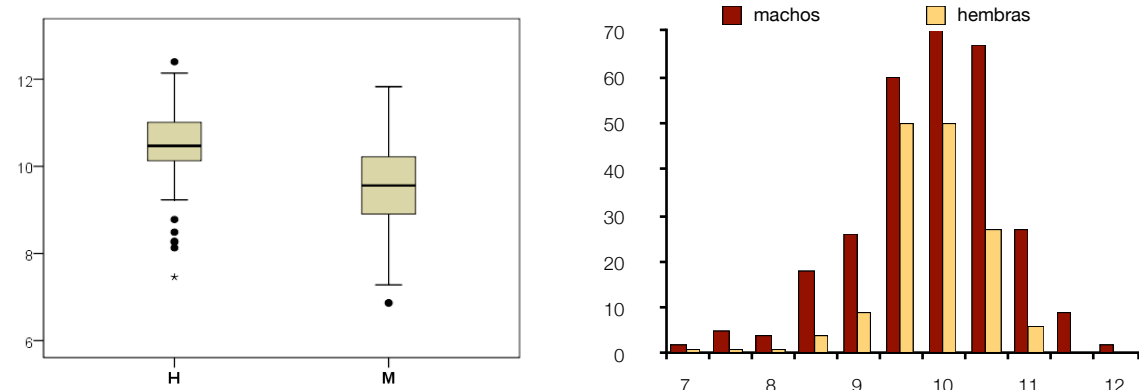


Fig. 3.54. Longitud de la cabeza

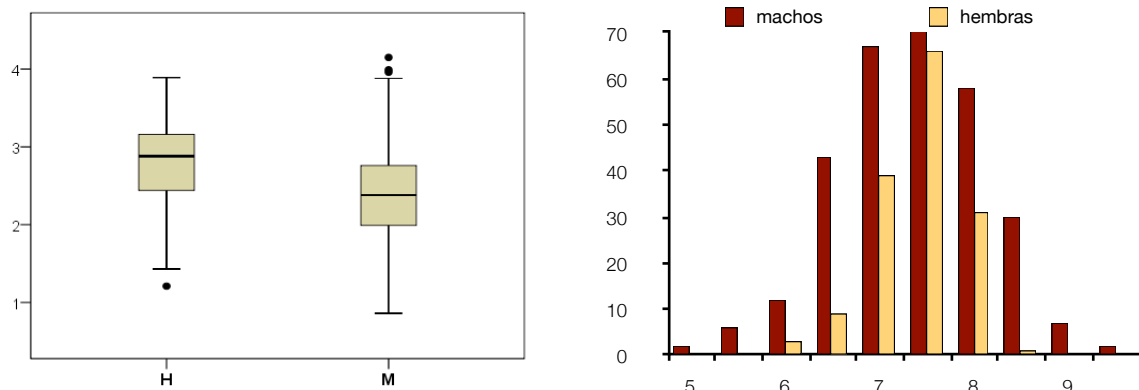


Fig. 3.55. Ancho de la cabeza

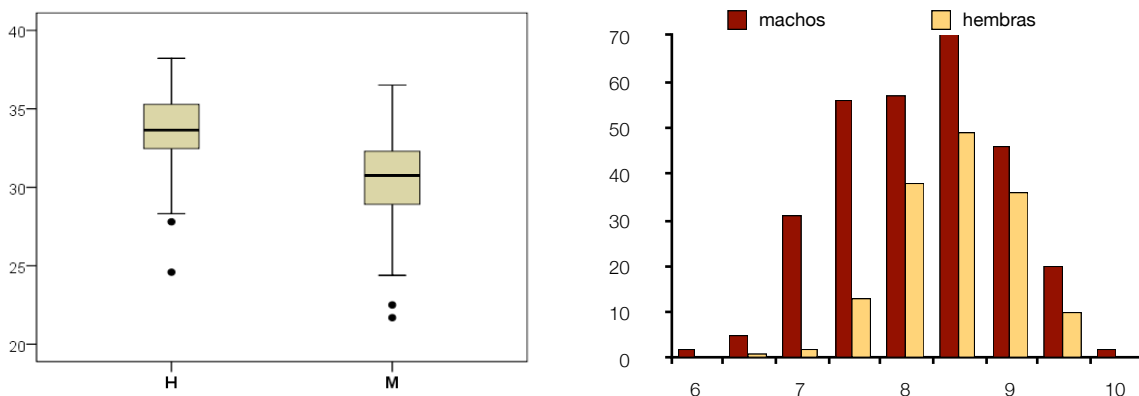


Fig. 3.56. Longitud del pronoto

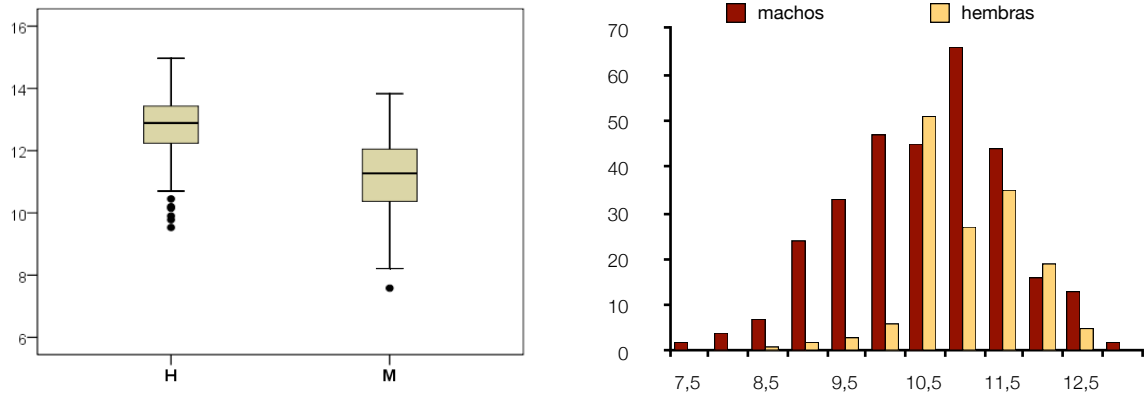


Fig. 3.57. Ancho del pronoto

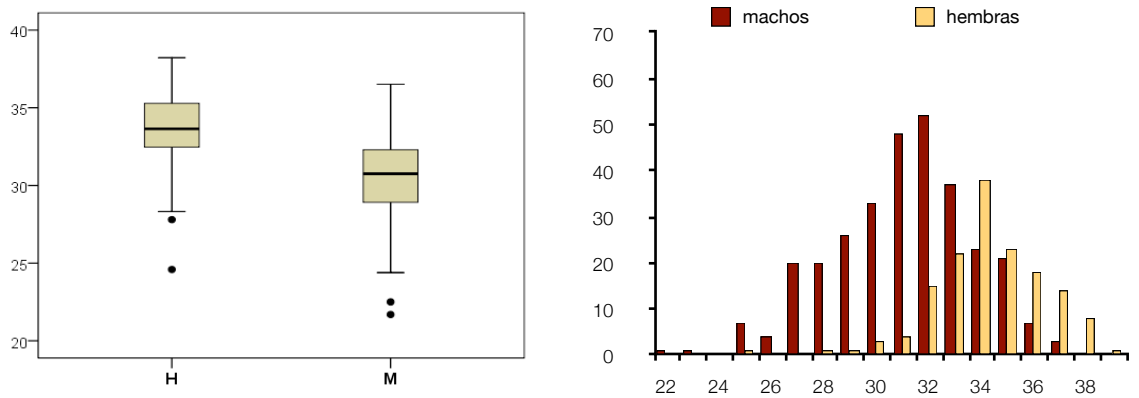


Fig. 3.58. Longitud de los élitros

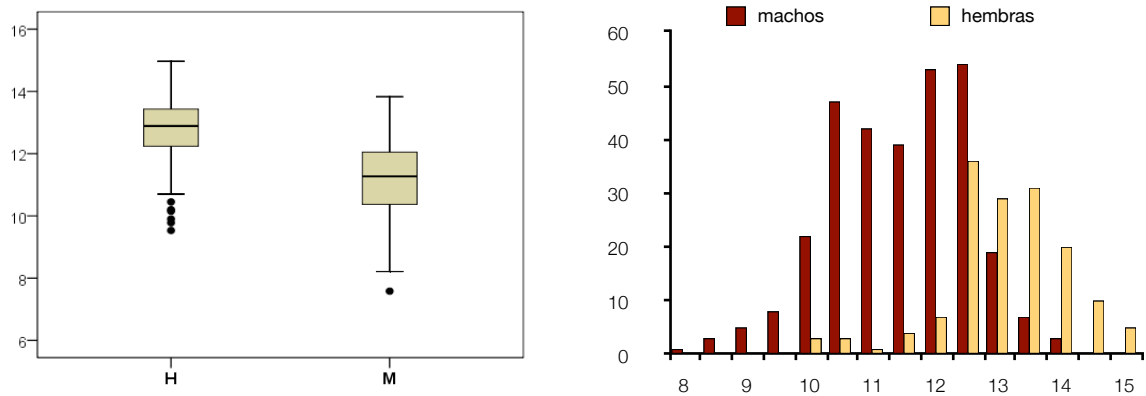


Fig. 3.59. Ancho de los élitros

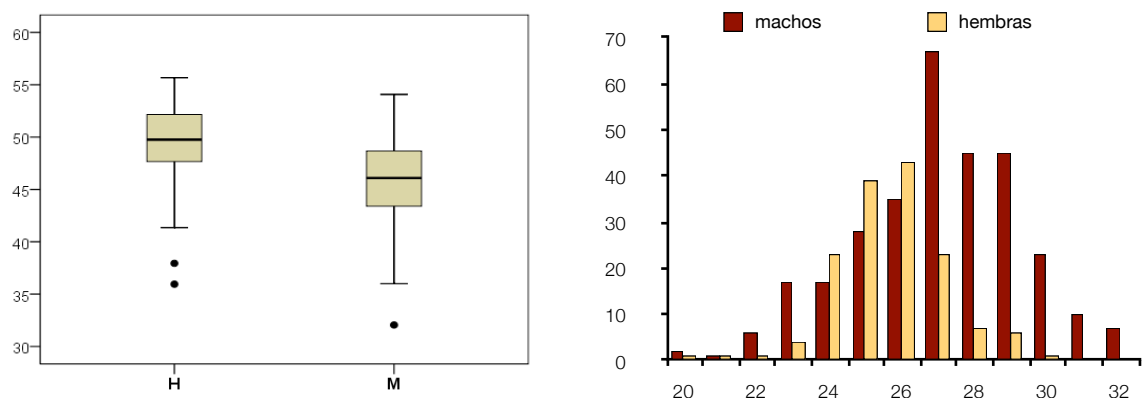


Fig. 3.60. Longitud de las patas anteriores



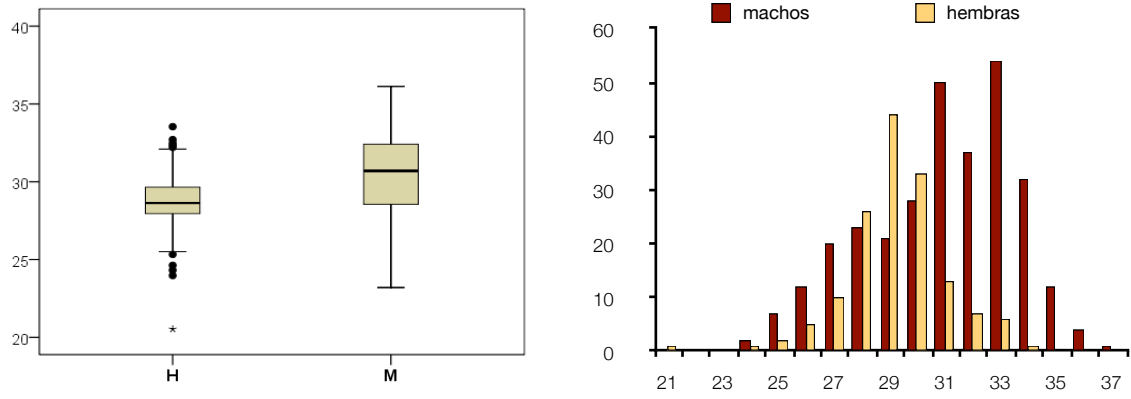


Fig. 3.61. Longitud de las patas medias

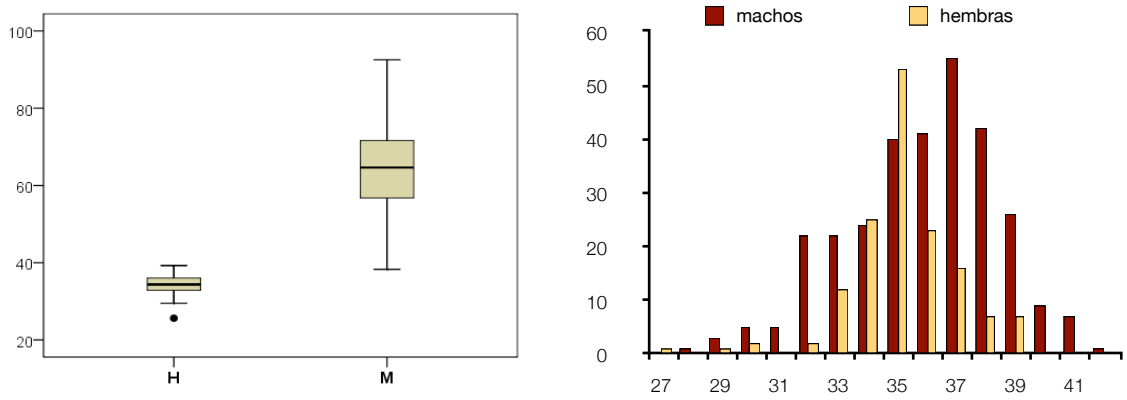


Fig. 3.62. Longitud de las patas posteriores

### 3.2.3. PARÁMETROS MORFOBIOMÉTRICOS

Tomando una serie de caracteres morfológicos, relacionados de dos en dos, seleccionando los pares que proporcionan información de interés, se han realizado análisis con el fin de determinar una serie de parámetros descriptivos de la población de *C. welensii* estudiada.

Estos parámetros se han analizado mediante el establecimiento de la ratio y la correlación lineal, así como el análisis de regresión.

Además, se ha determinado el grado de alometría existente entre ellos.

Los parámetros seleccionados son los siguientes:

1. Longitud del cuerpo - longitud de las antenas (LT/LA)
2. Longitud del cuerpo - grosor (LT/G)
3. Longitud del cuerpo - peso (LT/P)
4. Longitud del cuerpo - longitud de los élitros (LT/LE)
5. Longitud del cuerpo - ancho de los élitros (LT/AEB)
6. Longitud del cuerpo - longitud de la cabeza (LT/LC)
7. Longitud del cuerpo - ancho de la cabeza (LT/AC)
8. Longitud del cuerpo - longitud del pronoto (LT/LP)
9. Longitud del cuerpo - ancho del pronoto (LT/AP)
10. Longitud del cuerpo - longitud total de las patas anteriores (LT/LPA)
11. Longitud del cuerpo - longitud total de las patas medias (LT/LPM)
12. Longitud del cuerpo - longitud total de las patas posteriores (LT/LPP)
13. Grosor - peso
14. Longitud - ancho de la cabeza (LC/AC)
15. Longitud - ancho del pronoto (LP/AP)
16. Longitud - ancho de los élitros (LE/AEB)

	Machos (N=303)					Hembras (N=149)				
	min - máx	$\sigma$	R	p		min - máx	$\sigma$	R	p	
LA/LT	1,396	1,129 - 1,716	0,116	0,933	0,000	0,694	0,577 - 0,794	0,031	0,769	0,000
LT/G	4,815	4,320 - 5,287	0,165	0,942	0,000	4,751	4,196 - 5,581	0,219	0,801	0,000
LT/P	20,396	12,952 - 37,267	4,285	0,906	0,000	18,227	13,977 - 29,711	2,988	0,875	0,000
LT/LE	1,499	1,427 - 1,635	0,034	0,966	0,000	1,472	1,340 - 1,661	0,048	0,875	0,000
LT/AEB	4,097	3,732 - 5,047	0,192	0,890	0,000	3,883	3,461 - 4,465	0,207	0,745	0,000
LT/LC	4,761	4,315 - 5,709	0,186	0,904	0,000	5,197	4,489 - 5,887	0,237	0,748	0,000
LT/AC	6,449	5,673 - 7,815	0,338	0,897	0,000	6,964	6,302 - 8,123	0,330	0,744	0,000
LT/LP	5,798	5,365 - 6,658	0,213	0,923	0,000	6,071	5,550 - 6,890	0,210	0,865	0,000
LT/AP	4,469	3,911 - 5,003	0,167	0,935	0,000	4,620	4,032 - 5,235	0,197	0,792	0,000
LT/LPA	1,726	1,558 - 1,919	0,053	0,936	0,000	1,974	1,750 - 2,147	0,066	0,853	0,000
LT/LPM	1,507	1,339 - 1,645	0,042	0,951	0,000	1,732	1,546 - 1,945	0,068	0,807	0,000
LT/LPP	1,294	1,155 - 1,356	0,027	0,979	0,000	1,432	1,330 - 1,560	0,047	0,866	0,000
G/P	4,231	2,765 - 7,988	0,854	0,892	0,000	3,840	2,917 - 6,165	0,622	0,795	0,000
LC/AC	1,356	1,089 - 1,591	0,074	0,916	0,000	1,342	1,194 - 1,624	0,070	0,663	0,000
LP/AP	0,771	0,684 - 0,873	0,032	0,872	0,000	0,761	0,662 - 0,863	0,029	0,837	0,000
LE/AEB	2,732	2,475 - 3,283	0,111	0,919	0,000	2,638	2,286 - 2,942	0,106	0,862	0,000

Tabla III.28. Valores obtenidos para los ratios y coeficientes de correlación de Pearson (R) para los parámetros morfolométricos determinados en *C. weimensii*. Todos los valores de p indican correlación lineal significativa para  $\alpha = 0.01$

## A) Ratios y correlaciones

En la Tabla III.28 se detallan las ratios obtenidas para cada uno de los 19 parámetros establecidos, con sus coeficientes de correlación lineal de Pearson.

Todos los valores son diferentes entre machos y hembras, aunque en la mayoría de los casos las diferencias son poco evidentes y no son suficientes para apuntar a un dimorfismo sexual apreciable, pues en casi todos los casos los intervalos de las ratios se solapan ampliamente.

En todos los casos existe correlación lineal significativa (siempre con  $p = 0,000$ ), tanto para machos como hembras, con un grado de confianza del 99%.

Los machos presentan una muy fuerte correlación en todas las relaciones, con valores de R superiores a 0,9 en casi todas ellas y muy próximos a este valor en el resto (LT/AEB, LT/AC, G/P y LP/AP). Las correlaciones más estrechas se dan en los parámetros LT/LPP (0,979), LE/AEA (0,967) y LT/LE (0,966).

En hembras, los valores de R son altos, aunque siempre inferiores a los obtenidos para los machos, superando la cifra de 0,9 sólo en la relación LE/AEA (0,938). Esto podría apuntar a una menor homogeneidad entre los tamaños de las distintas partes del cuerpo en hembras, aunque es más probable que el causante de estos valores sea el menor tamaño de la muestra.

Se aprecia cierto paralelismo en las correlaciones entre machos y hembras en los parámetros LE/AEA, LT/LE, LT/LPP y AEB/AEA, como más elevadas y en LT/AEB y LT/AC, como más bajas.

Únicamente en la relación entre longitud de las antenas y del cuerpo (LA/LT) se manifiesta un claro dimorfismo sexual, como se deduce de las muy diferentes ratios para machos y hembras, tanto en su valor medio como en el rango de valores máximos y mínimos.

Resulta evidente que las antenas de los machos superan siempre claramente la longitud del cuerpo (1.4 veces por término medio) y en las hembras casi nunca llegan a los 3/4 del mismo (0.7 por término medio).

Esto corrobora lo apuntado por el test de Kolmogorov-Smirnov (Tabla III.25), según el cual la distribución muestral conjunta para la longitud de las antenas resultó no ser normal, cuando por separado ambas son normales.

Se trata, por tanto, del parámetro morfobiométrico que permite diferenciar entre sexos con mayor claridad a primera vista.

Las ratios LT/LC y LT/AC son claramente mayores en hembras y con intervalos escasamente superponibles entre sexos. Esto indica que la cabeza de las hembras suele tener menor tamaño que la

de los machos, en proporción al cuerpo, manifestando la especie en este aspecto un dimorfismo sexual que se hace más evidente a medida que el tamaño corporal es mayor.

La relación entre longitud y ancho de la cabeza es siempre positiva y ligeramente superior en machos. Por tanto, en ambos sexos la cabeza es siempre más larga que ancha y no se aprecian diferencias evidentes en esta relación.

Lo contrario sucede para el pronoto, que debido a las pronunciadas espinas laterales, es siempre más ancho que largo en ambos sexos. La ratio media es mayor en machos, aunque de forma muy leve, de manera que tampoco se puede considerar que exista un dimorfismo evidente en este parámetro.

Las ratios LT/LP y LT/AP también son superiores en las hembras, aunque de una forma menos acusada que para la cabeza, por lo que, aunque se puede considerar que existe dimorfismo para este carácter, es leve y resulta difícil apreciar la diferente proporcionalidad de sus dimensiones entre sexos respecto al tamaño del cuerpo.

Las relaciones entre longitud corporal y las dimensiones de los élitros son superiores en machos. Además, la proporción entre las dimensiones de los élitros también es notablemente superior en machos, lo que indica que los élitros de las hembras presentan una morfología más cuadrangular, teniendo un aspecto más cónico en los machos.

Las ratios entre la longitud del cuerpo y la de cada par de patas son netamente superiores en las hembras, lo que indica la existencia de dimorfismo sexual en cuanto a estos parámetros, de modo que a tamaños similares, las patas de los machos son siempre de mayor tamaño que las de las hembras.

Los parámetros en los que interviene el peso del individuo (LT/P y G/P) son los que muestran una mayor variabilidad, con desviaciones típicas muy elevadas. Teniendo en cuenta los valores obtenidos para los caracteres morfológicos (tabla, V.26), se puede afirmar que el peso es un carácter muy irregular y que no está tan estrechamente vinculado al tamaño corporal como cabría esperar.

## **B) Modelos de regresión lineal**

El modelo de regresión lineal aplicado establece de forma más concreta las diferencias existentes entre machos y hembras para cada uno de los parámetros.

El las figuras 5.63 a 5.78 se muestran las gráficas de dispersión para cada parámetro, con los valores de  $R^2$  y la fórmula de regresión lineal para cada relación.

El test ANOVA (Tabla III.29) confirma la existencia de regresión lineal en todos los parámetros para ambos sexos, que siempre es positiva.

	Machos (N=303)			Hembras (N=149)		
	F	p	R <sup>2</sup>	F	p	R <sup>2</sup>
LT/LA	2015,311	0,000	0,870	213,294	0,000	0,592
LT/G	2386,101	0,000	0,888	263,747	0,000	0,642
LT/P	1378,720	0,000	0,820	479,521	0,000	0,765
LT/LE	4198,821	0,000	0,933	478,413	0,000	0,765
LT/AEB	1146,141	0,000	0,792	183,004	0,000	0,554
LT/LC	1346,345	0,000	0,817	186,604	0,000	0,559
LT/AC	1238,979	0,000	0,804	182,342	0,000	0,553
LT/LP	1737,743	0,000	0,852	486,606	0,000	0,749
LT/AP	2076,118	0,000	0,873	247,917	0,000	0,627
LT/LPA	2141,464	0,000	0,876	392,617	0,000	0,727
LT/LPM	2855,118	0,000	0,904	275,006	0,000	0,651
LT/LPP	6944,085	0,000	0,958	441,183	0,000	0,750
G/P	1174,198	0,000	0,796	252,278	0,000	0,631
LC/AC	954,630	0,000	0,760	115,204	0,000	0,439
LP/AP	1572,246	0,000	0,839	344,394	0,000	0,700
LE/AEB	1629,206	0,000	0,844	439,888	0,000	0,743

Tabla III.29. Resultados del test ANOVA y coeficiente de determinación para la regresión lineal en los parámetros morfobiométricos determinados en *C. welensii*

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es acusadamente inferior en hembras para todos los parámetros, como ya ocurría en las correlaciones, lo que implica una mayor dificultad para explicar la variabilidad de los valores en cada relación. Al no haberse detectado una mayor diversidad en los caracteres morfológicos analizados por separado para las hembras, cabe suponer que el inferior tamaño de la muestra podría explicar dicha variabilidad.

También sucede que en todos los casos (salvo en el parámetro LT/P) la pendiente de la recta de regresión es mayor en los machos, confirmando la mayor dispersión de los valores morfométricos en las hembras, de modo que la variable independiente en cada relación explica mucho mejor la varianza de la variable dependiente.

En el diagrama de dispersión entre para la relación LT/LA (Fig. 3.63) se aprecia una clara diferencia en la distribución de los puntos entre sexos, poniendo de nuevo en evidencia el dimorfismo sexual debido al diferente tamaño de las antenas

En las relaciones LT/G y LT/P los diagramas de dispersión son muy similares para los dos sexos

(figs. 5.64 y 5.65), con un desplazamiento de la nube de puntos de las hembras hacia arriba y la derecha, debido a la mayor abundancia de ejemplares de gran tamaño y peso.

La longitud y el ancho de los élitros están bien explicados por el tamaño corporal (Fig. 3.66 y 5.67), especialmente la longitud elitral en los machos, que presenta un elevado coeficiente de determinación y una nube de puntos muy cerrada alrededor de la recta.

Una buena parte de los puntos en las hembras aparecen destacados por encima del conjunto de los machos, consecuencia mayor tamaño de las hembras y del mayor tamaño relativo de sus élitros. En la mayoría de los casos, a igualdad de tamaño corporal, las hembras tienen los élitros más largos y anchos.

Las dimensiones de la cabeza muestran una relación con la longitud del cuerpo diferente entre sexos, con nubes de puntos situadas por debajo en el caso de las hembras (figs. 5.68 y 5.69).

Estos datos reafirman el hecho, ya apuntado, de que la cabeza es proporcionalmente más pequeña, en sus dos dimensiones, en las hembras, confirmando un claro dimorfismo sexual en cuanto al tamaño de la cabeza.

Sin embargo, el cruce de las rectas en su parte inferior denota que esta tendencia no se cumple para los ejemplares de pequeño tamaño. Por tanto, entre dos individuos de distinto sexo y del mismo tamaño corporal, siempre que éste sea superior a 40 mm, el macho tendrá la cabeza significativamente más grande en sus dos dimensiones principales.

En lo que respecta a las dimensiones del pronoto, la información proporcionada por las gráficas de dispersión y las rectas de regresión denota que el tamaño del pronoto sigue la misma tendencia que para la cabeza (figs. 5.70 y 5.71).

Se puede afirmar que, por lo general, al igual que ocurría con la cabeza, el pronoto también es proporcionalmente más corto y menos ancho en las hembras, por lo que se manifiesta un cierto dimorfismo sexual para estos caracteres, aunque menos evidente que en el caso de la cabeza, ya que hay una menor separación entre las nubes de puntos de ambos sexos.

También ocurre que las rectas de regresión se cruzan en la parte inferior del gráfico, lo que implica que también en este caso las dimensiones del pronoto suelen ser superiores en los machos, excluyendo los ejemplares de pequeño tamaño, aunque para el ancho existe una gran variabilidad en las hembras, con diversas anomalías respecto a la tendencia indicada, lo que dificulta la generalización.

Las gráficas de dispersión que relacionan el tamaño del cuerpo con la longitud de las patas (figs. 5.72, 5.73 y 5.74) muestran que los conjuntos de puntos correspondientes a los dos sexos se encuentran visiblemente diferenciadas en los tres casos, situándose por encima las de los machos, que

además presentan mayores pendientes.

Las nubes de puntos de los machos presentan un mejor ajuste a la recta de regresión, destacando en el caso de las patas posteriores, donde el coeficiente de determinación es muy elevado.

Estos datos manifiestan un patente dimorfismo sexual para para la longitud de las patas, de modo que a igualdad de tamaño, los machos tienen unas patas sensiblemente más largas. Además, en los tres casos las rectas de regresión tienden a separarse a medida que aumenta la longitud corporal, lo que significa que a medida que aumenta el tamaño del individuo las patas son proporcionalmente más grandes en los machos, acentuándose el dimorfismo.

El diagrama de dispersión para la relación G/P aparece bastante homogéneo (Fig. 3.75), sin diferencia entre sexos y con una mayor acumulación de puntos de las hembras en la parte superior, debido a su mayor tamaño.

Estos datos muestran que prácticamente no existen diferencias para este parámetro entre ambos sexos.

La ratio longitud/ancho de la cabeza presenta bastante dispersión de puntos en el gráfico (Fig. 3.76) y no manifiesta diferencias entre sexos.

Sin embargo, el cruce de las rectas parece apuntar a que, para tamaños pequeños, el grosor de la cabeza se equilibra entre ambos sexos, existiendo incluso una cierta tendencia ser inferior en los machos, mientras que en los individuos grandes estos presentan unas mayores dimensiones en la cabeza y una mayor anchura proporcional.

Esto corrobora lo ya apuntado sobre el mayor tamaño general de la cabeza en machos a medida que los ejemplares son mayores.

El modelo de regresión lineal para ratio del pronoto (Fig. 3.77) muestra nubes de puntos entremezcladas para los dos sexos, por lo que no se pueden apreciar diferencias entre ellos. Las pendientes son también muy similares.

Las ratios muy parecidas, las nubes de puntos y las rectas de regresión sugieren que no existe dimorfismo sexual para este parámetro.

La relación entre las dimensiones de los élitros (Fig. 3.78) es bastante equilibrada entre ambos sexos, destacando únicamente que los puntos correspondientes a las hembras se encuentran desplazados hacia los tamaños mayores, como consecuencia de sus dimensiones generales, sin que se muestre la existencia dimorfismo sexual evidente para este parámetro.





Figuras 5.63 a 5.78. Diagramas de dispersión y rectas de regresión lineal para cada uno de los parámetros morfobiométricos analizados en machos y hembras de *C. welensii*

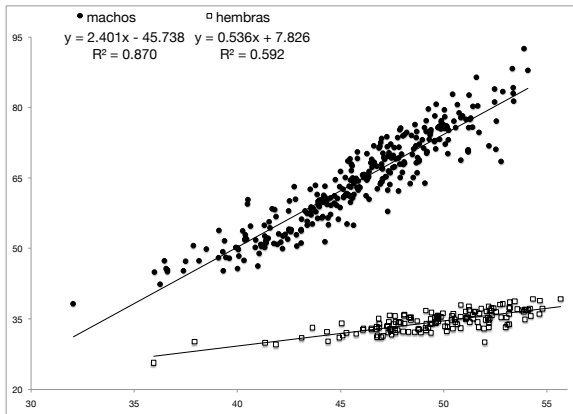


Fig. 3.63. LT(x) frente a LA (y)

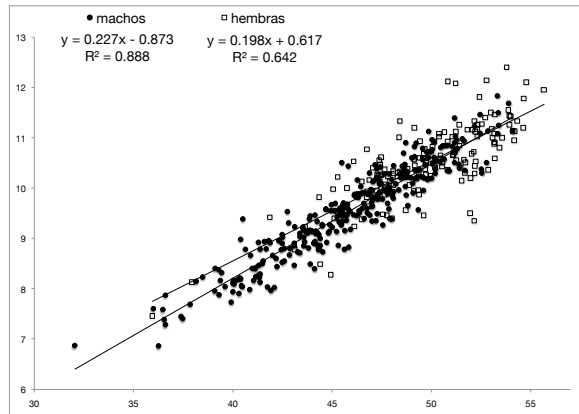


Fig. 3.64. LT (x) frente a G (y)

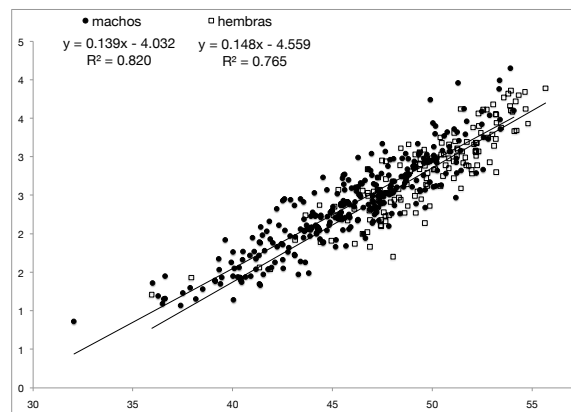


Fig. 3.65. LT(x) frente a P (y)

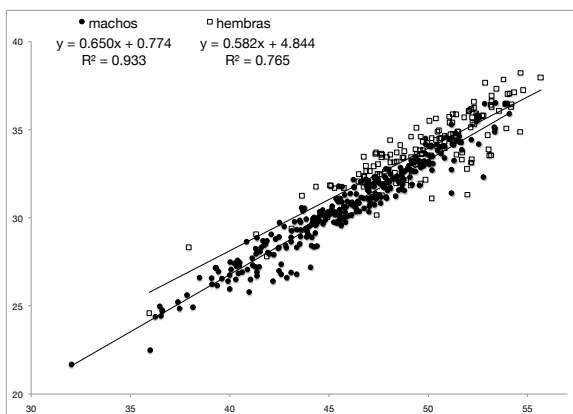


Fig. 3.66. LT (x) frente a LE (y)

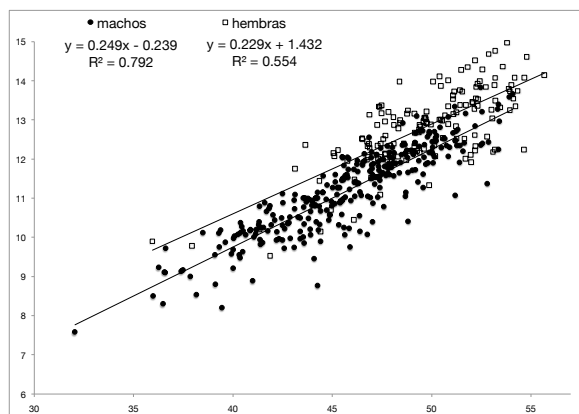


Fig. 3.67. LT(x) frente a AEB (y)

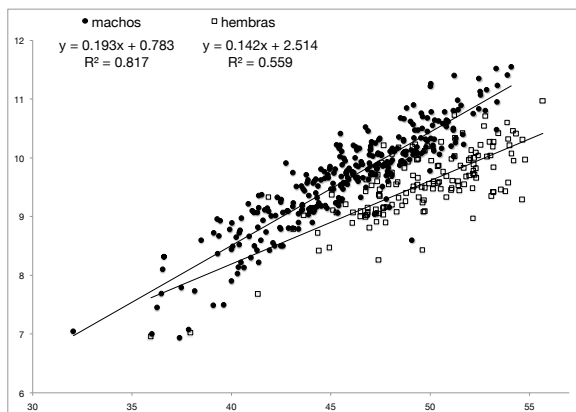


Fig. 3.68. LT (x) frente a LC (y)

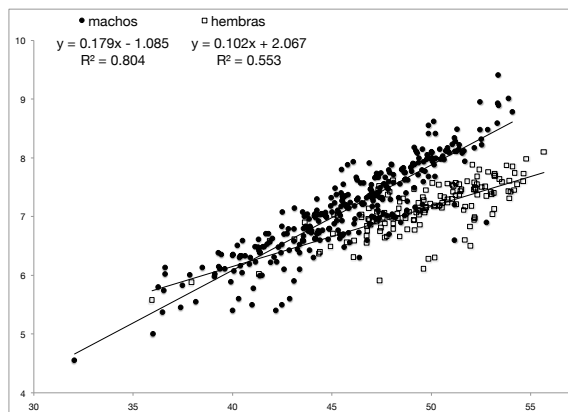


Fig. 3.69. LT(x) frente a AC (y)

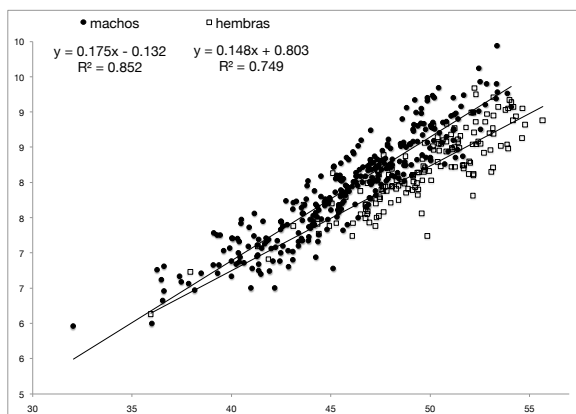


Fig. 3.70. LT (x) frente a LP (y)

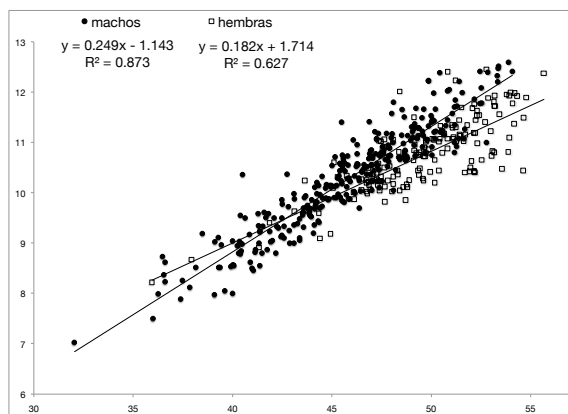


Fig. 3.71. LT(x) frente a AP (y)

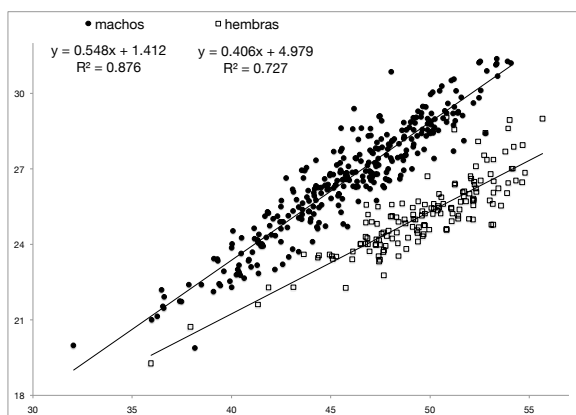


Fig. 3.72. LT (x) frente a LPA (y)

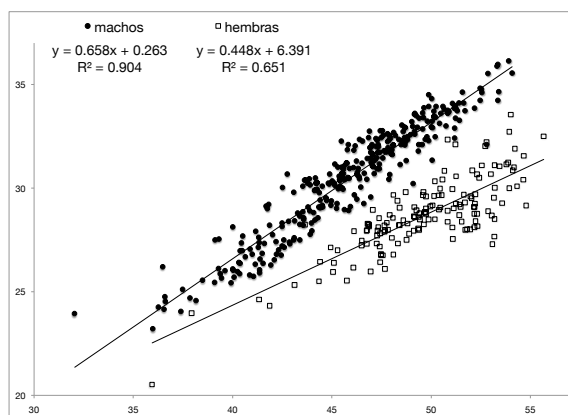


Fig. 3.73. LT(x) frente a LPM (y)

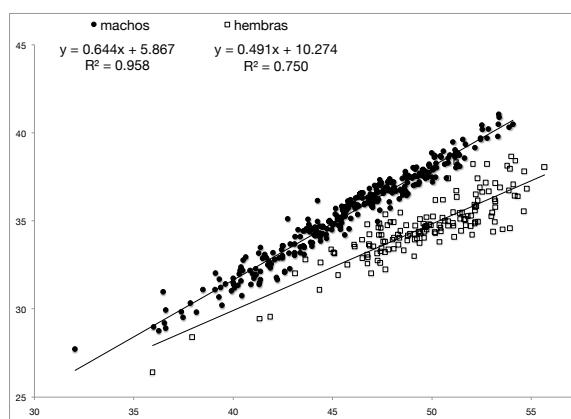


Fig. 3.74. LT (x) frente a LPP (y)

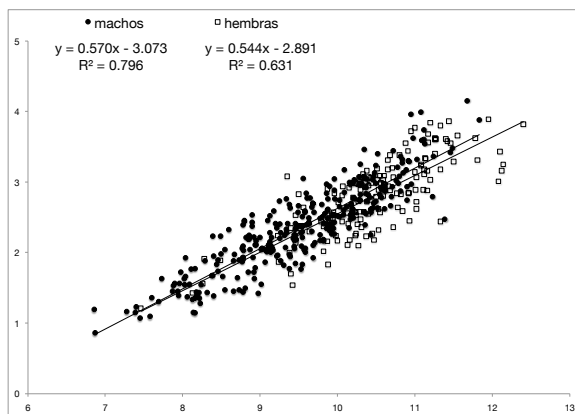


Fig. 3.75. G (x) frente a P (y)

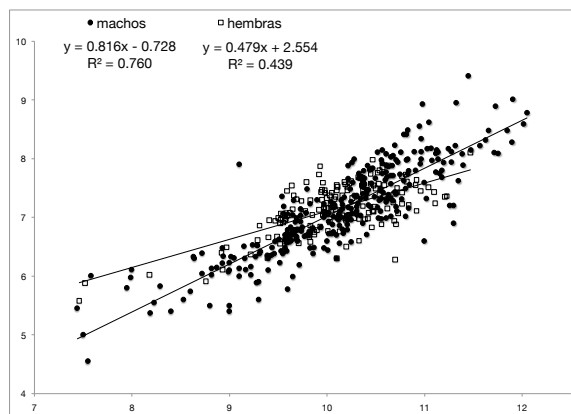


Fig. 3.76. LC (x) frente a AC (y)

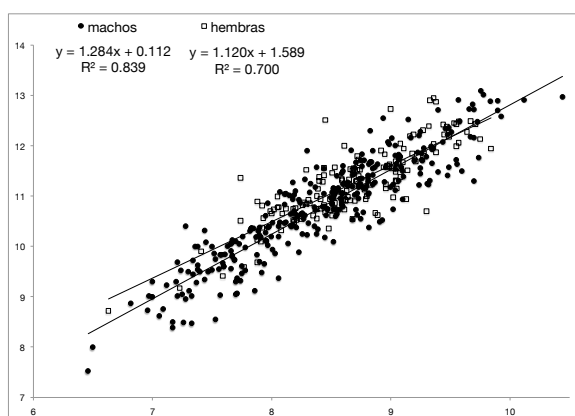


Fig. 3.77. LP (x) frente a AP (y)

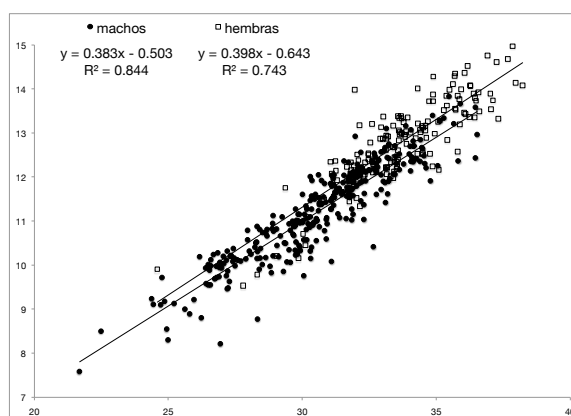


Fig. 3.78. LE (x) frente a AEB (y)



### C) Alometría

En la Tabla III.30 se muestran los valores obtenidos al aplicar el modelo de regresión potencial a cada uno de los parámetros morfobiométricos y en las figuras 5.79 a 5.94, los diagramas de dispersión, con sus rectas de regresión potencial, de cada uno de los parámetros morfobiométricos analizados.

Dicho modelo recoge los coeficientes de correlación (R) y determinación ( $R^2$ ) y los coeficientes de la ecuación alométrica de Huxley, con sus correspondientes errores estándar, además del contraste mediante un test ANOVA.

El test ANOVA confirma de forma nítida la existencia de regresión potencial en todos los parámetros para un nivel de significación de 0.05.

Los valores de R revelan una muy fuerte correlación para todos los parámetros en machos, con valores siempre superiores o muy cercanos a 0,9, mientras que en las hembras disminuyen apreciablemente en todos los casos. Sin embargo, incluso en los más bajos, inferiores a 0,8 (LT/LA, LT/AEB, LT/LC, LT/AC y LC/AC), la correlación sigue siendo moderadamente alta.

Los errores estándar para los coeficientes de regresión potencial son siempre muy pequeños en machos, lo que, unido a las fuertes correlaciones, otorga una excelente fiabilidad a sus ecuaciones alométricas.

En hembras se producen errores mayores en algunos parámetros, especialmente para el coeficiente "a". Estos errores y los valores relativamente bajos de los coeficientes de determinación de la mayoría de los parámetros expresan una mayor dificultad para explicar la variabilidad en las hembras mediante las ecuaciones alométricas.

Esto hace surgir de nuevo la duda sobre la posible menor homogeneidad morfológica en hembras, aunque, como ya se observó en el modelo de regresión lineal, hay que contemplar la posibilidad de que el menor tamaño de la muestra en estas podría estar apuntando, quizá erróneamente, a una mayor variabilidad morfológica.

Las ecuaciones alométricas obtenidas para cada parámetro se reflejan en la Tabla III.31.

El análisis de los valores obtenidos para el coeficiente de alometría (b) en cada uno de los parámetros, permite realizar las siguientes valoraciones respecto al grado de alometría existente en cada uno de ellos:

	Machos (N=303)										Hembras (N=149)									
	Regresión potencial					ANOVA					Regresión potencial					ANOVA				
	R	R <sup>2</sup>	a	a SE	b	b SE	F	p	R	R <sup>2</sup>	a	a SE	b	b SE	F	p				
LT/LA	0,937	0,878	0,089	0,013	1,719	0,037	2183,90	0,000	0,777	0,604	1,752	0,349	0,762	0,051	223,51	0,000				
LT/G	0,944	0,891	0,147	0,012	1,091	0,022	2452,15	0,000	0,813	0,661	0,257	0,056	0,949	0,056	287,03	0,000				
LT/P*	0,916	0,839	3,937•e <sup>-5</sup>	0,000	2,870	0,072	1572,03	0,000	0,855	0,731	5,753•e <sup>-5</sup>	0,000	2,761	0,120	532,55	0,000				
LT/LE	0,966	0,933	0,735	0,042	0,975	0,015	4224,04	0,000	0,880	0,774	1,214	0,180	0,851	0,038	505,30	0,000				
LT/AEB	0,890	0,792	0,222	0,026	1,025	0,030	1146,03	0,000	0,756	0,572	0,383	0,096	0,898	0,064	196,50	0,000				
LT/LC	0,903	0,815	0,278	0,027	0,927	0,025	1336,85	0,000	0,768	0,590	0,492	0,100	0,760	0,052	211,05	0,000				
LT/AC	0,896	0,803	0,088	0,011	1,147	0,033	1231,52	0,000	0,746	0,557	0,458	0,092	0,703	0,052	184,92	0,000				
LT/LP	0,922	0,850	0,172	0,016	1,001	0,024	1709,74	0,000	0,872	0,760	0,254	0,041	0,889	0,041	464,94	0,000				
LT/AP	0,936	0,876	0,146	0,013	1,111	0,024	2135,97	0,000	0,806	0,650	0,415	0,082	0,833	0,050	273,15	0,000				
LT/LPA	0,938	0,880	0,709	0,054	0,947	0,020	2221,79	0,000	0,865	0,748	1,154	0,170	0,789	0,038	436,80	0,000				
LT/LPM	0,950	0,903	0,684	0,049	0,992	0,019	2806,80	0,000	0,823	0,677	1,358	0,236	0,781	0,044	308,99	0,000				
LT/LPP	0,978	0,956	1,484	0,057	0,829	0,010	6736,13	0,000	0,878	0,771	2,215	0,274	0,608	0,032	494,75	0,000				
G/P*	0,897	0,805	0,010	0,001	2,431	0,069	1242,42	0,000	0,814	0,663	0,017	0,005	2,174	0,128	288,20	0,000				
LC/AC	0,875	0,766	0,600	0,047	1,092	0,035	987,90	0,000	0,684	0,468	1,638	0,212	0,652	0,057	129,46	0,000				
LP/AP	0,917	0,841	1,291	0,067	1,002	0,025	1592,03	0,000	0,844	0,712	1,783	0,168	0,855	0,045	362,72	0,000				
LE/AEB	0,919	0,845	0,310	0,028	1,049	0,026	1629,21	0,000	0,866	0,750	0,304	0,054	1,063	0,051	439,89	0,000				
AEB/AEA	0,936	0,876	1,260	0,061	0,930	0,020	2133,57	0,000	0,886	0,785	1,590	0,145	0,828	0,036	536,27	0,000				

Tabla III.30. Valores del análisis de regresión potencial para los parámetros morfobiométricos determinados en *C. welensii*, con los resultados del test ANOVA y los coeficientes a (constante) y b (coeficiente de alometría) para establecer la ecuación alométrica de Huxley, con sus errores estándar. El modelo presenta una significación  $\alpha = 0,05$

### ***Relaciones alométricas en función del tamaño corporal***

El valor positivo y muy elevado del coeficiente de alometría (b) para la relación LA/LT en machos (1,719) demuestra la existencia de un crecimiento alométrico positivo de las antenas respecto al crecimiento del cuerpo (Fig. 3.79). Es decir, en los machos, las antenas crecen de forma proporcionalmente superior al cuerpo, de manera que los individuos de gran tamaño presentan antenas muy largas, que superan muy ampliamente el tamaño del cuerpo, mientras que en los más pequeños las antenas no rebasan con amplitud la longitud corporal.

Sin embargo, en hembras se produce un crecimiento alométrico negativo de las antenas (0,762), de modo que a mayor tamaño corporal, menor será en proporción la longitud de las antenas.

En las hembras se da alometría negativa en todas las variables respecto al tamaño del cuerpo, más pronunciada, además de para las antenas, en la longitud y ancho de la cabeza (figs. 5.84 y 5.85) y en el tamaño de los tres pares de patas (figs. 5.88, 5.89 y 5.90), estando más próximos a la isometría el grosor corporal (Fig. 3.80), la longitud y ancho del pronoto (figs. 5.86 y 5.87) y la longitud y ancho de los élitros (figs. 5.82 y 5.83).

En machos, sin embargo, existe alometría positiva en la mayoría de los caracteres, con la excepción de la longitud de los élitros, la longitud de la cabeza y la de los tres pares de patas, donde es ligeramente negativa, y para la longitud del pronoto, donde se puede considerar que existe una isometría prácticamente perfecta.

El ancho de la cabeza y el del pronoto son las medidas que más crecen al aumentar el tamaño corporal. Esto, unido al crecimiento alométrico también positivo del ancho de los élitros y del grosor, hace que el aspecto general del cuerpo de los machos vaya tomando un aspecto más compacto y menos estilizado. aunque no tanto como en las hembras.

El crecimiento de los élitros es alométricamente negativo en ambos sexos, aunque menos en machos, debido a que en estos crecen más proporcionalmente la cabeza y el pronoto.

En lo que respecta al peso, el coeficiente de alometría es claramente negativo en ambos sexos, aunque algo menos en machos.

### ***Relaciones alométricas entre otras variables***

En las ecuaciones alométricas obtenidas enfrentando distintos caracteres morfológicos entre sí, sucede algo muy similar a lo descrito para las relaciones con la longitud corporal.

En machos, se da alometría positiva en la relación de proporciones de la cabeza (largo/ancho)



(Fig. 3.92), confirmando el mayor crecimiento relativo en longitud que ya se manifiesta en el contraste con la longitud del cuerpo.

En las hembras, sin embargo, se produce una alometría fuertemente negativa para esta relación, por lo que en los ejemplares de mayor tamaño la cabeza adquiere una forma menos alargada, manteniendo con frecuencia, y sobre todo en ejemplares grandes, un ancho similar al de los machos con una longitud bastante inferior.

Por otra parte, el pronoto (Fig. 3.93) manifiesta en machos un crecimiento isométrico entre sus dos medidas principales, de manera que se mantiene un equilibrio en la forma. En las hembras es, sin embargo, nítidamente alométrico negativo, por lo que, al igual que sucede con la cabeza, su forma se hace más cuadrangular con el crecimiento.

La relación largo/ancho de los élitros (Fig. 3.94) es positiva en ambos casos, aunque más en machos, por lo que en estos van adquiriendo un aspecto menos compacto.

El peso también manifiesta un crecimiento alométrico negativo respecto al grosor del animal (Fig. 3.91), aún más pronunciado que respecto a la longitud del cuerpo. Igualmente, en las hembras el incremento de peso sigue siendo menor que en machos.

Figuras 5.79 a 5.94. Diagramas de dispersión y rectas de regresión potencial para cada uno de los parámetros morfobiométricos analizados en machos y hembras de *C. welensii*

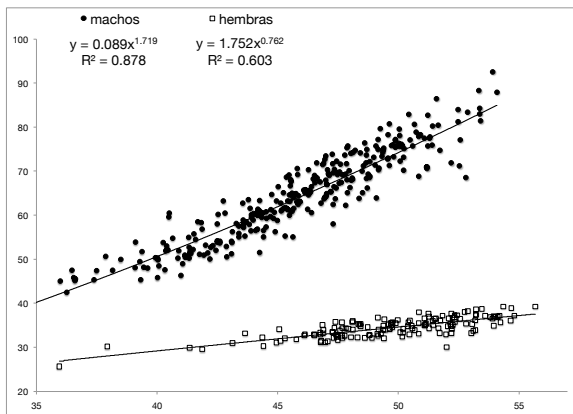


Fig. 3.79. LT(x) frente a LA (y)

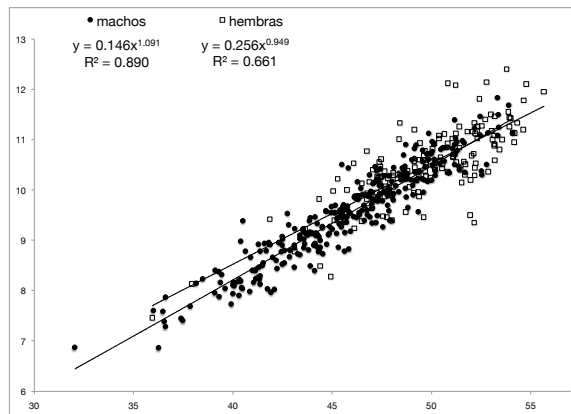


Fig. 3.80. LT (x) frente a G (y)

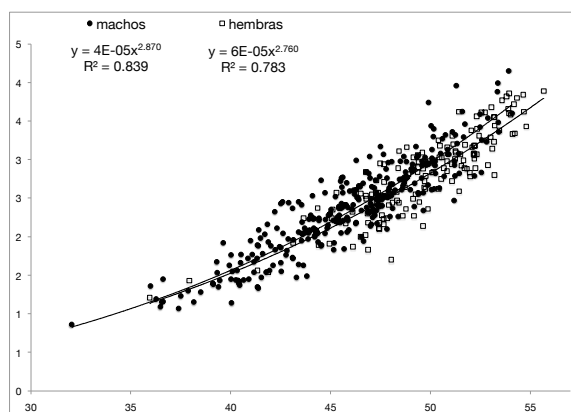


Fig. 3.81. LT(x) frente a P (y)

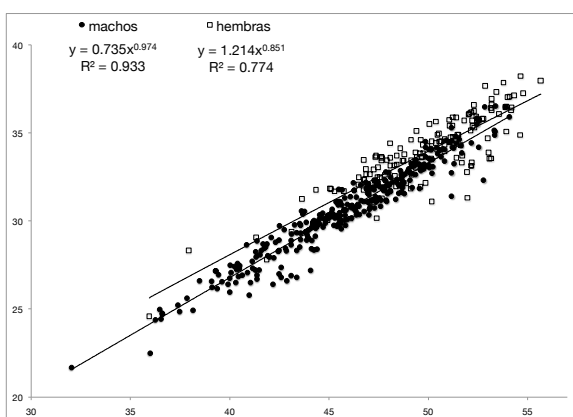


Fig. 3.82. LT (x) frente a LE (y)

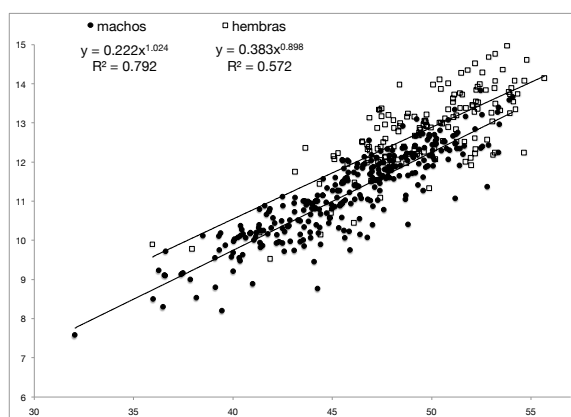


Fig. 3.83. LT(x) frente a AEB (y)

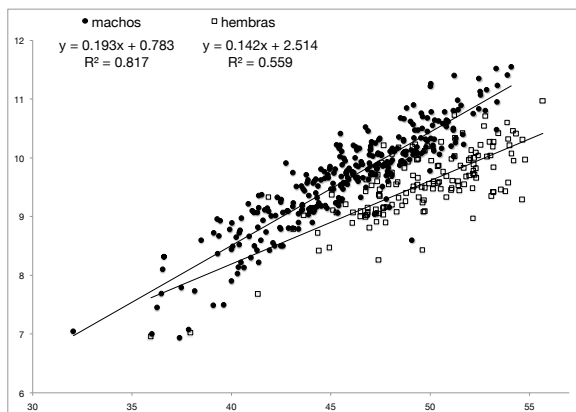


Fig. 3.84. LT (x) frente a LC (y)

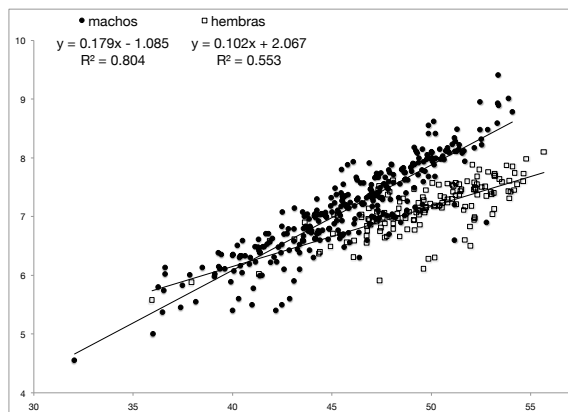


Fig. 3.85. LT(x) frente a AC (y)

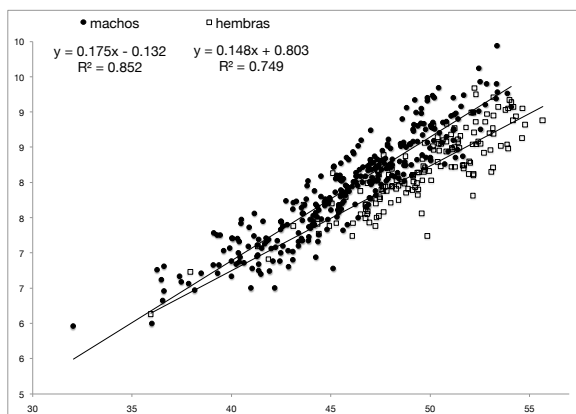


Fig. 3.86. LT (x) frente a LP (y)

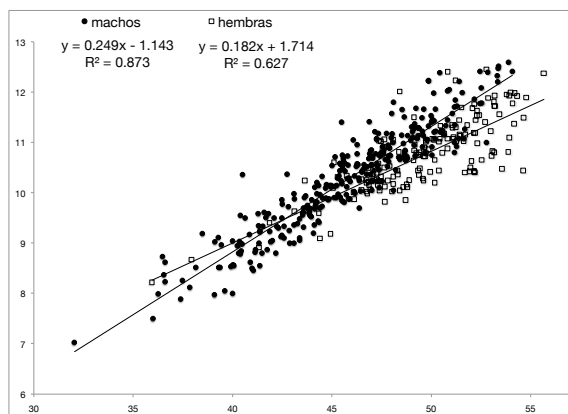


Fig. 3.87. LT(x) frente a AP (y)

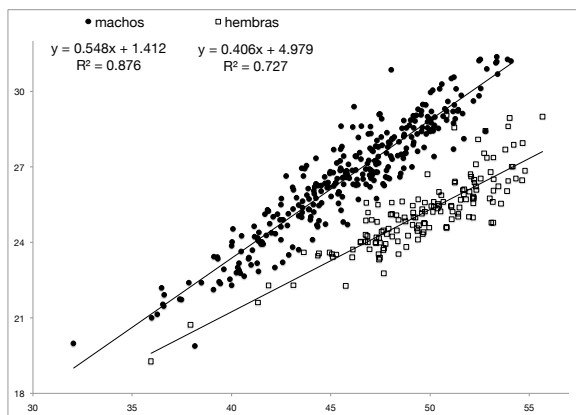


Fig. 3.88. LT (x) frente a LPA (y)

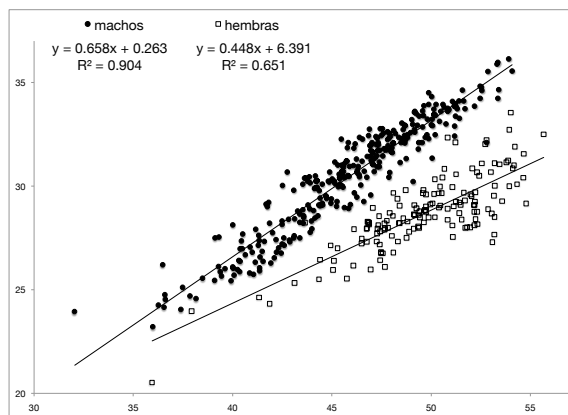


Fig. 3.89. LT(x) frente a LPM (y)

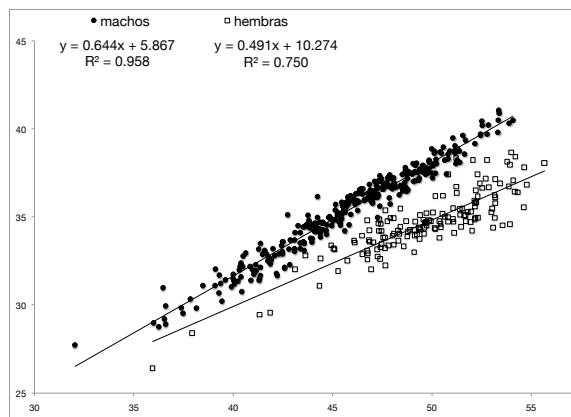


Fig. 3.90. LT (x) frente a LPP (y)

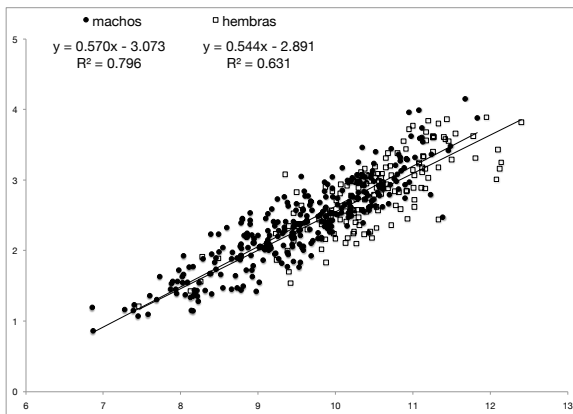


Fig. 3.91. G (x) frente a P (y)

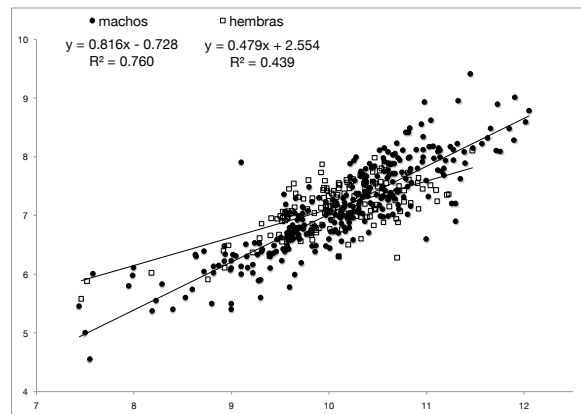


Fig. 3.92. LC (x) frente a AC (y)

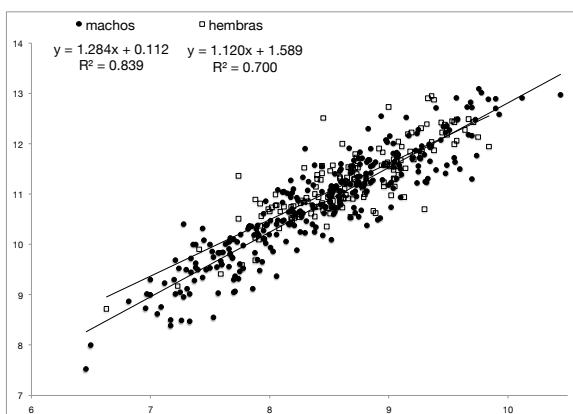


Fig. 3.93. LP (x) frente a AP (y)

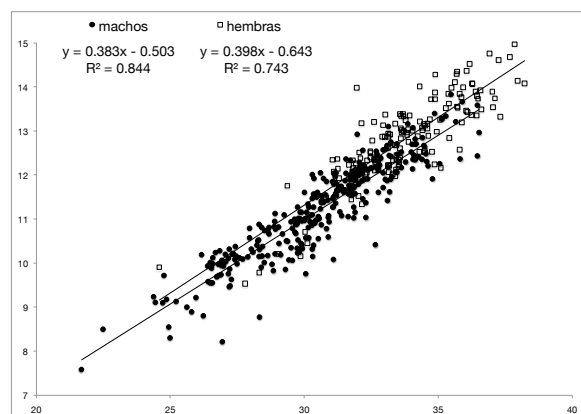


Fig. 3.94. LE (x) frente a AEB (y)

	Machos (N=303)	Hembras (N=149)
LT/LA	$LA = 0,089 * LT^{1,719}$	$LA = 1,752 * LT^{0,762}$
LT/G	$G = 0,146 * LT^{1,091}$	$G = 0,256 * LT^{0,949}$
LT/P	$P = 3,937e^{-5} * LT^{2,870}$	$P = 5,753e^{-5} * LT^{2,761}$
LT/LE	$LE = 0,735 * LT^{0,995}$	$LE = 1,214 * LT^{0,851}$
LT/AEB	$AEB = 0,222 * LT^{1,025}$	$AEB = 0,383 * LT^{0,898}$
LT/LC	$LC = 0,278 * LT^{0,927}$	$LC = 0,492 * LT^{0,760}$
LT/AC	$AC = 0,088 * LT^{1,147}$	$AC = 0,458 * LT^{0,703}$
LT/LP	$LP = 0,172 * LT^{1,001}$	$LP = 0,254 * LT^{0,889}$
LT/AP	$AP = 0,146 * LT^{1,111}$	$AP = 0,415 * LT^{0,833}$
LT/LPA	$LPA = 0,709 * LT^{0,947}$	$LPA = 1,154 * LT^{0,789}$
LT/LPM	$LPM = 0,684 * LT^{0,992}$	$LPM = 1,358 * LT^{0,781}$
LT/LPP	$LPP = 1,484 * LT^{0,829}$	$LPP = 2,215 * LT^{0,704}$
G/P	$P = 0,010 * G^{2,431}$	$P = 0,017 * G^{2,174}$
LC/AC	$AC = 0,600 * LC^{1,092}$	$AC = 1,638 * LC^{0,652}$
LP/AP	$AP = 1,291 * LP^{1,002}$	$AP = 1,783 * LP^{0,855}$
LE/AEB	$AEB = 0,310 * LE^{1,049}$	$AEB = 0,304 * LE^{1,063}$
AEB/AEA	$AEA = 1,260 * AEB^{0,930}$	$AEA = 1,590 * AEB^{0,828}$

Tabla III.31. Ecuaciones alométricas para los parámetros morfobiométricos determinados en *C. welensii*

## **Capítulo IV**

# **DISCUSIÓN**





## 4.1. GRADO DE AFECTACIÓN DEL ARBOLADO DE LAS DEHESAS EXTREMEÑAS POR LARVAS DE *Cerambyx*

### 4.1.1. NIVELES GLOBALES DE AFECTACIÓN

#### Constatación de un problema

El grado de afectación global de las quercíneas de las dehesas de Extremadura por larvas de *Cerambyx*, determinado en los muestreos de 1990, alcanzó un 17,98%, apareciendo casi un tercio de los puntos de muestreo (29,31%) sin signos externos de infestación en ningún árbol, mientras que una proporción importante de las dehesas afectadas lo estaban de forma grave (casi el 10% del total).

Se han encontrado mayor cantidad de taladros en los troncos (15,45%) que en las ramas principales (10,49%), lo que parece avalar una supuesta preferencia del insecto por realizar su puesta en las partes más gruesas del árbol, donde las larvas dispondrán de mayor cantidad de alimento y se hallarán más protegidas.

Las encinas se encuentran más dañadas (18,89%) que los alcornoques (11,29%), tanto a nivel general como en el tronco y en las ramas.

Existen muy pocos estudios similares en la región, aunque prospecciones realizadas por DEL MORAL et al (1989) en una zona concreta del suroeste de la provincia de Badajoz, donde se dio la voz de alarma, cifran los niveles de infestación en un 47,5%.

A nivel general destacan los de GARCÍA CONCELLÓN et al (1990) sobre encinares, en los que comprueban que el 10,14% de los árboles se encuentra afectado, cuando muestreos realizados el año anterior sólo sólo habían hallado daños en el 6,5%.

Los mismos autores obtienen unos porcentajes de infestación en alcornoques (GARCÍA CONCELLÓN et al, 1991) del 23% en tronco y del 9% en ramas, en muestreos efectuados en alcornocales del suroeste de la provincia de Badajoz.

Aunque en principio se pensaba en *Cerambyx cerdo mirbeckii* como principal causante de los daños, se ha constatado que la especie mayoritaria es *Cerambyx welensii*, algo que ya confirman los autores citados y estudios posteriores (DEL MORAL et al, 2002; PÉREZ BOTE et al, 2006).

No existen referencias que apunten la existencia de un problema similar con estos insectos en



otras zonas de la península en la década 1980/90.

### **Evolución espacio-temporal y situación actual**

El 55,72% de árboles afectados obtenido en las prospecciones realizadas hasta 2007 revela un agravamiento del problema hasta niveles verdaderamente preocupantes.

La mayor parte de los lugares prospectados presentan más de la mitad de los árboles dañados. Aunque la mayor incidencia sigue estando en el tercio suroccidental, la plaga se ha extendido ampliamente, existiendo puntos gravemente afectados por todo el territorio regional.

El incremento de los daños en el tronco ha sido notablemente menor que en las ramas. Esto pudiera ser debido a la necesidad de buscar nuevas zonas donde realizar la puesta, debido a la competencia por el sustrato que se da en poblaciones muy numerosas.

En las dos especies de quercíneas se ha manifestado este aumento de una forma similar, aunque la afectación de las encinas sigue siendo muy superior a la de los alcornoques. Esto puede ser debido a las dificultades que plantea el corcho para la entrada de las larvas neonatas, lo que hace que las hembras prefieran depositar su puesta en la corteza de encinas, siempre que las condiciones lo permitan. A pesar de ello, el elevado número de insectos hace que también aumente la colonización de alcornoques.

En consecuencia, estos resultados permiten afirmar que las dehesas extremeñas sufren un problema de extraordinaria gravedad debido a la proliferación de estos insectos barrenadores

En diversos puntos de Andalucía, los trabajos en los que se trata directa o indirectamente la infestación por cerambícidos (SORIA et al, 1994; SORIA et al, 1994; BARREDA y NAVARRO, 2002; LUQUE et al, 2003) indican una presencia relativamente abundante de estos insectos en la mayoría de los casos, pero concentrados exclusivamente en árboles viejos y debilitados por podas o descorches inadecuados. En la provincia de Huelva, la primera cita de *C. welensii* no llegó hasta 2004 (GARCÍA CASAS, 2004).

Sin embargo, NAVARRO et al (2004) indican una afectación del 43,6% de los árboles prospectados en varias zonas de Extremadura y Andalucía. Las numerosas capturas realizadas en puntos de las provincias de Badajoz y Huelva (SÁNCHEZ OSORIO, 2005; LÓPEZ PANTOJA et al, 2006), confirman la gran proliferación de estos insectos y corroboran la presencia mayoritaria de *C. welensii*, una presencia casi testimonial de *P. germari* y una escasez importante de *C. cerdo*.

En el norte de España las referencias a *C. cerdo* y *C. welensii* (PAGOLA, 2007) demuestran una

presencia de estas especies en equilibrio con el entorno y asociadas solamente a árboles senescentes, sin que se hayan detectado signos de proliferación anómala.

CALVO (2003) ya apunta la existencia de una gran proporción de robles (*Quercus pyrenaica*) infestados en el sur de Salamanca, aunque sin precisar porcentajes. Este hecho ha sido recientemente relacionado en varios artículos de prensa nacional y regional, donde se califica ya de grave problema de las dehesas salmantinas, sobre todo en las comarcas del sur de la provincia.

LIEUTIER et al (2004) certifican la existencia del problema en el arbolado de las dehesas del suroeste de España, causado por *C. welensii*, aunque habla sólo de 20000 Ha afectadas.

FIGUEIREDO et al (2004) comprobaron también, en el sureste de Portugal, la presencia de signos de infestación en numerosos árboles de las dehesas de estas zonas, ratificando mediante capturas la prevalencia casi absoluta de *C. welensii* y la escasez de *C. cerdo*.

Este problema no es exclusivo de la península ibérica, pues existen informes de otros países en los que se habla de la proliferación de *C. cerdo* o *C. welensii* en determinadas zonas y bajo ciertas condiciones.

Así, ANAGNOU et al (2008), confirman una gran proliferación de *C. welensii*, entre otros coleópteros, en ciertas zonas de Grecia desde 1994, de tal modo que se habla de plagas muy peligrosas.

En buena parte de Europa, se describe la especial situación de *C. cerdo*, que mientras en la mayoría de las regiones se aprecia un declive muy importante de sus poblaciones por la reducción de los hábitats y fragmentación de las mismas, en puntos concretos de diversos países europeos forma plagas, como en Polonia (STROJNI, 1977; STARCZYK y STROJNI, 1985) o Rumanía (LIEUTER et al, 2004).

Diversos autores han contrastado la influencia de *C. cerdo mirbeckii* en el decaimiento de gran parte del arbolado de los bosque magrebíes de Mamora, tanto en Marruecos (EL ANTRY, 1999; BAKRY et al, 1999), como Argelia (CHAKALI et al, 2002, 2003) o Túnez (BOUHRAOUA, 2002; BOUHRAOUA et al, 2002, 2003).

Se puede afirmar, en consecuencia que, si bien los grandes coleópteros xilófagos desempeñan una función esencial en los bosques y dehesas cuando se encuentran en equilibrio, su proliferación en las últimas décadas está causando un daño grave y generalizado sobre el arbolado de zonas cada vez más amplias. Extremadura y, en general, todo el suroeste de la Península Ibérica están sufriendo con mayor intensidad este fenómeno, a causa de la extraordinaria abundancia de *C. welensii*.



## 4.1.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PROLIFERACIÓN DE LA PLAGA

### Influencia de las variables analizadas en 1990

La edad de los árboles es el factor que con mayor nitidez se ha asociado a los daños observados en las dehesas en los dos muestreos realizados, tanto en su relación directa como mediante el análisis factorial.

En 1990, cuando ya se había observado una proliferación anómala de los xilófagos del género *Cerambyx* en algunos puntos de Extremadura, eran los árboles más viejos (a partir de 110 años de edad) los que mostraban una elevada presencia de taladros, muy superior a la de las otras franjas de edad, especialmente a la de los individuos más jóvenes (menores de 66 años, según los intervalos establecidos), donde los niveles de infestación eran relativamente bajos.

La relación entre la senilidad de las quercíneas y la presencia de larvas de *C. cerdo* y *C. welensii* es sobradamente conocida y documentada, por lo que estos resultados evidencian una vez más la preferencia de estos insectos a colonizar los individuos más viejos. Sin embargo, su presencia creciente en árboles relativamente jóvenes es una anomalía en su comportamiento habitual, desencadenada por el tamaño de la población o el mal estado de los árboles.

La ubicación geográfica de las zonas de dehesa arbolada parece influir en su afectación en que se incrementa progresivamente a medida que se desciende latitudinalmente. La diferencia entre las mitades norte y sur de la región era muy significativa en 1990, lo que induce a pensar tanto en las diferencias climáticas como en los distintos manejos a que se somete a las dehesas en ambas zonas. Estudios que establecieran las posibles diferencias en la forma de manejar el arbolado en distintos lugares de la geografía extremeña podrían arrojar luz sobre este aspecto.

Considerando conjuntamente latitud y longitud, la porción del territorio más afectada es la centro-oriental, aunque conviene precisar la existencia de pocos puntos de muestreo en esta zona.

A nivel más amplio, el sur y suroeste de la región son las zonas más afectadas. Esto se encuentra en relación directa con la existencia en ellas de las dehesas con arbolado más envejecido a causa del intenso pastoreo, que impide la regeneración (HERNÁNDEZ, 1996).

Igualmente, estas zonas (centro-oriental y suroeste) son las que presentan una climatología más adversa, coincidiendo de forma muy aproximada con las áreas que presentan un índice de Thornthwaite (Ih) inferior a 20, que corresponde a un clima semiárido, y que muestran riesgo de desertificación de moderado a alto, según el mapa de riesgo de desertificación en España (MMA, 2006).

La densidad del arbolado tiene una escasa influencia sobre la mayor o menor incidencia del problema, aunque la abundancia del insecto, ya en 1990, podría estar ocultando la posible repercusión de este factor en la dispersión de las poblaciones.

La orografía del terreno no discrimina de forma importante la posibilidad de afectación, aunque en las zonas de llano se encuentran los niveles más elevados y en los puntos situados en cresta, los menores.

La altitud influye en tanto que las zonas más elevadas muestran árboles más sanos, sin que esto tenga relación, según el análisis factorial, con el resto de variables, ya que este factor cada vez determina menos el destino de una masa arbórea y su tratamiento. Sin embargo, parece probable que el insecto se desarrolle con más dificultad en zonas más elevadas debido al clima más fresco y menos seco.

En cuanto al tipo de explotación, se observa que las zonas dedicadas a labor y a ganado son las que presentan mayores índices de afectación, probablemente debido al uso intensivo que se lleva a cabo en estas dehesas.

Estudios más detallados sobre el tipo e intensidad del laboreo o de la carga ganadera y el estado de los suelos en estas zonas aportarían datos más precisos sobre la influencia de estas actividades sobre el arbolado y, en consecuencia, sobre su participación en el desarrollo de estos insectos.

### **Evolución del grado de afectación según las variables**

A lo largo del periodo estudiado, la progresión de los daños en el arbolado ha sido muy acentuada, tanto en intensidad como en extensión.

En cuanto a las variables consideradas, en todos los casos se han producido aumentos similares en la afectación, lo que puede justificarse por la extraordinaria difusión de la plaga de *C. welensii*.

En las zonas con menor densidad de árboles se ha apreciado un mayor incremento del número de árboles afectados, lo que indica una necesidad de colonización de todos los árboles disponibles ante el aumento de la población, reduciendo de forma importante la capacidad de selección de las hembras a la hora de realizar la puesta.

Los árboles viejos siguen siendo los más afectados, pero llama la atención la creciente proporción de árboles jóvenes que presentan signos de haber sido colonizados. Esto puede estar causado tanto por la superpoblación de insectos como por el debilitamiento de muchos árboles jóvenes a causa de las labores inadecuadas.

En cuanto a la orografía, se han intensificado los ataques a todos los niveles, manteniéndose las zonas de llanura como más afectadas, aunque han crecido de forma muy importante los daños en árboles de zonas de ladera e incluso en crestas.

Teniendo en cuenta la altitud del terreno, en el año 2007 ya no es posible establecer diferencias significativas en el grado de afectación de las quercíneas, pues ha crecido notablemente en todos los casos.

Lo mismo sucede con el tipo de explotación, donde se han equilibrado los daños entre las zonas con diferentes usos, aunque a nivel global siguen siendo las dedicadas a ganado las más afectadas.

En todos los casos se han producido incrementos muy importantes en los daños en las ramas y no tan elevados en los troncos.

Todos estos datos apuntan a una generalización de los ataques de este insecto a todos los niveles, como consecuencia del extraordinario crecimiento de las poblaciones de estos coleópteros, que han constituido una plaga de tales dimensiones que los individuos se han visto obligados a generalizar sus preferencias a la hora de la elección del árbol para la puesta, tanto en lo que respecta a sus características individuales, a la parte del árbol elegida, como a las condiciones del territorio en que se encuentran.



### 4.1.3. ANÁLISIS DE CAUSAS Y CONSECUENCIAS

La extraordinaria proliferación de los coleópteros xilófagos del género *Cerambyx* en las dehesas de Extremadura es una situación anómala, causada probablemente por una confluencia de circunstancias que han originado un desequilibrio en el sistema agroforestal y han favorecido el desarrollo desmesurado de estos insectos hasta constituir una plaga que sigue extendiéndose por todo el territorio y que ya afecta de forma muy grave a amplias zonas.

Una especie como la estudiada, cuyo potencial biótico en condiciones normales no es elevado, tratándose de insectos, debido a su baja razón sexual y su largo ciclo vital, se comporta en condiciones normales como patógena secundaria y mantiene sus poblaciones en equilibrio con sus hospedadores. Por tanto, para que se desencadene una plaga es preciso que se produzca una drástica reducción de la resistencia del medio, que es un factor esencial para la ruptura del equilibrio biológico y la constitución en plaga de una población (BACHILLER et al, 1981). Dicha disminución de la resistencia viene originada principalmente por la pérdida de vigor del arbolado, debida al envejecimiento y a otros factores, que debilitan también a los árboles no senescentes. De este modo, la proporción de árboles susceptibles de ser atacados crece de forma exponencial, permitiendo así la expansión desmesurada de una especie que se ha visto especialmente favorecida por esta situación.

Existen estudios que relacionan la vitalidad de las quercíneas con la concentración en sus extractos de ciertos compuestos fenólicos (ALOUÍ et al, 2005). La disminución de estos es un síntoma de la debilitación del árbol, independientemente de otros factores. Las bajas concentraciones de estas sustancias constituyen probablemente una señal atractiva para las hembras de *C. welensii* cuando se disponen a realizar la puesta, sin olvidar la posibilidad de que los individuos debilitados puedan emitir otros volátiles atrayentes. El avance en los estudios sobre la respuesta de estos insectos ante diferentes sustancias (SÁNCHEZ OSORIO et al, 2007) contribuirá a esclarecer este aspecto.

Una vez establecida la plaga, la generalización de sus hábitats y hospedadores se explica por la fuerte presión poblacional, que provoca que se lleguen a colonizar hábitats no habituales, árboles vigorosos (DEL MORAL, 1994) y ramas, aspecto éste que denota una necesidad de prescindir de una exigencia importante para la especie, como es la que muestran los cerambícidos perforadores por los árboles de mayor tamaño y, en un determinado árbol, por las partes con mayor circunferencia (HUGUES y HUGUES, 1982).

Por esta razón, las posibilidades de una infestación generalizada en muchas zonas de Extremadura ya no se puede considerar un riesgo cercano, sino una evidencia.

Numerosos autores, citados en el capítulo II, coinciden en que la escasa regeneración de las dehesas y las prácticas abusivas o inadecuadas, bien sea laboreo, carga ganadera o prácticas selvícolas,



están envejeciendo y debilitando el arbolado. Como consecuencia de ello, los árboles se ven afectados con frecuencia e intensidad crecientes por diversas plagas y enfermedades, entre las cuales destaca sobremedida, según los resultados de este trabajo, la abundancia de coleópteros xilófagos, especialmente *C. welensii*, cuyas poblaciones en Extremadura han superado muy ampliamente las propias de una situación de equilibrio con el medio.

Esta falta de regeneración del arbolado, ya considerada por numerosos expertos como la principal causa de la problemática actual del arbolado de la dehesa (PULIDO et al, 2001; PLIENINGER et al, 2003; PULIDO y DÍAZ, 2003 OLEA y SAN MIGUEL, 2006; SAN MIGUEL, 2006), es un factor que puede conducir en no demasiados años a una intensa deforestación por muerte masiva de individuos, sin que existan en esos momentos individuos en desarrollo que los sustituyan a medio plazo.

Los autores que han estudiado el problema en otras zonas de Europa y norte de África (en concreto para *C. cerdo*), explican la aparición de plagas en zonas concretas como consecuencia del mal manejo de los bosques, como es el caso de Polonia (STROJNI, 1977; STARCZYK y STROJNI, 1985) o Rumanía (LIEUTER et al, 2004).

Diversos autores han contrastado la influencia de *C. cerdo mirbeckii* en el decaimiento de gran parte del arbolado de los bosque magrebíes de Mamora, tanto en Marruecos (EL ANTRY, 1999; BAKRY et al, 1999), como Argelia (CHAKALI et al, 2002, 2003) o Túnez (BOUHRAOUA, 2002; BOUHRAOUA et al, 2002, 2003). En todos los casos se destaca el papel creciente y relevante de este coleóptero y otros perforadores, pero ocasionado por otros factores que han originado un debilitamiento general de los árboles, como su deficiente estado sanitario, las labores selvícolas inadecuadas o las sequías prolongadas.

#### 4.1.4. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN

La gran dimensión de la plaga de *C. welensii*, unido al estado sanitario de la arboleda de las dehesas extremeñas, puede desencadenar a medio plazo un incremento dramático de la mortandad de las quercíneas, especialmente en las zonas suroeste y sureste de la región.

Si consideramos el tamaño de las poblaciones del insecto, el deficiente estado del arbolado de las dehesas y la dificultad para acceder a las larvas en lo más profundo de la madera, la lucha contra esta plaga presenta graves dificultades y en ningún caso se resolverá tomando medidas aisladas.

Se tiene conocimiento de la puesta en práctica de diversos métodos de lucha contra estos insectos\* a nivel particular, como tratamientos químicos mediante fumigaciones o el uso de insecticidas sistémicos, además de preservantes o pastas selladoras sobre las heridas, que en ningún caso pueden resultar eficaces.

Todos los autores consultados coinciden en que las medidas ante este grave problema deben ser variadas y basadas en el hecho de que se trata de una plaga de origen multicausal y principalmente debida al deficiente manejo y conservación del arbolado de las dehesas.

En consecuencia, el único tratamiento posible es la gestión integrada de la dehesa (BONNEMAISON, 1975; SERRANO VILAR, 1978; BACHILLER et al, 1981), en la cual se incluyan medidas para atajar la expansión del insecto y otras para favorecer los factores de resistencia del medio mediante el establecimiento de un manejo sostenible de todos sus recursos (JAMBRINA y LADERO, 1993; EL ANTRY, 1999; NAVEIRO et al, 1999).

De acuerdo con numerosos autores consultados, podemos establecer una serie de actuaciones prioritarias en ambos sentidos:

##### **A) Control directo de la plaga**

- ★ Establecer sistemas generalizados de captura de imagos durante su época de eclosión
- ★ Profundizar en la investigación sobre sustancias atrayentes
- ★ Promocionar avances en los métodos para detectar el grado de afectación de ciertos árboles
- ★ Destrucción de árboles gravemente dañados
- ★ Profundizar en el conocimiento bioecológico de la especie
- ★ Estimular la investigación sobre nuevos métodos de control biológico de estos insectos (depredadores, parásitos, etc.)

---

\* Ya explicados en el apartado 3.2.4.5

### **B) Medidas para favorecer la resistencia del arbolado**

- ★ Fomentar la regeneración del arbolado con amplios planes de reforestación con objeto de incrementar la masa arbórea y restablecer el equilibrio en la distribución de edades
- ★ Uso de labores selvícolas adecuadas, principalmente poda y descorche, para lo cual sería necesario promover la formación de técnicos, generalizar el control de esta labores e impulsar campañas de concienciación de los propietarios de las dehesas.
- ★ Favorecer la inclusión de otras especies arbóreas en las dehesas ?
- ★ Control de la carga ganadera y adecuación a la capacidad de cada espacio
- ★ Uso sostenible de las zonas de labor, mediante técnicas extensivas y rotatorias
- ★ Planes de mejora de la rentabilidad de las dehesas
- ★ Mayor control por parte de la Administración del cumplimiento de la normativa referente a la gestión de las dehesas
- ★ Promocionar la investigación sobre factores que puedan mejorar la vitalidad y resistencia de los árboles ante el ataque de insectos

En cualquier caso, son las administraciones públicas las encargadas de la puesta en práctica de un más que necesario plan integral de lucha contra *C. welensii*, en el que se desarrollasen estas y otras medidas. De ello dependerá la supervivencia de la dehesa arbolada en un plazo no demasiado largo.

## 4.2. ANÁLISIS MORFOBIOMÉTRICO DE *Cerambyx welensii* (Kuster 1846)

### 4.2.1. DISCUSIÓN SOBRE LAS CAPTURAS REALIZADAS

#### Métodos de captura

El diseño de las trampas, en forma de embudo y de buen tamaño, resultó idóneo para la captura de grandes cerambícidos. Su efectividad varió en función del cebo utilizado, ejerciendo una mayor atracción las frutas más olorosas. Sin embargo, lo que realmente se mostró como un atrayente altamente eficaz fue el vino, que en principio se utilizó para mantener húmeda la fruta y potenciar su olor y posteriormente se ha empleado como único cebo, mezclado con agua, con mejores resultados que la fruta.

Las investigaciones que se llevan a cabo sobre los atrayentes químicos que provocan una respuesta más intensa en los coleópteros del género *Cerambyx* (SÁNCHEZ OSORIO et al, 2004; 2006; 2008 y 2009) contribuirán próximamente a la mejora de este método.

#### Abundancia de cerambícidos

La gran cantidad de ejemplares capturados en pocas temporadas y en un área muy reducida confirma la extraordinaria proliferación de *C. welensii* en las dehesas extremeñas, cuya predominancia sobre *C. cerdo* ya ha sido advertida anteriormente por varios autores (DEL MORAL et al, 1993; NAVEIRO y MORCUENDE, 1994; SORIA et al, 1994; PÉREZ BOTE et al, 2005), ya que esta última especie prefiere zonas menos cálidas y más húmedas.

Tampoco es abundante *P. germari*, cuya presencia además parece coincidir con el fin del periodo vital de los imagos de *C. welensii*.

Por todo ello, se puede afirmar que la especie dominante, en lo que a coleópteros perforadores se refiere, es *C. welensii*, que puede ser considerada con seguridad como la responsable de los graves daños que sufren las quercíneas de las dehesas.

También ha sido citada como la especie taladradora predominante en encinares y alcornoques de Andalucía (CONCELLÓN et al, 1990; SORIA et al, 1996; BARREDA y NAVARRO, 2002; LUQUE et al, 2003; GARCÍA CASAS, 2004; LÓPEZ PANTOJA et al, 2006) y en la provincia de Salamanca (CALVO, 2004), donde parece existir también una plaga de considerables proporciones, también en bosques de *Quercus pyrenaica*.

FIGUEIREDO et al (2004), en prospecciones realizadas en el sureste de Portugal, en un área limítrofe con el suroeste de Extremadura, confirman igualmente que la especie dominante es *C. welensii*, siendo *C. cerdo* bastante rara.

Esto resuelve en parte el conflicto suscitado al sospechar que el causante de estas plagas era *C. cerdo*, una especie en franco declive y que se encuentra protegida. Sin embargo, próximamente se planteará el problema de la conservación de *C. cerdo*, cuando se aborden planes integrales para combatir la plaga de *C. welensii* en las zonas citadas.

Aunque la serie temporal de las capturas no es lo suficientemente larga como para extraer conclusiones sólidas, se adivina una tendencia a aparecer la gran mayoría de los imagos entre el 15 de Junio y el 15 de Julio. La continuación de estos trabajos de captura durante varios años más permitirá obtener datos más sólidos al respecto.

### Razón sexual en la población estudiada

Sobre un total de 452 ejemplares adultos de *C. welensii*, el 67,04% eran machos y el 32,96%, hembras.

Estas proporciones son muy similares a las obtenidas, para *C. cerdo*, por STROJNI (1977) y STARZYK y STROJNY (1985), en Polonia , y ligeramente inferiores a las determinadas por EL-ANTRY (1999), en Marruecos, también para *C. cerdo* (en este caso para la subesp. *mirbeckii*) (tabla VI.1).

	total ejemplares	machos (%)	hembras (%)
presente estudio ( <i>C. welensii</i> )	452	67,04	32,96
STROJNY, 1977 ( <i>C. cerdo</i> )	410	60,24	39,76
STARZYK y STROJNY, 1985 ( <i>C. cerdo</i> )	595	61,18	38,82
EL-ANTRY, 1999 ( <i>C. cerdo mirbeckii</i> )	523	61,75	38,25

Tabla IV.1. Proporciones de machos y hembras capturados, comparados con datos previos sobre *C. cerdo*

La razón sexual en la muestra estudiada, considerada como nº de hembras / total de individuos (BACHILLER et al, 1981), es de 0,33, una cifra relativamente baja, que indica que existen más de dos machos por cada hembra, e inferior a la apuntada por NAVEIRO y MORCUENDE (1994), superior a 0,50, que es la única referencia conocida sobre la razón sexual de *C. welensii* hasta la fecha.

La razón sexual a favor de los machos se da en el 90% de los cerambícidos, aunque algunas hipótesis apuntan a la posibilidad de que estos datos de capturas no ofrezcan las proporciones reales, en base al diferente comportamiento de ambos sexos. En este sentido se pronuncian STARZYK y WITKOWSKI (2009), que han recolectado mayor número de hembras en zonas con árboles de gran talla (más favorables para la supervivencia de las futuras larvas) y machos donde los árboles son más jóvenes. Sin embargo, en nuestra investigación, la mayor parte de las capturas se realizaron situando las trampas en árboles de gran tamaño, con resultados totalmente diferentes.

Por otra parte, DAJOZ (1995) refiere que en capturas realizadas en los lugares de reposo, las hembras fueron más abundantes que los machos en el 60% de los casos, lo que apoyaría la hipótesis de la influencia del comportamiento de los sexos en la razón sexual de los individuos capturados en sus momentos de actividad (sin olvidar que esto corresponde a afirmaciones generales, referentes a diversas especies de cerambícidos, entre las cuales no se encuentra *C. welensii*).

En todo caso, aunque la razón sexual de las poblaciones de cerambícidos es muy variable según especies y se encuentra influenciada por diversos factores (HUGUES y HUGUES, 1982; GOLDSMITH, 1987; LAWRENCE, 1987; LAWRENCE et al, 1998), entre los que destaca la edad media de los árboles hospedadores de la zona en que se encuentre la población (STARZYK y WITKOWSKI, 2009), los valores anteriores señalan una clara prevalencia de los machos en los estudios realizados tanto sobre *C. welensii* como en *C. cerdo*, lo que justifica la agresividad observada entre los machos, especialmente cuando se hallan en gran cantidad o confinados en espacios reducidos.

No se tienen datos sobre la razón sexual de *C. welensii* o de *C. cerdo* en circunstancias diferentes a las presentes, especialmente en condiciones de equilibrio con el medio.

Por ello, existe la posibilidad de que en zonas ampliamente colonizadas y con poblaciones muy numerosas, como es el caso de buena parte del territorio extremeño, la cantidad de hembras sea relativamente baja debido a la menor disponibilidad de árboles en los que depositar la puesta. Estudios específicos sobre este aspecto podrían aclarar esta posibilidad.



### 4.2.2. CARACTERES MORFOBIOMÉTRICOS

El único estudio conocido de este tipo, realizado específicamente sobre una especie próxima, es el de STARCYK y STROJNI sobre *C. cerdo* (1985), por lo que este análisis de los principales caracteres morfobiométricos en *C. welensii* es un aporte novedoso al conocimiento de esta especie.

Al tratarse de ejemplares capturados en un área relativamente reducida, los valores obtenidos deberán ser cotejados en un futuro con los de estudios realizados en otras zonas, con el fin de comprobar el posible grado de homogeneidad entre diferentes poblaciones.

#### Caracteres y parámetros

Aunque existe cierta variabilidad de tamaños, por término medio las hembras presentan un mayor tamaño corporal que los machos, tanto en longitud como en ancho y grosor, así como en la mayor parte de sus rasgos anatómicos. Además, casi la mitad de las hembras estudiadas son de tamaño grande (superior a 50 mm.), mientras que en los machos existe mayor variabilidad y es mucho menos frecuente encontrar ejemplares de gran tamaño (menos del 15% superan los 50 mm.).

Los índices y coeficientes de variación de la talla confirman una mayor homogeneidad en el tamaño de las hembras. Comparados estos valores con los obtenidos para otros cerambícidos (DAJOZ, 1995), se puede considerar que la variabilidad no es muy importante, teniendo en cuenta que se trata de una especie de gran tamaño, dado que no alcanza el valor de 50, aunque se aproxima bastante.

El valor global de I (1,74) es más elevado que el obtenido por DAJOZ (1995) para un conjunto de especies de *Cerambycinae* (1,62), entre las que se encuentra *C. cerdo*, pero no *C. welensii*, con crecimiento alométrico.

Este valor estaría de acuerdo con la afirmación de ANDERSEN y NIELSEN (1983, citado por DAJOZ, 1995), en el sentido de que los valores elevados de I (superiores a 1,4) caracterizan a los coleópteros xilófagos.

Las ratios entre la longitud del cuerpo y el resto de caracteres (grosor, peso, longitud y ancho de los élitros, de la cabeza y del pronoto, además de la longitud de cada uno de los tres pares de patas) presentan una correlación lineal positiva en todos los casos, mucho más fuerte en los machos. Esto indica una cierta homogeneidad en cuanto a la forma y aspecto externo del animal, además de en su crecimiento.



La longitud de las antenas es muy superior en machos, hasta el punto que en la población estudiada, sólo algunas de las hembras de mayor tamaño presentan antenas más largas que los machos más pequeños. Este rasgo presenta una muy elevada variabilidad en machos, siendo mucho más homogéneo en hembras.

La relación entre la longitud de las antenas y la del cuerpo es, por tanto, claramente superior en machos, donde es superior a 1 (1,396), mientras que en las hembras prácticamente nunca llega a los 3/4 (0,694). En ambos casos existe regresión lineal positiva entre las dos dimensiones, siendo en machos la correlación muy elevada, mientras que en las hembras existe una mayor variabilidad, no explicable en base a su tamaño corporal. Las rectas de regresión son muy diferentes y se encuentran claramente separadas.

No existen diferencias apreciables en la longitud y ancho de la cabeza, en cuanto a los valores medios, entre ambos sexos. Sin embargo, su relación con la longitud corporal arroja diferencias importantes, de modo que los machos presentan cabezas de mayores dimensiones que las hembras a igualdad de tamaño.

Aunque para el pronoto sí existen diferencias significativas para los valores medios, no es un elemento diferenciador entre sexos, ya que los intervalos de tamaño se superponen ampliamente. Algo similar ocurre en la relación entre la longitud del cuerpo y las dimensiones del pronoto, que, aún siendo superior en hembras, como ocurre con la cabeza, las diferencias entre sexos no son apenas evidentes.

También los élitros presentan mayores dimensiones en las hembras y además, las diferentes ratios en que estos intervienen muestran que a medida que las hembras son más grandes, sus élitros son relativamente mayores. Esto concuerda con el menor desarrollo de la cabeza y el pronoto, de manera que en los ejemplares de mayor tamaño se aprecia que los élitros presentan un mayor tamaño en las hembras, mientras que la cabeza y el pronoto son mayores en los machos. Además la ratio entre las dimensiones en los élitros indica que en las hembras presentan un aspecto más cuadrangular, mientras que en los machos la forma es más bien cónica. Este detalle suele ser visible incluso en ejemplares de menor tamaño.

Los tres pares de patas son apreciablemente más largos y gruesos en los machos en proporción al tamaño del cuerpo.

La gran variabilidad en la relación grosor/peso, similar en los dos sexos, puede ser explicada en base al momento de la captura en cada individuo, ya que el peso puede variar según el momento de la fase de imago en que se encuentre, pues la alimentación y el consumo energético puede ser muy diferente de unos ejemplares a otros. En el caso de las hembras hay que tener en cuenta, además, la posibilidad de que algunos ejemplares hayan sido capturados tras realizar la puesta y otros con los huevos en su interior.

### **Diferencias morfobiométricas entre *C. welensii* y *C. cerdo***

Comparando estos resultados con los valores medios obtenidos por STARZYK y STROJNY (1985), para *C. cerdo* en Polonia, se pueden extraer ciertas diferencias morfológicas entre ambas especies:

- Se observa una mayor variabilidad en el tamaño corporal en *C. cerdo*, principalmente debido a la existencia de ejemplares de tamaños menores, que hace que los valores medios sean inferiores en ambos sexos, aunque muy cercanos en machos.
- La longitud de las antenas es notablemente mayor en *C. cerdo*, de manera que en machos superan en 1,5 veces el tamaño del cuerpo y en hembras suelen tener una longitud muy poco inferior a la del cuerpo, carácter éste que puede colaborar en la diferenciación entre ambas especies, ya que las antenas de las hembras de *C. welensii* nunca alcanzan las 3/4 partes de la longitud corporal.
- La longitud de las patas es mayor en *C. cerdo*, en los dos sexos.
- Los élitros son notablemente más anchos en las hembras de *C. welensii*, lo que les da un aspecto más redondeado y compacto.
- El grosor del cuerpo es mayor en *C. welensii*, para los dos sexos.

En la mayoría de los casos, son diferencias no muy evidentes y en rasgos anatómicos sujetos a una gran variabilidad, además de proceder de poblaciones concretas y localizadas.

### **Dimorfismo sexual**

La diferencia fundamental y claramente visible entre machos y hembras se produce en la longitud de las antenas. Éstas han resultado superar siempre con amplitud la longitud del cuerpo en los machos, mientras que en las hembras nunca alcanzan el tercio basal de los élitros.

Como ya es conocido, se puede determinar el sexo de un individuo atendiendo solamente a este carácter, igual que en otras especies de la familia.

La relación de tamaño corporal es de 1.08, lo que indica una diferencia no importante, ligeramente por debajo del valor medio obtenido por DAJOZ (1995) para el conjunto de los *Lamiinae* y *Cerambycinae* (1,12).

En todos los demás caracteres analizados, existen diferencias significativas de tamaño entre machos y hembras, aunque ninguna de ellas por sí misma es decisiva para determinar el sexo de un individuo, ya que siempre existe un cierto grado de solapamiento entre los valores de ambos.

En ciertos parámetros morfométricos se manifiesta claramente un dimorfismo sexual que, si bien no suele ser apreciable en una primera observación directa, mediante la experiencia o un examen más detallado, se muestra con nitidez.

Destacan entre estas ratios, las que relacionan el tamaño corporal con las dimensiones de la cabeza y la longitud de las patas, de manera que entre individuos de tamaños similares, las hembras presentan una cabeza notablemente más pequeña y las patas de los machos son de mayor tamaño.

Algo menos evidentes son las ratios entre la longitud del cuerpo y las dimensiones de los élitros, aunque sí son diferentes las formas de estos entre machos y hembras, con un aspecto más cónico en los primeros y más cuadrangular en las hembras. Sin embargo, esta diferencia de forma en los élitros es muy difícil de diferenciar en ejemplares pequeños.

## **Alometría**

Las ecuaciones alométricas obtenidas para machos presentan un mayor grado de fiabilidad que en las hembras, aunque en ambos casos las correlaciones son fuertes y las regresiones potenciales evidentes.

La observación de un crecimiento alométrico en diferentes partes del cuerpo en esta especie apoya la idea de DAJOZ (1995) de que este tipo de crecimiento, ausente en las familias primitivas de coleópteros, es un carácter evolucionado en *Cerambycinae* y *Lamiinae*, que son las subfamilias más evolucionadas de los cerambícidos.

El análisis comparado de la variabilidad entre la longitud del cuerpo y de las antenas indica que el crecimiento de las antenas en relación al crecimiento corporal presenta una alometría fuertemente positiva en los machos y negativa en las hembras, de manera que el dimorfismo sexual se acentúa con el crecimiento de los individuos.

El resto de ecuaciones alométricas confirman un crecimiento diferente entre sexos, siendo más acentuado en las distintas partes del cuerpo en los machos que en las hembras, de modo que en los ejemplares de mayor tamaño resulta más evidente el dimorfismo sexual en otros rasgos además de las antenas. Así, se aprecia con mayor facilidad, en el tamaño de la cabeza, el pronoto y las patas, estructuras que son apreciablemente mayores en los machos cuando se comparan ejemplares de tamaños medio o grande. En estos casos, aunque en machos se da isometría para la longitud del

pronoto y alometría negativa para las longitudes de las patas, en las hembras los valores de  $b$  para estos rasgos son muy inferiores, lo que denota un crecimiento proporcionalmente menor.

Comparando las dimensiones de la cabeza y el pronoto, se observa que la cabeza de los machos se va haciendo más alargada, mientras que la de las hembras adquiere un aspecto más cúbico, al igual que ocurre con el pronoto, que, sin embargo, no se alarga en machos y mantiene sus proporciones.

La alometría negativa del peso, tanto respecto a la longitud como al grosor del cuerpo, resulta lógica en un animal volador de importante tamaño.

Las ecuaciones alométricas también confirman el mayor crecimiento proporcional de los élitros en las hembras, además de la adquisición progresiva de una forma más compacta y redondeada, mientras que en machos, además de un menor crecimiento (debido al mayor incremento de tamaño de la cabeza y el pronoto), los élitros se van agudizando hacia el ápice y, por tanto, haciendo más cónicos.

El coeficiente de alometría, denominado inicialmente por HUXLEY (1932) “diferencial constante de la tasa de crecimiento” es un valor muy útil para establecer la forma en que crece un determinado animal y puede servir para explicar, como es este caso, cómo se resalta morfológicamente el dimorfismo sexual con el aumento de tamaño, si bien sigue siendo muy discutido como elemento identificador de las relaciones filogenéticas entre especies y como factor de análisis en estudios evolutivos (WHITE y GOULD, 1965; GAYON, 2000).



## **Capítulo V**

# **CONCLUSIONES**





## **5.1. GRADO DE AFECTACIÓN DEL ARBOLADO DE LAS DEHESAS EXTREMEÑAS POR LARVAS DE *Cerambyx***

- I. La afectación del arbolado de las dehesas de Extremadura por larvas de *Cerambyx* ya era muy importante en 1990 y se ha incrementado de forma explosiva hasta la actualidad, en que constituye un problema de grandes dimensiones.
- II. Las encinas se encuentran más dañadas que los alcornoques, tanto en el tronco como en las ramas
- III. El aumento de taladros en las ramas denota
- IV. El grado de afectación de los árboles se encuentra directamente relacionado con
- V. La colonización creciente de árboles jóvenes y el incremento de la presencia de larvas en zonas antes poco preferidas por el insecto denota una extensión de la plaga hasta niveles preocupantes.
- VI. El envejecimiento de la población arbórea de las dehesas por su escasa regeneración, y su debilitamiento por el manejo inadecuado y la climatología adversa parecen ser los factores que en mayor grado han influido en la proliferación de estos insectos xilófagos.





## 5.2. ANÁLISIS MORFOBIOMÉTRICO DE *Cerambyx welensii* (Kuster 1846)

- I. La especie causante de la plaga es *Cerambyx welensii*.
- II. El tamaño de los ejemplares estudiados es muy variable, presentando las hembras por lo general mayor tamaño y más homogeneidad en el mismo.
- III. Existe un marcado dimorfismo sexual en el tamaño de las antenas, de manera que es el más evidente carácter diferenciador entre ambos sexos. En los machos, las antenas siempre superan el tamaño del cuerpo, mientras que en las hembras no alcanzan los 3/4 de su longitud.
- IV. Las antenas de los machos presentan un crecimiento alométrico positivo y las de las hembras negativo



# **BIBLIOGRAFÍA**





1. ABID, H. (2005). **L'aménagement intégré des forêts de chêne-liège en Tunisie: cas des bassins versants de Sidi Barrak et Barbara**. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 28 (8), pp. 269-274.
2. ABIVARDI, C. (2001). **Iranian Entomology: an introduction. Vol. 2 (Applied Entomology)**. Springer Books.
3. ACEDO, C. (2004). **Taxonomía del género Quercus L. Especies presentes en la Península Ibérica**. Dpto de Biología Vegetal, Área de Botánica, Universidad de León.  
*En la web: [http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/jcardiel/asignaturas/floraiberica/sabermas/quercus.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jcardiel/asignaturas/floraiberica/sabermas/quercus.pdf)*
4. ACOSTA, R. (2002). **Los entramados de la diversidad: antropología social de la dehesa**. Diputación de Badajoz, Dpto de Publicaciones. Badajoz.
5. ACOSTA, R. (2005,a). **La cultura de la dehesa**. En: *Proyecto Andalucía. Antropología, Tomo XI* (RODRÍGUEZ BECERRA, S., coord.), pp 209-246. Publicaciones Comunitarias. Sevilla.
6. ACOSTA, R. (2005,b). **El medio ambiente y los nuevos procesos productivos de la dehesa**. Revista de Estudios Agrosociales, nº 206, pp 63-86. Sevilla.
7. AJBILOU, R.; MARAÑÓN, T y ARROYO, J. (2003). **Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos**. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.; 12 (2), 111-123.
8. ALEJANO, R.; TAPIAS, R.; TORRES, E.; FERNÁNDEZ, M.; ALAEJOS, J. (2006). **Influencia de la poda en la producción de bellota y el crecimiento en dehesas de la provincia de Huelva**. Boletín Inf. CIDEU, 1: 25-28.
9. ALFORD, D.V. (1994). **Ravageurs des vegetaux d'ornement**. INRA éditions, Paris. 448 pp.
10. ALOUI, F.; CHARRIER, B.; MERLIN, A.; GEORGE, B. (2005). **Etude de la durabilité du chêne européen**. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 28 (8), pp. 103-110.
11. ANAGNOU, M.; PAPAIOANNOU, P.; KARANASTASI, E; GIANNOPOLITIS, C.N. (2008). **New records of plant pests and weeds in Greece, 1990-2007**. Hellenic Plant Protection Journal 1: 55-78.
12. ARAHOU, M. (2008). **Catalogue de l'entomofaune du chêne vert du Moyen Atlas (Maroc)**. Documents de l'Institut Scientifique, nº 22. Université Mohammed V, Rabat.
13. ARIJA, E. (1984). **Geografía de España**. T. IV. Espasa-Calpe, Madrid.

14. AVTZIS, D.N.; AVTZIS, D.N. (2001). **Control of the Most Dangerous Insects of Greek Forests and Plantations**. En Liebhold, A.M.; McManus, M.L.; Otvos, I.S.; Fosbroke, S.L.C., eds. 2001. **Proceedings: integrated management and dynamics of forest defoliating insects**; U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station.
15. AZCÁRATE, B.; BARRIENTOS, G. y CAMPESINO, A.J. (1991). **Geografía de España. T. VII, Parte 1: Extremadura**. Ed. Planeta, Barcelona.
16. BACHILLER, P.; CADAHÍA, D. y 22 más (1981). **Plagas de insectos en las masas forestales españolas**. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
17. BAHÍLLO DE LA PUEBLA, P.; ITURRONDOBEITIA, J.C. (1996). **Cerambícidos (Coleoptera: Cerambycidae) del País Vasco**. Cuadernos de Investigación Biológica, vol. 19. 244 pp.
18. BAHÍLLO DE LA PUEBLA, P. (1997). **Estudio de la variabilidad en las poblaciones de *Iberodorcadion fuliginator* (Linneo, 1758) del País Vasco y Navarra (Coleoptera: Cerambycidae)**. Boln. Asoc. esp. Ent., 21: (3-4).
19. BAKRY, M.; EL ANTRY, S.; SATRANI, B.; OUBROU, W. (1999). **Les facteurs de dépérissement des subéraies marocaines**. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 22 (3), pp. 37-39.
20. BALACHOWSKY, A.S. (1962). **Entomologie appliquée a l'agriculture. T. I: Coléopteres**. Ed. Masson et Cie, Paris. 564 p.
21. BARBEY, A. (1915). **Biologie du *Cerambyx heros* Scop.** Bull. Soc. Vaud. Lausanne, 50. p. 621-635.
22. BARBEY, A. (1925). **Traité d'Entomologie forestière**. Berger-Levrault Editeurs, Paris. 749 p.
23. BARFIELD, C.S. ((1989). **El muestreo en el manejo integrado de plagas**. En "Andrews, K.L. & Quezada, J.R.: Manejo integrado de plagas insectiles en Centroamérica: estado actual y potencial". Turrialba, Costa Rica, CATIE, MIP. 25 p.  
En la web: (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1777E/A1777E.PDF>).
24. BARREDA, J.M. (2001). **Cerambícidos nuevos e interesantes para Andalucía y España (Coleoptera. Cerambycidae)**. Boletín de la S.A.E., 2: 29-31.
25. BARREDA, J.M.; NAVARRO, J. (2002). **Cerambícidos (Coleoptera: Cerambycidae) de la provincia de Sevilla (España)**. Boletín de la S.A.E., 3: 13-39.

26. BARRIENTOS, G. (1990). **Geografía de Extremadura**. Biblioteca Popular Extremeña. Universitas Editorial, Badajoz.
27. BARRIENTOS, J.A. (ed.) (2004). **Curso práctico de Entomología**. Universitat Autònoma de Barcelona, Servei de publicacions.
28. BARROS, M.C.; MATEUS, F.; GOMES, J.M. (2002). **The main regions of cork oak decline in Portugal**. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 25 (5), pp. 1-4.
29. BELLIER DE LA CHAVIGNERIE, E. (1883). **Coleoptères parasites du chêne**. Feuille des J. Natur. 13 (1549), p. 125-126.
30. BELLMANN, H. (2003). **Insectos. Guías de campo Blume**. Ed. Blume, Barcelona.
31. BENSE, U. (1995). **Longhorn Beetles, Illustrated Key to the Cerambycidae and Vesperidae of Europa**. Margraf Verlag, Germany. 512 pp.
32. BERCEDO PÁRAMO, P; BAHÍLLO DE LA PUEBLA, P. (1999). **Nueva especie de *Vesperus Dejean*, 1821 de la Península Ibérica (Coleoptera, Cerambycidae)**. Graellsia, 55: 149-156.
33. BERMEJO, I. (1994). **Conservación de sistemas adehesados en Extremadura**. Agricultura, Revista Agropecuaria, nº 738: 40-43. Madrid.
34. BILY, S.; MEHL, O. (1989). **Longhorn beetles (coleoptera, cerambycidae) of Fennoscandia and Denmark**. Fauna Entomologica Scandinavica, vol. 22. E.J. Brill, Scandinavian Science Press Ltd, Leiden, Holland.
35. B.O.E. (1986). **Ley 1/1986, de 2 de Mayo, sobre la dehesa de Extremadura**. BOE nº 174, 22/7/86; DOE nº 40, 15/5/86. Mérida.
36. BONNEMAISON, L. (1975). **“Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales, II. Coleópteros y Lepidópteros”**. Oikos-Tau, Barcelona.
37. BOSCHETTI, L. y SOLER, O. (dir.) (2001). **Geografía Universal, España (III)**. Salvat Editores, Sant Boi, Barcelona.
38. BOUCHAOUR-DJABEUR, S. (2005). **Les subéaires de l'ouest algérien: rehabilitation et plan d'action pour une contribution au développement intégré**. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 28 (8), pp. 275-276.
39. BOUHRAOUA, R.T. (2002). **Les principaux problèmes entomologiques rencontrés dans les subéaires oranaises: cas des xylophages**. (En la red) Institut National de la Protection des



- Vegetaux (INPV), Ministère de l'Agriculture. Algérie. *En la web:* ([http://www.inpv.edu.dz/Avertissements/JSTP/les\\_principaux\\_problème.htm](http://www.inpv.edu.dz/Avertissements/JSTP/les_principaux_problème.htm)).
40. BOUHRAOUA, R.T.; VILLEMANT, C.; KHELIL, M.A.; BOUCHAOUR, S. (2002). **Situation sanitaire de quelques subéraies de l'ouest algérien: impact des xylophages.** IOBC/WPRS Bulletin, vol. 25 (5), pp. 85-92.
  41. BOUHRAOUA, R.T. (2003). **Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'ouest algérien: Etude particulière des problèmes posés par les insectes.** Thèse Doct., Univ.Tlemcen, Algérie. 290 p + Ann.
  42. BOUHRAOUA, R.T.; VILLEMANT, C. (2005). **Mécanismes généraux de l'alteration sanitaire des peuplements de chêne-liège de l'Algérie nord-occidentale.** IOBC/WPRS Bulletin, vol. 28 (8), pp. 1-8.
  43. BRAVO, F. (1991). **Las dehesas: Sistemas silvopastorales y agrosilvopastorales.** Agricultura, Revista Agropecuaria, nº 706: 430-433. Madrid.
  44. BRIN, A; BRUSTEL, H; VALLADARES, L. (2005). **Inventaire del Coléoptères saproxyliques de la suberaie de Sant Dumas (Maures, Var).** Ecole Supérieure d'Agriculture de Purpan (ESAP).  
*En la web:* (<http://www.wvf.fr/content/download/1712/8516/version/1/file/Coléoptères+2005.pdf>).
  45. BROS, V. (2005). **La recerca i la conservació de la fauna d'invertebrats en el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac: tàxons d'interès conservacionista.** Àrea d'Espais Naturals de la Diputació de Barcelona.
  46. BRUSTEL, H.; BERGER, P.; COCQUEMPOT, C. (2002). **Catalogue des Vesperidae et des Cerambycidae de la faune de France (Coleoptera).** Ann. Soc. entomol. Fr.(n.s.), 38 (4): 443-461.
  47. CAETANO, P.; FERRAZ, J.; SÁNCHEZ, M.E.; TRAPERO, A. (2000). **El decaimiento y muerte de encinas en tres dehesas de la provincia de Huelva.** Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 26 (4) : 447-464. Madrid.
  48. CALVO, F. (2004). **Aportación de datos y corología de la familia Cerambycidae (Coleoptera) de la provincia de Salamanca (Castilla y León).** Boletín de la Asociación Española de Entomología, Vol. 28, Nº. 1-2: 13-54.

49. CAMPOS PALACÍN, P.; CAÑELLAS, I.; MONTERO, G. (2003). **Evolución y situación actual del monte adhesado** En *“La gestión forestal de las dehesas”*, Cap. 2. Instituto del corcho, la madera y el carbón. Junta de Extremadura, Mérida.
50. CAMPOS PALACÍN, P. (1983). **La degradación de los recursos naturales de la dehesa: Análisis de un modelo de dehesa**. Agricultura y sociedad, Nº 26 : 289-380. Sevilla.
51. CAMPOS PALACÍN, P. (1984a). **Evolución y perspectivas de la dehesa extremeña**. Tesis doctoral. Universidad Complutense, Madrid.
52. CAMPOS PALACÍN, P. (1984b). **Economía y energía en la dehesa extremeña**. Instituto de Estudios Agrarios, Pesqueros y Alimentarios, Madrid.
53. CAMPOS PALACÍN, P. y NAREDO, J.M. (1987). **Aspectos conceptuales y metodológicos en la gestión racional del sistema agrario adhesado**. Seminario sobre dehesas y sistemas agrosilvopastorales similares. Programa MAB, UNESCO. Madrid-Extremadura-Andalucía.
54. QIAO WANG (2008). **Longicorn, Longhorned, or Round-Headed Beetles (Coleoptera: Cerambycidae)**. en: CAPINERA, J.L. (ed.). **Encyclopedia of Entomology**. 2ª ed., Springer Science & Business Media B.V.
55. CARTER, M.E.; KOEBECKE, R.; HARRISON, R.G.; BOGDANOWICZ, S.M.; KEENA, M. (2005). **Analysis of mtDNA Sequence Data for the Asian Longhorned Beetle (*Anoplophora glabripennis*): Evidence for Multiple Invasions in North America**. Proceedings 16th U.S. Department of Agriculture Interagency Research Forum on Gypsy Moth and Other Invasive Species, pp. 3-4.
56. CASTROVIEJO, S. (coord.) (1990). **Flora Iberica (vol. II): Platanaceae-Plumbaginaceae (Partim)**. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
57. CEPEDA-PIZARRO, J.; VASQUEZ, H.; VEAS, H.; COLON, G.O. (1996). **Relaciones entre tamaño corporal y biomasa en adultos de Terebrionidae (Coleoptera) de la estepa costera del desierto chileno**. Revista Chilena de Historia Natural, 69: 67-76.
58. CEPEDA-PIZARRO, J.; VEGA, S.; VASQUEZ, H.; ELGUETA, M. (2003). **Morfometría y dimorfismo sexual de *Elasmoderus wagenknechti* (Liebermann) (Orthoptera: Tristiridae) en dos eventos de irrupción poblacional**. Revista Chilena de Historia Natural, 76: 417-435.
59. CHAKALI, G; ATTAL-BEDREDDINE; OUZANI, H. (2002). **Les insectes ravageurs des chênes, *Quercus suber* et *Q. ilex*, en Algérie**. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 25 (5), p. 93-100.

60. CHAKALI, G; DEMNATI, F; DERBAL, R. (2002). **Les insectes ravageurs des chênes en Algérie.** (En la red) Institut National de la Protection des Vegetaux (INPV), Ministère de l'Agriculture. Algérie. *En la web: ([http://www.inpv.edu.dz/Avertissements/JSTP/les\\_principaux\\_problème.htm](http://www.inpv.edu.dz/Avertissements/JSTP/les_principaux_problème.htm))*.
61. CHEMSAK, J.A.; GORTON LINSLEY, E.; NOGUERA, F.A. (1992). **Listados faunísticos de México: II. Los Cerambycidae y Disteniidae (Coleoptera) de Norteamérica, Centroamérica y las Indias Occidentales** . Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
62. CHINERY. M. (1988). **Guía de campo de los insectos de España y de Europa.** Ed. Omega, Barcelona.
63. CLIFFORD, H.F. (1970). **Analysis of a northern mayfly (Ephemeroptera) population with special reference to allometry of size.** Can. J. Zool., 48: 305-316.
64. COLAS, G. (1972). **Le *Cerambyx cerdo* (Col: Cerambycidae) en Provence.** L'Entomologiste, 28 (4/5), p. 100-103.
65. COMPTE, A.; CAMINERO, M. (1982). **Las comunidades de coleópteros xilófagos de las encinas de los alrededores de Madrid.** *Graellsia*, tomo 38, pp.: 201-217.
66. CONSEJERÍA DE INDUSTRIA Y ENERGÍA (1987). **Mapa hidrológico de Extremadura (E. 1:300.000).** Junta de Extremadura. Mérida.
67. CRESPO, J. (coord.) (1993). **Gran Atlas de España.** T. I y II. Dpto Cartográfico, Ed. Aguilar, Madrid.
68. CUADRADO IBÁÑEZ. M. (1997). **Aproximación al análisis integral del ecosistema dehesa: génesis, gestión y funciones.** Estudios integrados de Geografía, Univ. de Sevilla, 127 pp.
69. CUEVAS, S. (2005). **Retorno de biomasa y nutrientes en sistemas adherados de encina (*Quercus Rotundifolia* Lam.) y alcornoque (*Quercus suber* L.) en el sur de Extremadura.** Tesis Doctoral. Univ. Politécnica, Madrid.
70. D'AGUILAR, J.; FRAVAL, A. (2004). **Glossaire entomologique.** Delachaux et Niestlé, Paris. 224 p.
71. DAJOZ, R. (1993). **Croissance des antennes, sex-ratio, variations de taille et dimorphisme sexuel chez les coléoptères Cerambycidae: leurs rôles dans la biologie de ces insectes.** Cahiers des naturalistes, vol. 49, nº1-2, pp. 15-38. Conseil des naturalistes parisiens, Paris.

72. DAJOZ, R. (2001). **Entomología Forestal. Los insectos y el bosque**. Mundi-Prensa Libros, Madrid. 548 p.
73. DANILEVSKY M.L. (2003). **Systematic list of Longicorn Beetles (Coleoptera, Cerambycoidea) of Europe**. En: HOSKOVEC, M. y REJZEK, M. (2007). **Lonhorn beetles (Cerambycidae) of the West Palearctic Region**.  
*En la web: ([http://www.cerambyx.uochb.cz/list\\_europe.htm](http://www.cerambyx.uochb.cz/list_europe.htm))*.
74. DAUGUET, P.; DAUGUET, Ph. (1973). **Habitudes comparées des grands Cérambycides dans le massif des Maures**. L'Entomologiste, 29 (2), p. 81-85.
75. DE CASTRO, A. (2004). **Los artrópodos de la sierra de Aralar**. Monografía.  
*En la web: ([http://www.aranzadi-zientziak.org/fileadmin/docs/entomologia/LOS\\_ARTR\\_PODOS\\_DE\\_LA\\_SIERRA\\_DE\\_ARALAR.pdf](http://www.aranzadi-zientziak.org/fileadmin/docs/entomologia/LOS_ARTR_PODOS_DE_LA_SIERRA_DE_ARALAR.pdf))*.
76. DE SOUSA, E.; OLIVEIRA, G.; CORREIA, O.; SANTOS, M.N.; MARCELINO, J. (2005). **L'effet de la fertilisation dans la récupération des peuplements de chêne-liège au Portugal**. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 28 (8), pp. 245-252.
77. DEL MORAL, J.; GALLEGU, M.; NÚÑEZ, R.; CHICA, V. (1988). **"Cerambyx cerdo L., una plaga importante de las dehesas de Badajoz"**. Agrishell, 39: 8-11.
78. DEL MORAL, J.; GALLEGU, M.; NÚÑEZ, R.; CHICA, V. (1989). **"Cerambyx cerdo L., un coleóptero parásito de los *Quercus* spp. de las dehesas extremeñas"**. Phytoma, 10: 58-63.
79. DEL MORAL, J.; CASADO, D.; GALLEGU, M. (1993). **Crecimiento de las poblaciones de insectos del grupo *Cerambyx cerdo* en la dehesa arbolada extremeña**. Congreso Forestal Español, Lourinzán. T. III, 293-295.
80. DEL MORAL, J.; CASADO, D.; GALLEGU, M.; REY, J.M. (1994). **"Presencia de insectos parásitos del grupo *Cerambyx cerdo* en la dehesa extremeña"**. Phytoma, 59: 44-52.
81. DEL MORAL, J. (1994). **"*Cerambyx* spp., historia de una plaga de las dehesas extremeñas"**. Phytoma, 60: 18-24.
82. DEL MORAL, J.; CASADO, D.; PÉREZ ROJAS, F. (2002). **"La plaga de *Cerambyx* spp en la dehesa arbolada del sur de España"**. Ciencia y Medio Ambiente. CCMA, CSIC. Madrid. 216-220.
83. DEL POZO, J.L. (2006). **Prospección de la seca en Extremadura. Análisis de los resultados** Jornadas Técnicas sobre la gestión ambiental y económica del ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica. Finca La Orden, Guadajira (Badajoz).

*En la web: (<http://dehesa.juntaextremadura.net/Jornadas/>).*

84. DELLA BEFFA, G. (1961). **Gli insetti dannosi all'agricoltura ed i moderni metodi e mezzi di lotta**. 3ª Ed. Ulrico Hoepli Editore, Milano.
85. DELVARE, G.; BON, M.C.; HÉRARD, F.; COCQUEMPOT, C.; MASPERO, M.; COLOMBO, M. (2004). **Description of *Aprostocetus anoplophorae* n. sp. (Hymenoptera: Eulophidae), a new egg parasitoid of the invasive pest *Anoplophora chinensis* (Förster) (Coleoptera : Cerambycidae)**. Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.), 40 (3-4) : 227-233.
86. DÍAZ, M.; PULIDO, F.J. y MARAÑÓN, T. (2003). **Diversidad biológica y sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas adehesados**. Ecosistemas, año XV, nº 3. p. 57-79. Madrid.
87. DIRECCIÓN GENERAL PARA LA BIODIVERSIDAD (DGB) (2005). **Medio Ambiente en España 2004**, Cap. III.4. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
88. D'ORBIGNY, C.D. (1845) (dir.). **Dictionnaire universel d'Histoire Naturelle**. T. troisième. Bureau Principal des Editeurs, Paris.
89. DUFFI, E.A.J. (1953). **A monograph of the immature stages of british and imported timberbeetles (Cerambycidae)**. London British Museum (Natural History), p. 190-200 y 163-166.
90. DUPONT, P.; ZAGATTI, P. (2002). ***Cerambyx cerdo* Linné 1758**. OPIE, Observatoire National des Invertébrées, France.  
*En la web: ([http://www.inra.fr/internet/Hebergement/OPIE-Insectes/observatoire/coleos/cerambyx/c\\_cerdo.htm](http://www.inra.fr/internet/Hebergement/OPIE-Insectes/observatoire/coleos/cerambyx/c_cerdo.htm)).*
91. EDWARDS, J.S. (1961). **On the Reproduction of *Prionoplus reticularis* (Coleoptera, Cerambycidae), with General Remarks on Reproduction in the Cerambycidae**. Quarterly Journal of Microscopical Science, s3-102: 519-529.
92. EL ANTRY, S. (1999). **Biologie et dégâts de *Cerambyx cerdo mirbeckii* Lucas (Coléoptère, Cerambycidae) en subéraie de la Mamora (Maroc)**. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 22 (3), pp. 59-64.
93. ESCRIBANO, M.; PULIDO, F.; RODRÍGUEZ DE LEDESMA, A. (1997). **La ganadería extensiva en la dehesa extremeña**. Agricultura, Revista Agropecuaria, nº 774: 40-48. Madrid.

94. ESPÁRRAGO, F.; VÁZQUEZ, F.M.; LÓPEZ MÁRQUEZ, J.A y JARAQUEMADA, F. (1992). **Descripción de la especie *Quercus rotundifolia* Lam. y sus formas en los encinares extremeños.** Col. Información Técnica Agraria de la Junta de Extremadura, Serie Agricultura, 17: 3-23.
95. EVANS, H.F.; MORAAL, L.G.; PAJARES, J.A. (2004). **Biology, ecology and economic importance of Buprestidae and Cerambycidae.** En "*Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a síntesis*", cap. 20. Kluwer Academic Publishers, London.
96. EXTREMERA, F.M.; COBO, A.; PÉREZ RODRÍGUEZ, M.C.; PÉREZ GUERRERO, S.Y.; VARGAS OSUNA, E. (2004). **El complejo de lepidópteros defoliadores de *Quercus* en la provincia de Córdoba.** Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 30: 203-209.
97. FABRE, J.H. (1891). **Souvenirs entomologiques. Cap. XVII, Le Capricorne.** 4° ser., Delagrave, Paris. 359 pp.
98. FABRE, J.H. (1922). **More beetles.** Kessinger Publishing, 2004. 359 pp.
99. FATTORINI, S.; MANGANARO, A.; PIATTELLA, E.; SALVATI, L. (1999). **Role of the beetles in raptor diets from a mediterranean urban area.** Fragmenta entomologica, Roma, 31 (1): 57-69.
100. FELICÍSIMO, A. M.; MORÁN, R.; SÁNCHEZ GUZMÁN, J.M. Y PÉREZ MAYO, D. (2001): **Elaboración del Atlas climático de Extremadura mediante un sistema de información geográfica.** GeoFocus (Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica), nº 1, p. 17-23.  
*En la web:* (<http://geofocus.rediris.es/principal.html>).
101. FERNÁNDEZ, F. (1986). **Los bosques mediterráneos españoles.** Min. De Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.
102. FERNÁNDEZ REBOLLO, P. (2004). **La dehesa. Algunos aspectos para la regeneración de arbolado.** Jornadas sobre manejo integral de la dehesa "Valle de los Pedroches". Diputación de Córdoba, Deleg. de Turismo y Des. Rural. Córdoba.
103. FERREIRA, M.C. y FERREIRA, G.W.S. (1989). ***Platypus cylindrus* F. (Coleoptera, Platypodidae), plaga de *Quercus suber* L.** Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 15: 301-306.
104. FIGUEIREDO, D.; SARDINHA, O.; ESPIRIDIAO, A.; RAIMUNDO, R.; CANDIDO, M. (2004). **Macroinvertebrados terrestres.** Trabalhos em Biologia do Alqueva, Programa de Monitorização do Património Natural. Univ. de Évora.

105. FOWLER, W.W. (1891). **The Coleoptera of the British Islands**. pp. Reeve & Co., London.
106. FRAGOSO, S.A. (1985). **The terminalia as basis for the classification of Cerambycidae (Coleoptera) subfamilies. Parrrt. 1: Terminology and genital morphology of Cerambyx cerdo L.** Revta Bras. Ent., 29 (1): 125-134.
107. FRAVAL, A. (2004). **In memoriam: Le grand capricorne. Cerambyx cerdo (Coléoptère, Cérambycidé)**. Le courrier de l'environnement, 52. Paris.  
*En la web:* (<http://www.inra.fr/dpenv/sommrc52.htm>).
108. FRAVAL, A.; VILLEMANT, C. (1997). **La Mamora et ses enemis**. Les Dossier de l'environnement, n° 15: 133-146. INRA, Paris.  
*En la web:* (<http://www.inra.fr/dpenv/d15mamor.htm>).
109. FUENTES, C. (1991). **La encina**. Agricultura, Revista Agropecuaria, n° 706: 434-437. Madrid.
110. FUENTES, C. (1993). **Plagas endémicas de la encina**. Agricultura, Revista Agropecuaria, n° 729: 336-339. Madrid.
111. FUENTES, C. (1994). **La encina en el centro y suroeste de España (su aprovechamiento y el de su entorno)**. Junta de Castilla y León, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Salamanca.
112. GARCÍA, A. (1995). **Los Suelos. Vegetación y Flora de Extremadura**. 49-78. Universitas Editorial. Badajoz.
113. GARCÍA CASAS, J. (2004). **Nuevos registros de cerambícidos (Coleoptera: Cerambycidae) para la provincia de Huelva (Andalucía, España)**. Boletín SAE, n° 10: 9-20.
114. GARCÍA CONCELLÓN, F.; ÁLVEZ GÓMEZ, C; POZO QUINTANILLA, J.; MATAMOROS PORTILLO, J. (1990). **Determinación de los niveles de infestación de Cerambyx cerdo L. en los encinares de la provincia de Badajoz**. Memoria del Servicio de Protección de los Vegetales de la Junta de Extremadura, pp. 54-63.
115. GARCÍA CONCELLÓN, F.; ÁLVEZ GÓMEZ, C; POZO QUINTANILLA, J.; MATAMOROS PORTILLO, J. (1991). **Valoración de la incidencia de Cerambyx cerdo L. en el alcornocal de la provincia de Badajoz**. Memoria del Servicio de Protección de los Vegetales de la Junta de Extremadura, pp. 88-100.
116. GARCÍA GONZÁLEZ, L. (1994). **Los ríos extremeños. Introducción a su régimen**. Servicio de Publicaciones, Universidad de Extremadura, Cáceres.

117. GARCÍA, A.; YOLDI, L. (1987). **Aspectos silvopascícolas de las quercíneas mediterráneas**. Seminario sobre Dehesas y Sistemas agrosilvopastoriles similares. Unesco. M.A.B.
118. GARZÓN HEYDT, G. (2005). **Geomorfología y paisaje extremeño**. En: “Patrimonio geológico de Extremadura: geodiversidad y lugares de interés geológico”. Portal Agrario y Medio Ambiental. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Junta de Extremadura.
119. GAYON, J. (2000). **History of the concept of Allometry**. Amer. Zool., 40: 748-758.
120. GOLDSMITH, S.K. (1987). **The maitng system and alternative reproductive behaviors of *Dendrobias mandibularis* (Coleoptera: Cerambycidae)**. Behav Ecol Sociobiol, 20: 111-115.
121. GÓMEZ AMELIA, D. (1985). **La penillanura extremeña. Estudio geomorfológico**. Servicio de Publicaciones, Universidad de Extremadura, Cáceres.
122. GÓMEZ DE AIZPURÚA, C. (1993). ***Cydia fagiglandana* (Zeller, 1841). Lep., Tortricidae, en España**. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 19: 389-400.
123. GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M. (1987). **El monte adhesado: significación económica y ecológica actual**. Revista de Estudios Agrosociales, nº 142 : 171-193.
124. GÓMEZ GUTIÉRREZ (coord.) (1992). **El libro de las dehesas salmantinas**. Junta de Castilla y León, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Servicio de Educación Ambiental. Salamanca.
125. GOULD, S.J. (1971). **Geometric similarity in allometric growth: a contribution to the problem of scaling in the evolution of size**. American Naturalist, vol. 1005, issue 942. 113-136.
126. GOULD, S.J. (1966). **Allometry and size in ontogeny and filogeny**. Biol. Rev., 41: 587-640.
127. GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN CONSERVACIÓN (GIC) (2000). **Atlas climático de Extremadura**. Universidad de Extremadura.  
*En la web. ([http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/Atlas\\_Climatico.pdf](http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/Atlas_Climatico.pdf)).*
128. GUÉNAUX, J. (1919). **Entomología y Parasitología Agrícolas**. Enciclopedia Agrícola. Ed. P. Salvat, Barcelona.
129. GURRÍA, J.C. (1985). **El paisaje de montaña en Extremadura**. Servicio de Publicaciones, Universidad de Extremadura, Cáceres.
130. HARDE. K.W.; SEVERA, F. (1984): **Guía de campo de los coleópteros de Europa**. Ed. Omega, S.A. Barcelona.



131. HASNAOUI, F.; RJÉIBIA, N.; ABBÈS, C.; YACOUBI, W.; HASNAOUI, B. (2005). **Contribution à l'étude du dépérissement du chêne-liège dans la forêt de Tabarjka (Tunisie): relations entre nutriments et état sanitaire des arbres.** IOBC/WPRS Bulletin, vol. 28 (8), pp. 25-31.
132. HÉRARD, F., CIAMPITTI, M., MASPERO, M., KREHAN, H., BENKER, U., BOEGEL, C., SCHRAGE, R., BOUHOT-DELDUC, L. AND BIALOOKI, P. (2006). **Anoplophora species in Europe: infestations and management processes.** EPPO Bulletin, 36: 470–474.
133. HERNÁNDEZ, C.G. (1995). **La dehesa extremeña: En un entorno claramente hostil.** Agricultura, Revista Agropecuaria, nº 750: 37-41. Madrid.
134. HERNÁNDEZ, C.G. (1996). **Problemas en la dehesa: la falta de regeneración del arbolado.** Agricultura, Revista Agropecuaria, nº 762: 52-57. Madrid.
135. HERNÁNDEZ, C.G. (1998). **Ecología y Fisiología de la Dehesa.** En: La Dehesa. Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, pp. 53-94. Edit. Agrícola Española, S.A. Madrid.
136. HERNÁNDEZ, C.G. (2003). **Ecología productiva de la dehesa.** Agricultura, Revista Agropecuaria, nº 847: 38-43. Madrid.
137. HERNÁNDEZ, F. (2004). **El medio físico en Extremadura.** Foresta, nº 27 (3er trimestre 2004): 10-15. *En la web:* ([http://www.forestales.net/archivos/forestal/especial/%20extremadura/medio\\_fisico\\_extremadura.html](http://www.forestales.net/archivos/forestal/especial/%20extremadura/medio_fisico_extremadura.html)).
138. HERNÁNDEZ, J.M. (1991). **Estudio de los caracteres del huevo en diversos *Cerambycidae* ibéricos y su interés taxonómico (*Coleoptera*).** Graellsia, 47: 49-59.
139. HERNÁNDEZ, J.M. (1996). **Variabilidad y biología de los "*Iberodorcadion*" Breuning, 1943 de la Sierra de Guadarrama (*Coleoptera*, *Cerambycidae*, *Lamiinae*).** Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
140. HOSKOVEC, M.; REJZEK, M. (2007). **Lonhorn beetles (*Cerambycidae*) of the West Palearctic Region.**  
*En la web:* (<http://www.uochb.cas.cz/~natur/cerambyx/index.htm>).
141. HOSKOVEC, M. (2003). **A check-list of Longhorn Beetles (*Coleoptera*, *Cerambycidae*) of the Czech Republic and the Slovak Republic.**  
*En la web:* ([http://www.cerambyx.uochb.cz/list\\_czsk.htm](http://www.cerambyx.uochb.cz/list_czsk.htm)).

142. HUGHES, A.L.; HUGHES, M.K. (1982). **Male size, mating success, and breeding habitat partition in the whitespotted sawyer *Monochamus scutellatus* (Say) (Coleoptera: Cerambycidae)**. *Oecologia* (Berl), 55: 258-263.
143. HUXLEY, J.S. (1931). **Relative growth of Mandibles in Stag-Beetles (Lucanidae)**. *Journal of the Linnean Society of London, Zoology*, Volume 37, Issue 255, November 1931, Pages: 675–703.
144. HUXLEY, J.S. (1932). **Problems of relative growth**. Methuen & Co, London. 276 p.
145. HUXLEY, J.S. (1950). **Relative growth and form transformation**. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Vol. 137, No. 889 (Nov. 28, 1950), pp. 465-469.
146. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN) (1994). **Mapa provincial 1:20000 de Badajoz**. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.
147. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN) (1994). **Mapa provincial 1:20000 de Cáceres**. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.
148. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2007). **Anuario Estadístico de España**. I.N.E., Madrid. 772 p.
149. IPROCOR (2008a). **El alcornoque**. Folletos divulgativos del Instituto CMC-Iprocor. Consejería de Infraestructuras y Desarrollo Tecnológico, Junta de Extremadura, Mérida.  
*En la web: (<http://www.iprocor.org/Publicaciones/trabapostinfo/selvicultura/Alcorno-2008.pdf>).*
150. IPROCOR (2008b). **El matorral y los desbroces**. Folletos divulgativos del Instituto CMC-Iprocor. Consejería de Infraestructuras y Desarrollo Tecnológico, Junta de Extremadura, Mérida.  
*En la web: (<http://www.iprocor.org/Publicaciones/trabapostinfo/selvicultura/Desbroces-2008.pdf>).*
151. IPROCOR (2008c). **La poda en el alcornoque**. Folletos divulgativos del Instituto CMC-Iprocor. Consejería de Infraestructuras y Desarrollo Tecnológico, Junta de Extremadura, Mérida.  
*En la web: (<http://www.iprocor.org/Publicaciones/trabapostinfo/selvicultura/PODAS-2008.pdf>).*

152. IPROCOR (2008d). **La regeneración del alcornocal**. Folletos divulgativos del Instituto CMC-Iprocor. Consejería de Infraestructuras y Desarrollo Tecnológico, Junta de Extremadura, Mérida.  
*En la web:* (<http://www.iprocor.org/Publicaciones/trabapostinfo/selvicultura/Regenera-2008.pdf>).
153. JAMBRINA, J.L.; LADERO, M. (1993). **La dehesa española y el medio ambiente**. Agricultura, Revista Agropecuaria, nº 731: 470-473.
154. JIMÉNEZ, A.; SORIA, F.J.; VILLAGRÁN, M.; OCETE, M.E. (2003). **Distribución espacio-temporal de las poblaciones de los carpófagos *Cydia fagiglandana* (Séller) (Lepidoptera: Tortricidae) y *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae) en encina**. III Congreso Nac. de Entomología Aplicada. IX Jornadas Cient. de la Soc. Esp. de Ent. Aplic. Ávila.
155. JIMÉNEZ, J.J.; SÁNCHEZ, M. E.; TRAPERO CASAS, A. (2005). **El Chancro Carbonoso de "*Quercus*" I: distribución y caracterización del agente causal**. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 31 (4) : 549-562.
156. JOFFRE, R.; RAMBAL, S.; RATTE, J.P. (1999). **The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic**. Agroforestry Systems, 45. p. 57-79. Kluwer Academic Publishers.
157. JUNTA DE ANDALUCÍA (2009). **Mantenimiento en laboratorio de progenies de coleópteros del género *Cerambyx* (Coleoptera: Cerambycidae)**. Dpto. de Ciencias Agroforestales, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Huelva. Ed. Consejería de Medio Ambiente.
158. JUNTA DE EXTREMADURA (2003). **Plan forestal de Extremadura**. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente. Mérida.  
*En la web:* ([http://aym.juntaex.es/medioambiente/forestal\\_Caza\\_pesca/forestal/Plan+Forestal.htm](http://aym.juntaex.es/medioambiente/forestal_Caza_pesca/forestal/Plan+Forestal.htm)).
159. JUNTA DE EXTREMADURA (2006). **Red Temática de la Dehesa, INIA**. Consejería de Agricultura. Mérida.  
*En la web:* ([http://aym.juntaex.es/organizacion\\_explotaciones/dehesa/](http://aym.juntaex.es/organizacion_explotaciones/dehesa/)).
160. JUNTA DE EXTREMADURA (2006). **Anuario estadístico de Extremadura, 2005**. Servicio de Planificación, Estadística y Análisis Económico, Consejería de Economía y Trabajo. Mérida.

161. JUNTA DE EXTREMADURA (2007). **Extremadura en cifras, 2006**. Servicio de Planificación, Estadística y Análisis Económico, Consejería de Economía y Trabajo. Mérida.
162. KENIS, M. y HILSCZANSKI, J. (2004). **Natural enemies of Cerambycidae and Buprestidae infesting living trees**. En "*Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a síntesis*", cap. 20. Kluwer Academic Publishers, London.
163. KIMOTO, T.; DUTHIE-HOLT, M. (2006). **Exotic Forest Insect Guidebook**. Canadian Food Inspection Agency. 120 pp.
164. KLINGENBERG, C.P. (1996). **Multivariate allometry, en: Advances in Morphometrics** (ed. L.F. MARCUS et al). Plenum Press, New York.
165. KLOWDEN, M.J. (2007). **Physiological systems in insects**. 2ª ed., Academic Press, Elsevier Science. New York. 699 pp.
166. KNELL, R.J.; POMFRET, J.C.; TOMKINS, J.L. (2004). **The limits of elaboration: curved allometries reveal the constraints on mandibule size in stag beetles**. Proc. R. Soc. London, 271: 523-528.
167. KOOTSTRA, G.J. (2004). **Exploratory factor analysis**. Seminar in Methodology and Statistics (Course materials, PhD). University of Groningen.
168. KUHR, B.; MARCUS, L.F. (1977). **Bivariate linear models in Biometry**. Systematic Zoology, 26: 201-209.
169. LARRIEU, L. (2005). **Inventaire de Coléoptères saproxyliques. Forêt de Hèches, Vallée d'Aure, Hautes-Pyrénées, France**. CRPF Midi-Pyrénées: 40/42.
170. LAUTENSACH, H. (1967). **Geografía de España y Portugal**. Ed. Vicens Vives, Barcelona.
171. LAVADO, J.F.; SCHNABEL, S. y TRENADO, R. (2000). **La dehesa. Estado actual de la cuestión**. Revista Electrónica "Clío" (RedIris), nº 17.  
*En la web: (<http://clio.rediris.es/geografia/dehesa.htm>)*.
172. LAVADO, J.F.; SCHNABEL, S.; CERRILLO, A.; MATEOS, A.B. y TRENADO, R. (2006). **Estudio integral de los factores físicos en las dehesas en Extremadura**. Jornadas Técnicas sobre la gestión ambiental y económica del ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica. Finca La Orden, Guadajira (Badajoz).  
*En la web: (<http://dehesa.juntaextremadura.net/Jornadas/>)*.

173. LAWRENCE, J. F. (1987). **Dispersal: an alternative mating tactic conditional on sex ratio and body size.** Behav Ecol Sociobiol, 21: 367-373.
174. LAWRENCE, J. F. (1991). *Cerambycidae (Chrysomeloidea)*. pp. 556-561. En: **Inmature Insects**. Vol. 2. Ed. F.W. STEHR. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa. 975 p.
175. LAWRENCE, J. F.; MILLAR, J.G.; PAINE, T.D. (1998). **Dispersal of the Eucalyptus longhorned borer (Coleoptera: Cerambycidae) in urban landscapes.** Environmental Entomology, vol 27 (6): 1418-1424.
176. LECO BERROCAL, F. (1996). **Delimitación y modelización de los espacios adhesionados extremeños.** FUNDICOT Extremadura y Consejería de Cultura y Patrimonio, Junta de Extremadura, Cáceres. 268 pp.
177. LENCINA, J.L.; MUÑOZ, J.; GONZÁLEZ PEÑA, J.F.; SOLER, J. (2004). **Leioderes kollari Redtenbacher, 1849, nuevo cerambícido para la Fauna Ibérica y otras citas interesantes de Cerambycidae ibéricos (Coleoptera).** Boletín S.E.A., nº 35 (2004) : 181-185.
178. LIEUTIER, F. (coord.) (2004). **Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a síntesis.** Kluwer Academic Publishers, London. 569 pp.
179. LINARES, A.M.; ZAPATA, S. (2003). **Una visión panorámica de ocho siglos.** En “*La gestión forestal de las dehesas*”, Cap. 1. Instituto del corcho, la madera y el carbón. Junta de Extremadura, Mérida.
180. LINNAEI, C. (1758). **Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis.** Tomus I. Editio decima, reformata. - pp. [1-4], 1-824. Holmiæ. (Laurentii Salvii).
181. LONG, G. (1987). **État des connaissances sur les systèmes dehesas ou aparentes de l'aire isoclimatique mediterranne sub-humide et humide.** Seminario sobre dehesas y sistemas agrosilvopastorales similares. Programa MAB, UNESCO. Madrid-Extremadura-Andalucía.
182. LONG, G. (1988). **Réflexions à propos du modèle “dehesa”.** Homenaje a Pedro Monserrat: 831 a 835. Jaca y Huesca.
183. LÓPEZ PANTOJA, G; SÁNCHEZ-OSORIO, I.; DOMÍNGUEZ, L. (2006). **Cerambícidos xilófagos de encinas y alcornoques: estudio bioecológico y control de poblaciones.** Boletín Inf. CIDEU, 1: 39-44.
184. LÓPEZ PANTOJA, G; DOMÍNGUEZ, L. SÁNCHEZ-OSORIO, I.; (2008). **Mark-recapture estimates of the survival and recapture rates of *Cerambyx welensii* Küster (Coleoptera**

- cerambycidae) in a cork oak dehesa in Huelva (Spain).** Centr. Eur. Journal of Biology, Vol. 3, N° 4. 431-441.
185. LÓPEZ PÉREZ, J.J. (2005). **Encontrar rápidamente la clasificación de los Cerambycidae del mundo (Coleoptera: Chrysomeloidea).** Boletín de la S.A.E., 13: 44-66.
186. LOREA, L. (2004). **Guía para la Captura y Conservación de Insectos.** Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Control Biológico.  
En la web: (<http://fcf.unse.edu.ar/anterior/pdf/Guia-captura-y-conserv-insectos.pdf>).
187. LUQUE, D.F.; HUMADA, B.; LÓPEZ FRAGUEIRO, M.; ALDEBIS, H.K.; VARGAS OSUNA, E. (2003). **Incidencia de especies fitófagas en encinares afectados de “Seca”.** III Congreso Nac. de Entomología Aplicada. IX Jornadas Cient. de la Soc. Esp. de Ent. Aplic. Ávila.
188. LUQUE, J.; PARLADÉ, J.; PERA, J. (2001). **El decaimiento del alcornoque en Cataluña: síntomas y hongos asociados.** Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 10 (2).
189. MARTÍN, J.; CABEZAS, J.; BUYOLO, T.; PATÓN, D. (2005): **The relationship between *Cerambyx spp* damage and subsequent *Biscogniauxia mediterraneum* infection on *Quercus suber* forests.** Forest Ecology and Management, 216: 166-174.
190. MARTÍN BELLIDO, M. (1996). **La dehesa.** Agricultura, Revista Agropecuaria, nº 762: 46-51. Madrid.
191. MARTÍN BELLIDO, M.; ESCRIBANO, M.; MESÍAS, F.J.; RODRÍGUEZ de LEDESMA, A.; PULIDO, F. (2001). **Sistemas extensivos de producción animal.** Arch. Zootec., 50: 465-489.
192. MARTINEZ, C. (2000). **Escarabajos longicornios (Coleoptera: Cerambycidae) de Colombia.** Biota Colombiana, 1 (1), 76-105. Santa Fé de Bogotá.
193. MATEOS RODRÍGUEZ, B. (2005). **El papel del arbolado en la dehesa.** Com. I Congreso Internacional del Medio Ambiente en Extremadura. Valencia de Alcántara.
194. MELÉNDEZ, B. y FUSTER, J.M. (1984). **Geología.** 4ª Ed. (3ª tirada). Editorial Paraninfo, Madrid.
195. MENDIZABAL, M. (1943). **Cerambícidos de interés agrícola.** Bol. de Pat. Veg. y Entomol. Agric., Vol XII – 436-476. Madrid.

196. MENES, M. (2004). **Diferencias métricas entre poblaciones de *Triatoma dimidiata* Latreille (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) de México, Centroamérica y Colombia. Efecto de la procedencia geográfica y el ecotopo.** Tesis doctoral, Univ. San Carlos, Guatemala.
197. MICROLEIS (grupo) (2001). **SEIS.net: Sistema Español de Información de Suelos sobre Internet.** Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. *En la web:* (<http://www.microleis.com/>).
198. MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE (MED) (2004). ***Cerambyx cerdo* (L., 1758).** Natura 2000: Cahiers d'Habitats, T. 7 (Espèces animales), 1088. *En la web:* ([http://www.cth.gva.es/areas/estado/biodiversidad/bancomedatos\\_ficha.asp?id=7066](http://www.cth.gva.es/areas/estado/biodiversidad/bancomedatos_ficha.asp?id=7066)).
199. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (MMA) (2002). ***Cerambyx cerdo* (L., 1758).** Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, Invertebrados. *En la web:* ([http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/especies\\_amenazadas/invertebrados/artropodos\\_habitat/pdf/CERAMBYXCERDO.pdf](http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/especies_amenazadas/invertebrados/artropodos_habitat/pdf/CERAMBYXCERDO.pdf)).
200. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (MMA) (2006). **Mapa de riesgo de desertificación en España.** La desertificación en España. *En la web:* ([http://www.mma.es/images/general/biodiversidad/desertificacion/mapariesgo\\_desertificacion.jpg](http://www.mma.es/images/general/biodiversidad/desertificacion/mapariesgo_desertificacion.jpg)).
201. MNCN (1997). **Proyecto Fauna Ibérica (servidor web).** Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Ministerio de Ciencia y Tecnología. *En la web:* (<http://www.fauna-iberica.mncn.csic.es/faunaib/index.php>).
202. MOCZEK, A.P. (2002). **Allometric plasticity in a polyphenic beetle.** *Ecological Entomology*, 27, 58-67.
203. MONTAGUD, S. (2005). **Banco de datos de Biodiversidad. Ficha de *Cerambyx cerdo* L.** Conselleria de Territori i Habitatge, Generalitat Valenciana. *En la web:* ([http://www.cth.gva.es/areas/estado/biodiversidad/bancomedatos\\_ficha.asp?id=7066](http://www.cth.gva.es/areas/estado/biodiversidad/bancomedatos_ficha.asp?id=7066)).
204. MONTOYA OLIVER, J.M. (1980). **Los alcornoques (*Quercus suber* L.).** Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid.
205. MONTOYA OLIVER, J.M. (1989). **Encinas y encinares.** Ed. Mundiprensa, Madrid.

206. MONTOYA OLIVER, J.M. (1992). **Mortandad de quercíneas: la perspectiva selvícola y los antecedentes climáticos. La cuestión de *Hypoxylon mediterraneum* en el alcornocal de Mamora (Marruecos).** *Ecología* 6: 123-130.
207. MORENO, G.; PULIDO, F.J. (2006). **La matorralización de la dehesa: implicaciones en el funcionamiento y productividad del arbolado y sostenibilidad del sistema.** Jornadas Técnicas sobre la gestión ambiental y económica del ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica. Finca La Orden, Guadajira (Badajoz).  
*En la web: (<http://dehesa.juntaextremadura.net/Jornadas/>)*.
208. MORCUENDE, A. y NAVEIRO, F. (1993). **Capturas de cerambícidos con trampa luminosa en una dehesa extremeña durante 1990,1991 y 1992.** *Phythoma*, 48:53.
209. MOTTE-FLORAC, E.; THOMAS, J.M.C. (2003). **Les insectes dans la tradition orale.** Peeters Publishers.
210. MUÑOZ BARCO, P. (1996). **Geología Ambiental de Extremadura.** Publicaciones del Museo de Geología de Extremadura, nº 4: 103-114. Mérida
211. MUÑOZ IGUALADA, J.; GUIL, F y SAN MIGUEL, A. (2005). **La dehesa y la sostenibilidad de un ecosistema frágil.** Jornadas Técnicas sobre la gestión ambiental y económica del ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica. Finca La Orden, Guadajira (Badajoz).
212. MUÑOZ LÓPEZ, C. (2007). **Sanidad Forestal: Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los Montes.** Ed. Mundi-Prensa Libros, Madrid. 575 p.
213. MURRIA, F.; MURRIA, A. (2004). ***Cerambyx miles* Bonelli, 1823, nueva especie de Cerambícido para Aragón (España). (Coleoptera: Cerambycidae).** *Boletín S.E.A.*, nº 35 (2004) : 298.
214. NAVARRO, R.M.; FERNÁNDEZ, P.; TRAPERO, A.; CAETANO, P.; ROMERO, M.A.; SÁNCHEZ, M.E.; FERNÁNDEZ, A.; SÁNCHEZ, I.; LÓPEZ PANTOJA, G. (2004). **Los procesos de decaimiento de encinas y alcornoques.** *Monografía.* Dirección General de Gestión del Medio Natural. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 32 pp.
215. NAVEIRO, F.; MORCUENDE, A. (1994). **Observaciones sobre los Cerambícidos de las Quercíneas en la provincia de Cáceres.** *Phytoma*, 60:49.
216. NAVEIRO, F.; MORCUENDE, A. ; PULIDO, F.J.; DEL POZO, J.D.; GONZÁLEZ, M.A.; MUÑOZ, J (1999). **Situación fitosanitaria del arbolado de las dehesas en Extremadura: influencia de las labores selvícolas.** *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, Vol. 25 (4) : 425-433.



217. NEUMANN, V.; KUEHNEL, H. (1980). **On the Present Occurrence of the Beetle *Cerambyx cerdo* L. in the GDR.** Archiv fuer Naturschutz und Landschaftforschung, Vol. 20, nº 4, pp. 235-241.
218. NÚÑEZ, M.; SOSA CARDO, J.A. (1999). **Climatología de Extremadura (1961-1990).** Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
219. OLEA L.; VIGUERA F.J. (1999). **Dehesa ecosystem: Production and preservation.** In Etienne M. (ed.). *Dynamics and sustainability of Mediterranean pastoral systems.* p. 239-246 (Cahiers Options Méditerranéennes; v. 39). CIHEAM-IAMZ, Zaragoza.
220. OLEA, L. y SAN MIGUEL, A. (2006). **The spanish dehesa. A traditional silvopastoral system linking production and nature conservation.** 21st General Meeting of the European Grassland Federation. Abril 2006, Badajoz.
221. ÖZDIKMEN, H.; TURGUT, S. (2009). **Turkish *Cerambyx* Linnaeus, 1758 with zoogeographical remarks (Coleoptera: Cerambycidae: Cerambycinae).** Mun. Ent. Zool., Vol. 4, nº 2, Jun 2009. Ankara.
222. PADILLA, F.; HERNÁNDEZ, R. (2004). **Estudio morfométrico de las abejas domésticas (*Apis mellifera*, L.) de las Islas Canarias.** Univ. de Córdoba, España, dpto de Biología Animal. En la web: ([http://www.uco.es/organiza/departamentos/bio-animal/Apicultura/trabajos\\_libros/2004\\_Arch\\_Latinoam\\_Prod\\_Anim.pdf](http://www.uco.es/organiza/departamentos/bio-animal/Apicultura/trabajos_libros/2004_Arch_Latinoam_Prod_Anim.pdf)).
223. PAGOLA, S. (2007). **Detección de las especies de invertebrados de interés comunitario, determinación del estado de sus poblaciones y medidas para su conservación, en el L.I.C. Aiako Harria. Campaña 2006.** Informe técnico, Diputación Foral de Guipúzcoa, Bilbao.
224. PAULIAN, R.; VILLIERS, A. (1941). **Les larves des Cerambycidae français.** Rev. Fr. Entomol. 8: 202-217.
225. PÉREZ-BOTE, J.L.; TORREJÓN, J.M.; FERRI, F.; ROMERO, A.J.; GARCÍA, J.M. (2006). **El Género *Cerambyx* Linnaeus, 1758 en Extremadura (SO de la Península Ibérica) (Coleoptera, Cerambycidae).** Boletín de la Asociación Española de Entomología, Vol. 30, Nº. 3-4: 115-122.
226. PÉREZ DÍAZ, A. (1988). **Cambios y problemática en la dehesa (el suroeste de Badajoz).** Servicio de Publicaciones, Universidad de Extremadura, Cáceres.
227. PÉREZ FERNÁNDEZ, M.A.; GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M. (1995). **Evolution of the tree cover (*Quercus pyrenaica* Willd and *Quercus ilex* subspecies *ballota* (Desf. Samp)) in a**

- dehesa over the last 100 years.** Sylvopastoral systems. Environmental, agricultural and economic sustainability. CIHEAM-IAMZ. p. 259-262. Zaragoza.
228. PÉREZ ZABALLOS, J.; DÍAZ, J.A.; GARCÍA MORENO, A.(2009). Modelos adaptativos en Zoología (Manual de prácticas). 2. Tamaño, forma y alometría. Reduca (Biología). Serie Zoología. 2 (2): 20–30, 2009. En la web: (<http://darwin.bio.ucm.es/revistas/index.php/reduca-biologia/article/view/34/60>).
229. PETERSON A. (1960). **Larvae of insects: an introduction to nearctic species. Part II: Coleoptera, Diptera, Neuroptera, Siphonaptera,, Mecoptera, Trichoptera.** 4ª ed. Edwards Brothers, Inc. Columbus, Ohio. 416 p.
230. PICARD, F. (1949). **Faune de France: XX. Coleópteres, Cerambycidae.** Pp 108-112. Librairie de la Faculté des Sciences, Paris.
231. PIRES, M. (2006). **Os montados e a biodiversidade.** Jornadas Técnicas sobre la gestión ambiental y económica del ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica. Finca La Orden, Guadajira (Badajoz).  
*En la web: (<http://dehesa.juntaextremadura.net/Jornadas/>).*
232. PIUSSI, P.; FARRELL, E.P. (2000). **Interactions between society and forest ecosystems: challenges for the near future.** Forest Ecology and Management, 132, 21–28.
233. PLAZA, J. (1990). **Los Cerambycidae Latreille de Madrid (Col.) (3ª nota. Subfamilia: Cerambycinae Latreille).** Bol. Gr. Ent. Madrid, Vol. 5: 35-63.
234. PLIENINGER, T. (2006). **Las dehesas de la penillanura cacereña. Origen y evolución de un paisaje cultural.** Servicio de Publicaciones, Universidad de Extremadura, Cáceres.
235. PLIENINGER, T.; PULIDO, F.; KONOLD, W. (2003). **Effects of land-use history on size structure of holm oak stands in Spanish dehesas: implications for conservation and restoration.** Environmental Conservation, 30 (1): 61-70. Foundation for Environmental Conservation.
236. PLIENINGER, T.; SCHAICH, H. (2006). **Elementos estructurales del paisaje adeshado tradicional en Monroy y Torrejón el Rubio (Cáceres) y su importancia para la conservación de la naturaleza y el desarrollo rural.** Revista de Estudios Extremeños, vol. 62, nº 1: 441-484.
237. PUERTO, A. (1997). **La dehesa.** Investigación y Ciencia, nº 253, 56-63. Prensa Científica, Barcelona.

238. PULIDO, F.J. (2002). **La producción animal en la dehesa extremeña. Nuevas tendencias y estrategias de mejora.** En *“Libro blanco de la agricultura y el desarrollo rural, jornadas autonómicas”*.  
*En la web:* ([http://www.libroblancoagricultura.com/libroblanco/jautonomica/extremadura/ponencias/f\\_pulido/f\\_pulido.asp](http://www.libroblancoagricultura.com/libroblanco/jautonomica/extremadura/ponencias/f_pulido/f_pulido.asp)).
239. PULIDO, F.J.; DÍAZ, M. (2003). **Dinámica de la regeneración natural del arbolado de encina y alcornoque.** En *“La gestión forestal de las dehesas”*, Cap. 3. Instituto del corcho, la madera y el carbón. Junta de Extremadura, Mérida.
240. PULIDO, F.J.; DÍAZ, M.; HIDALGO DE TRUCIOS, S.J. (2001). **Size structure and regeneration of Spanish holm oak *Quercus ilex* forests and dehesas: effects of agroforestry use on their long-term sustainability.** *Forest Ecology and Management*, 146, 1–13.
241. PURCELL, A.H. (2003). **Plants diseases and insects.** En: RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. (eds). **Encyclopedia of insects.** Academic Press, Elsevier Science. New York. 1295 pp.
242. QUESADA, C. (2003). **Extremadura en la evolución tectónica global.** Ponencia en el IV Curso de Geología. CPR, Cáceres.  
*En la web:* (<http://www.agex.org/pdf/A%20F1o%202003/CecilioQuesada.pdf>).
243. RAGAZZI, A.; MORICCA, S.; DELLAVALLE, I. (2002). **Current situation of oak decline in Italy and in other European countries.** *IOBC/WPRS Bulletin*, vol. 25 (5), pp. 13-16.
244. RAIMUNDO R.; ALGARVIO R.; CASAS NOVAS P.; FIGUEREDO D. (2002). **Relations between some xilophagous and xilomicetophagous insects and *Quercus* spp.** *Acta Entomológica Ibérica e Macaronésica*, *in press*.
245. RAMPÓN, C. (1920). **Los enemigos de la Agricultura.** Ed. Bailly-Baillière, Madrid.
246. RICHARDS, O.W.; DAVIES, R.G. (1984). **Tratado de Entomología Imms.** Vol. 2. Ed. Omega, Barcelona.
247. RICHARDSON, B.A. (1993). **Wood preservation.** II edition Taylor & Francis, London.
248. RIUS, F.; PARRAS, L. (1997). **Bioestadística: métodos y aplicaciones.** Servicio de Publicaciones, Universidad de Málaga.
249. RIVAS MARTÍNEZ, S. (1987). **Mapa de series de vegetación de España y memoria.** ICONA, M.A.P.A. Madrid.

250. RIVAS MARTÍNEZ, S. (2004). **Global Bioclimatics (Clasificación bioclimática de la Tierra)**. Worldwide Bioclimatic Classification System, Phytosociological Research Center. *En la web: ([http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global\\_bioclimatics\\_1.htm](http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_1.htm))*.
251. RIZIERO, T.; RAGAZZI, A.; MARIANELLI, L.; SABBATINI, P.; ROVERSI, P.F. (2002). **Insects and fungi involved in oak decline in Italy**. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 25 (5), pp. 67-74.
252. RODRÍGUEZ MOLINA, M. C.; SANTIAGO MERINO, R.; BLANCO SANTOS, A.; POZO QUINTANILLA, J.D.; COLINO NEVADO, M.I.; PALO NÚÑEZ, E.J.; TORRES-VILA, L.M. (2003). **Detección de *Phytophthora cinnamomi* en dehesas de Extremadura afectadas por “seca” y su comportamiento *in vitro***. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 29: 627-640.
253. ROHLF, F.J. (1990). **Morphometrics**. Annual Review of Ecology and Systematics, vol. 21: 299-326.
254. ROMANYK, N.; CAHADIA, D. (2001). **“Plagas de insectos en las masas forestales”**. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
255. ROSAS, G.; RAMOS, M.A.; GARCÍA VALDECASAS, A (1992). **Invertebrados españoles protegidos por convenios internacionales**. ICONA-CSIC, Col. Técnica. MAPA, Madrid.
256. ROXO, M.J.; CORTESAO, P.; SOUSA, T. (2006). **As áreas de montado no Alentejo e as características físicas do território**. Jornadas Técnicas sobre la gestión ambiental y económica del ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica. Finca La Orden, Guadajira (Badajoz). *En la web: (<http://dehesa.juntaextremadura.net/Jornadas/>)*.
257. RUBIO, J.M. (2000). **Los paisajes de dehesa en función de su manejo y explotación**. Lurralde, investigación y espacio, nº 23, p. 147-169.
258. RUIU, P.A.; SECHI, C.; LINALDEDDU, B.T.; FRANCESCHINI, A. (2005). **Analyse de l’incidence du dépérissement sur les chênes-lièges non démasclés et de production**. IOBC/WPRS Bulletin, vol. 28 (8), pp. 59-63.
259. SALIBA, L.J. (1972). **Gallery orientation in the Cerambycid larvae**. The Entomologist, 1315 (Vol. 105): pp. 300-304.
260. SALIBA, L.J. (1974). **The taxonomic status of *Cerambyx dux* Faldermann and *C. miles* Bonelli (Coleoptera: Cerambycidae)**. J. Entomol. (B). Taxon. 42 (2). pp. 171-181.
261. SALVADOR FIGUERAS, M. (2000): **Introducción al Análisis Multivariante**. 5campus.com, Estadística. *En la web: (<http://www.5campus.com/leccion/anamul>)*

262. SAMA, G. (1991). **Note sulla nomenclatura dei Cerambycidae della regione Mediterranea. (Coleoptera)**. Bollettino della Società italiana di Entomologia, Genova, 123 (2): 121-128.
263. SAMA, G. (2002). **Atlas of the Cerambycidae of Europa and the Mediterranean area**. Kabourek Publ.. Zlin, Czech Rep. 173 pp.
264. SAMA, G. (2007). **Fauna Europaea: Familia Cerambycidae**. Latreille. Fauna Europaea version 1.3. *En la web: (<http://www.faunaeur.org>)*.
265. SAMA, G.; BUSE, J.; ORBACH, E.; FRIEDMAN, A.L.L.; RITTNER, O.; CHIKATUNOV, V. (2010). **A new catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of Israel and host plants**. Mun. Ent. Zool. Vol. 5, Nº 1, January 2010.
266. SAMPABLO, R. (dir.) (1990). **Gran Atlas Salvat de España**. Salvat Editores, Sant Boi, Barcelona.
267. SÁNCHEZ, M. E.; NAVARRO, R. M.; TRAPERO, A. FERNÁNDEZ, P. (2000). **"seca" de encinas y alcornoques: una visión histórica**. Montes, 62: 29-39.
268. SÁNCHEZ, M. E.; VENEGAS, J.; ROMERO, M.A.; PHILLIPS, A.J.L.; TRAPERO, A. (2003). **El chancro de encinas y alcornoques causado por *Botryosphaeria spp.* en Andalucía**. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 29 (4): 593-612.
269. SÁNCHEZ-OSORIO, I. (2005). **Orientación olfativa de "*Cerambyx welensii*" Küster y "*Prinobius germari*" Dejean, principales cerambícidos xilófagos de encina (*Quercus ilex L. subsp. ballota*) y alcornoque (*Quercus suber L.*) para la localización de hospedantes**. Tesis Doctoral, Dpto de Ciencias Agroforestales, Univ. de Huelva.
270. SÁNCHEZ-OSORIO, I.; TAPIAS, R.; LÓPEZ PANTOJA, R.; DOMÍNGUEZ, I.; ALESSO, S.P. (2004). **Aptitude for electroantennography (EAG) of olfactory stimuli of the holm oak (*Quercus ilex L. ssp. ballota*) and cork oak (*Quercus suber L.*) woodborer "*Cerambyx welensii*" Küster (Coleoptera, Cerambycidae)**. Proceedings 10th MEDECOS Conference. Rhodes, Greece. Arianoutsou & Papanastasis (eds). Millpress, Rotterdam.
271. SÁNCHEZ-OSORIO, I.; LÓPEZ PANTOJA, G.; TAPIAS, R.; DOMÍNGUEZ, I. (2006). **Estructura básica y principales parámetros de un dispositivo para el estudio electroantenográfico de estímulos olfativos en Cerambícidos**. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 32 (1) : 109-120
272. SÁNCHEZ-OSORIO, I.; TAPIAS, R.; DOMÍNGUEZ, I.; LÓPEZ PANTOJA, R. (2005). **Cerambícidos xilófagos de encina y alcornoque en Andalucía: algunas notas sobre**

- la identificación de especies del "Grupo *Cerambyx*" y sus daños al arbolado y las posibilidades de control de sus poblaciones.** IV Congreso forestal español, 2005, pág. 362 (pdf: 4CFE05-434).
273. SÁNCHEZ-OSORIO, I.; TAPIAS, R.; DOMÍNGUEZ, I.; LÓPEZ PANTOJA, R. (2007). **Caracterización de la respuesta electroantenográfica de "*Cerambyx welensii*" Küster y "*Prinobius germari*" Dejean (Coleoptera: Cerambycidae).** Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, Vol. 16, Nº 1: 95-106.
274. SÁNCHEZ-OSORIO, I.; TAPIAS, R.; DOMÍNGUEZ, I.; LÓPEZ PANTOJA, R. (2009). **Variabilidad intraespecífica de la respuesta electroantenográfica en "*Cerambyx welensii*" Küster (coleoptera, cerambycidae): influencia de factores anatómicos, fisiológicos y experimentales.** Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, Vol. 18, Nº 2: 140-151.
275. SANDA, M.; RODICA, S. (2009). **Data about Cerambycidae and Chrysomelidae (Coleoptera: Chrysomeloidea) collected from mediterranean expeditions.** Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa», Vol LII, pp. 415-428.
276. SANTIAGO BELTRÁN, R. (2006). **Producciones leñosas de la dehesa.** Jornadas Técnicas sobre la gestión ambiental y económica del ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica. Finca La Orden, Guadajira (Badajoz).  
*En la web: (<http://dehesa.juntaextremadura.net/Jornadas/>).*
277. SANTOS AMARO, F.(1988). **Azinheira: a fronteira que nos separa do deserto.** Boletín do Instituto dos Produtos Forestais, Cortiça, 594: 94-98.
278. SAN MIGUEL, A. (1994): **La dehesa española. Origen, tipología, características y gestión.** Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI Montes, Madrid. 96 pp.
279. SAN MIGUEL, A. (2006): **La dehesa española. Un antiguo sistema silvopastoral mediterráneo que combina producción y conservación.** DptoSilvopascicultura, E.T.S.I. de Montes, Madrid.  
*En la web: ([http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoSilvopascicultura/SanMiguel/pdfs/apuntes/La\\_Dehesa\\_Española\\_2006.pdf](http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoSilvopascicultura/SanMiguel/pdfs/apuntes/La_Dehesa_Española_2006.pdf)).*
280. SCARASCIA-MUGNOZZA, G.; OSWALD, H.; PIUSSI, P.; RADOGLU, K. (2000). **Forest on the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs.** Forest Ecology and Management, 132, 97–109.

281. SCHNABEL, S.; LAVADO, J.F.; GÓMEZ, A. y LAGAR, D. (2006). **La degradación del suelo en las dehesas en Extremadura**. Jornadas Técnicas sobre la gestión ambiental y económica del ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica. Finca La Orden, Guadajira (Badajoz).  
*En la web: (<http://dehesa.juntaextremadura.net/Jornadas/>)*.
282. SERRANO VILAR, J. (1978). **Estrategia en la lucha contra plagas de artrópodos**. Bol. Serv. Plagas, 4 : 7-13.
283. SERVICIO GEOGRÁFICO DEL EJÉRCITO (SGE) (varios años). **Cartografía militar de España**. Serie L, escala 1:50000 (hojas correspondientes al territorio ocupado por Extremadura).
284. SOLÉ SABARIS, L. (1952). **España, Geografía Física**. Geografía de España y Portugal. T.I. Montaner y Simón, Barcelona.
285. SOLÉ SABARIS, L.; TERÁN, M. de y VILA VALENTI, J. (1987). **Geografía general de España**. Ariel Geográfica, Barcelona.
286. SORIA CARRERAS, S. (1988). **Relación de lepidópteros paleárticos defoliadores del género *Quercus* L.** Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 14: 11-26.
287. SORIA, F.J.; CANO, E.; OCETE, M.E. (1999). **Valoración del ataque de *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Coleoptera, Curculionidae) y *Cydia* spp. (Lepidoptera, Tortricidae) en el fruto del alcornoque (*Quercus suber* Linné).** Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 25: 69-74.
288. SORIA, F.J.; OCETE, M.E. (1993). **Estudios poblacionales sobre *Coroebus florentinus* (Herbst) (Col., Buprestidae) en alcornoques andaluces.** Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 19: 27-35.
289. SORIA, F.J.; OCETE, M.E. (1996). **Principales tortricidos perforadores del fruto del alcornoque en la sierra norte de Sevilla.** Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 22: 63-69.
290. SORIA, F.J.; VILLAGRÁN, M.; DEL TÍO, R.; OCETE, M.E. (1994). **Estudios prospectivos de los principales perforadores del alcornoque en la sierra norte de Sevilla.** Bol. San. Veg. Plagas, 20 : 643-651.
291. SORIA, F.J.; VILLAGRÁN, P.; MARTÍN, P.; OCETE, M.E. (1999). ***Curculio elephas* (Gyllenhal) (Col.: Curculionidae) y *Cydia fagiglandana* (Zeller) (Lep.: Tortricidae) en encinas (*Quercus rotundifolia* Lam.): infestación y relaciones interespecíficas.** Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 25: 125-130.
292. SOSA CASTAÑO, R. (1979). **Geografía de Extremadura**. Ed. Santillana, Madrid.

293. SOTO, A.; RIVAS, J.; MIRAVET, A. (2003). **Distribución y abundancia del perforador *Coroebus undatus* (Fabricius) (Coleoptera: Buprestidae) en los alcornoques del Parque Natural de la Sierra de Espadan.** III Congreso Nac. de Entomología Aplicada. IX Jornadas Cient. de la Soc. Esp. de Ent. Aplic. Ávila.
294. SPECIES 2000 (2008). **Catalogue of life: 2008 annual checklist.** Centre for Plant Diversity & Systematics, Plant Science Laboratories. University of Reading. United Kingdom  
*En la web:* (<http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2008/search.php>).
295. STARZYK, J.R.; WITKOWSKI, Z. (2009). **Dependence of the sex ratio of cerambycid beetles (Col., Cerambycidae) on the size of their host trees.** Journal of Applied Entomology, vol 101 (1-5): 140-146.
296. STARZYK, J.R.; STROJNY, W. (1985). **Morphological variability of adults of the great capricorn beetle *Cerambyx cerdo* L.** Polskie Pismo Entomologiczne, 55 (3): 491-504.
297. STEPHENS, J.F. (1839). **Manual of British Coleoptera or beetles.** Ed. Longman, Paternoster-Row, London.
298. STROJNY, W. (1977). **Studies on the biology of the great capricorn beetle *Cerambyx cerdo* L. living on pedunculate oaks (*Quercus robur* L.) in Swojec and Wilczyce near Wroclaw, in 1973-1976.** Polskie Pismo Entomologiczne, 47: 727-746, Wroclaw.
299. TAVAKILIAN, G. (2006). **Cerambycidae database (TITAN).** Institut de recherche pour le développement (IRD), Bases de Données Cientifiques de l'IRD. Paris.  
*En la web:* (<https://www.oreans.ird.fr/titan/>).
300. TERÁN, M. y SOLÉ, L. (dir.) (1969). **Geografía regional de España.** Ediciones Ariel, S.A., Barcelona. 491 pp.
301. TERRA, W.R.; FERREIRA, C. (2003). **Digestive system.** En: RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. (eds). **Encyclopedia of insects.** 2ª ed., Academic Press, Elsevier Science. New York. 1295 pp.
302. THOMSON, M.J. (1860). **Essai d'une classification de la famille des Cérambycides et matériaux pour servir a une monographie de cette famille.** Société Entomologique de France, Paris. 396 pp.
303. TOMICZEK, C.; HOYER-TOMICZEK, U. (2007). **Asian Longhorned Beetle (*Anoplophora glabripennis*) and Citrus Longhorned Beetle (*Anoplophora chinensis*) in Europe – Actual Situation.** Forstschutz Aktuell, 38: 2-5. Institut für Waldschutz, Wien.



304. TORRALBA BURRIAL, A. (1997). “Artrópodos protegidos en Aragón (II): *Cerambyx cerdo* L. & *Rosalia alpina* (L.) (Coleoptera: Cerambycidae)”. *Bol. Onso*, 16: 12-14.
305. TRAPERO, A.; ROMERO, M.A.; SÁNCHEZ, J.E.; JIMÉNEZ, J.J.; SÁNCHEZ, M.E. (2006). **La seca de encinas y alcornoques en Andalucía: decaimiento y enfermedad**. Boletín Inf. CIDEU, 1: 7-14.
306. TRUFFAUT, G (1912). **Les ennemies des plantes cultivées. Traité complet de Patología et de Thérapeutique végétales**. Publications des Laboratoires G. Truffaut, Versailles.
307. TUSET, J.J.; SÁNCHEZ PEÑA, G. (2004). **La Seca: el decaimiento de encinas, alcornoques y otros Quercus en España**. Ministerio de Medio Ambiente Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid. 419 pp.
308. UHAGÓN, S. (1887). **Coleópteros de Badajoz**. Anuales de la Sociedad Española de Historia Natural, vol. 16: 395-396.
309. VAN HELSDINGEN, P.J.; WILLEMSE, L; SPEIGHT, M.C.D. (1996). **Background information on invertebrate of the Habitats Directive and the Bern Convention. Part I – Crustacea, Coleoptera and Lepidoptera**. Col. Nature and environment, nº 79. 217 págs. Council of Europe, Strasbourg.
310. VÁZQUEZ, F.M.; ESPÁRRAGO, F; LÓPEZ MÁRQUEZ, J.A; JARAQUEMADA, F. (1990). **Los ataques de *Curculio elephas* Gyll (*Balaninus elephas*) y *Carpocapsa* sp. L. sobre *Quercus rotundifolia* Lam. en Extremadura**. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 16: 755-759.
311. VELAZ DE MEDRANO, L. y UGARTE, J. (1922). **El alcornoque y el corcho. Cultivo, aprovechamiento e industrias derivadas**. Ed. Calpe, Madrid.
312. VERDUGO, A.; PÉREZ-LÓPEZ, F.J. (2004). **Contribución al conocimiento de los Cerambícidos de Andalucía (España). IV. (Coleoptera: Cerambycidae)**. Boletín S.E.A., nº 35 (2004) : 211-217.
313. VIEIRA NATIVIDADE, J. (1992). **Subericultura**. M.A.P.A., Madrid.
314. VILLAGRÁN, M.; SORIA, F.J.; OCETE, M.E. (1992). **Estudio morfobiométrico de la larva de *Crematogaster scutellaris* Oliv. (Hymenoptera, Formicidae)**. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 18: 365-372.
315. VILLEMANT, C.; FRAVAL, A. (2005). **Les insectes du chêne-Liège**. OPIE-Insectes, INRA, Paris.

*En la web: (<http://www.inra.fr/opie-insectes/pdf/i88villemant-fravall1.pdf>).*

316. VILLIERS, A. (1946). **Faune de l'empire français, V. Coléoptères Cérambycides de l'Afrique du nord**. Office de la Recherche Scientifique Coloniale. Éditions du Muséum, Paris.
317. VILLIERS, A. (1978). **Faune des Coléoptères de France. I: Cerambycidae**. Encyclopédie Entomologique, XLII. Le Chevalier, SARL, Paris. 607 pp.
318. VIVES, E. (1984). **Cerambícidos (Coleoptera) de la Península Ibérica y de las Islas Baleares**. Treballs del Museu de Zoologia, nº 2; 137 pàgs. Madrid.
319. VIVES, E. (2000). **Fauna Ibérica, vol. 12: Coleoptera, Cerambycidae**. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC, Madrid.
320. VIVES, E. (2001). **Catálogo fotográfico de los cerambícidos ibero-baleares**. Argania editio, 287 pp. Barcelona.
321. VOS, W. y MEEKES, H. (1999). **Trends in European cultural landscape development: perspectives for a sustainable future**. Landscape and Urban Planning, 46; 3-14.
322. WANG, Q. (1998). **Evidence for a contact female sex pheromone in Anoplophora chinensis (Forster)(Coleoptera:Cerambycidae:Lamiinae)**. The Coleopterists Bulletin, 52 (4): 363-368.
323. WELTER-SCHULTES, F. (coord.) (2005). **AnimalBase**. Zoologisches Institut Göttingen, University of Göttingen, Germany.  
*En la web: (<http://www.animalbase.org>).*
324. WESSEL, A. (2006). **Stridulation in the Coleoptera. An overview**. En "*Insects sounds and communication: Physiology, behaviour, ecology and evolution*". En DROSOPOULOS, S. & CLARIDGE, M.F.: **Insect sounds and communication: Physiology, behaviour, ecology and evolution**. CRC Press, Taylor & Francis, London.
325. WHITE, J.F. (1983). **A Field Guide to Beetles of North America**. Houghton Mifflin Co., Boston. 368 p.
326. WHITE, R.E.; GOULD, S.J. (1965). **Interpretation of the coefficient in the allometric equation**. The American Naturalist, vol. XCIX, nº 904; pág. 5.



# ANEXOS





# ANEXO I

## ÍNDICE DE FIGURAS

### I. Introducción

1.1. Territorio de Extremadura .....	13
1.2. La superficie de Extremadura dentro de la Península Ibérica.....	15
1.3. Relieve de Extremadura, con sus principales unidades morfológicas .....	18
1.4. Tipos climáticos en Extremadura, según la clasificación de Thornthwaite .....	22
1.5. Dehesa típica del suroeste de Badajoz .....	25
1.6. Distribución de las dehesas en España.....	29
1.7. Distribución de las dehesas de <i>Q. rotundifolia</i> y de <i>Q. suber</i> en Extremadura .....	31
1.8. <i>Q. rotundifolia</i> y <i>Q. suber</i> .....	43
1.9. Ubicación taxonómica de la familia <i>Cerambycidae</i> .....	72
1.10. Taxonomía del género <i>C.</i> , con las especies presentes en Europa .....	77
1.11. <i>Cerambyx scopolii</i> (macho y hembra)* .....	79
1.12. <i>Cerambyx miles</i> (macho y hembra)* .....	81
1.13. <i>Cerambyx cerdo</i> (macho y hembra)* .....	83
1.14. <i>Cerambyx welensii</i> (macho y hembra)* .....	83
1.15. Cabeza de <i>C. cerdo</i> .....	84
1.16. Detalle de las mandíbulas de <i>C. welensii</i> .....	85
1.17. Detalle del ojo de <i>C. cerdo</i> .....	85
1.18. Detalle de los primeros artejos de una antena de <i>C. welensii</i> macho .....	85
1.19. Pronoto de <i>C. welensii</i> .....	86
1.20. Élitros de <i>C. cerdo</i> .....	86
1.21. Pubescencia sedosa dorada en <i>C. welensii</i> .....	86
1.22. Patas posteriores de <i>C. cerdo</i> .....	87
1.23. Tarso medio de <i>C. welensii</i> .....	87
1.24. Órgano copulador masculino y ovipositor de <i>C. welensii</i> .....	87
1.25. Huevos de <i>C. welensii</i> .....	88
1.26. Larva de <i>C. cerdo</i> ** .....	89
1.27. Larvas neonatas de <i>C. cerdo</i> ** .....	89
1.28. Ninfá de <i>C. cerdo</i> ** .....	89
1.29. Cámara ninfal de <i>C. welensii</i> , con el imago aún en su interior.....	91
1.30. Ninfá de <i>C. cerdo</i> en su fase de pigmentación y esclerificación .....	92
1.31. Imago de <i>C. welensii</i> finalizando el proceso de pigmentación y esclerificación .....	92
1.32. Imago macho totalmente formado de <i>C. welensii</i> .....	92
1.33. Dos visiones de la cópula en <i>C. welensii</i> (en cautividad).....	94

\* Fotos de Dupont y Zagatti (<http://www.inra.fr>), con permiso de los autores

\*\* Fotos de André Lequet (<http://www.insectes-net.fr>), con permiso del autor

1.34. Ácaros posiblemente parásitos de <i>C. welensii</i> .....	96
1.35. Galerías en el interior de una rama de alcornoque y detalle de un corte en el que se aprecia la sección elíptica de las mismas.....	100
1.36. Porción de un tronco de encina degradado por hongos de los géneros <i>Hypoxyylon</i> y <i>Stereum</i> a partir de un taladro de <i>Cerambyx</i> .....	101
1.37. Tronco de alcornoque con numerosos orificios de salida de <i>Cerambyx</i> .....	101
1.38. Herida sellada con espuma rígida y detalle de orificios de salida a través de la misma.....	104
1.39. Herida de poda de una rama principal recubierta de producto preservante insecticida.....	104
1.40. Diferencia en el tamaño de las antenas de los machos entre los dos grupos de especies de <i>Cerambyx</i> ibéricos .....	107
1.41. Diferencia en el ángulo sutural de los élitros entre los dos grupos de especies de <i>Cerambyx</i> ibéricos .....	108
1.42. Diferencia en el segundo artejo de las antenas entre los dos grupos de especies de <i>Cerambyx</i> ibéricos.....	108
1.43. Vista dorsal de sendos ejemplares (hembras) de <i>C. welensii</i> y <i>C. cerdo</i> , donde se observan las principales diferencias entre ambas especies en cuanto a los caracteres de sus élitros .....	109
1.44. Vista dorsal del tercio apical de los élitros de <i>C. welensii</i> y <i>C. cerdo</i> , en los que se aprecian la mayor convexidad en el primero y la terminación subcónica en el segundo.....	110
1.45. Vista dorsal del tercio apical de los élitros de <i>C. welensii</i> y <i>C. cerdo</i> , destacando la diferencia de coloración y el punteado más grueso en el segundo.....	110
1.46. Espinas suturales de <i>C. cerdo</i> y <i>C. welensii</i> .....	111
1.47. Tercio apical del abdomen de <i>C. cerdo</i> y <i>C. welensii</i> , donde se advierte la vellosidad.....	111
1.48. Pronoto de <i>C. cerdo</i> y <i>C. welensii</i> .....	112
1.49. Primer artejo de las antenas en machos de <i>C. cerdo</i> y <i>C. welensii</i> .....	112
1.50. Cara plantar del tarso posterior de <i>C. cerdo</i> y <i>C. welensii</i> .....	113

## II. Material y método

2.1. Representación de los 662 puntos del muestreo de 1990 sobre el mapa regional.....	122
2.2. División de la superficie regional en cuadrículas a partir de las franjas de latitud y longitud fijadas .....	125
2.3. Representación de los 120 puntos de muestreo del año 2007 sobre el mapa regional .....	126
2.4. Esquema del modelo de trampa utilizado para la captura de cerambícidos .....	135
2.5. Trampa con fruta y vino, colgada de las ramas de una encina y sujeta directamente al tronco .....	136
2.6. Ejemplar de <i>C. welensii</i> capturado en una trampa y apoyado sobre ramas del fondo.....	137

## III. Resultados

3.1. Distribución de los puntos de muestreo sin árboles afectados por <i>Cerambyx</i> y con al menos el 50% de individuos dañados .....	150
3.2. Porcentajes de afectación en 1990 según la especie y en total .....	151
3.3. Porcentajes de afectados en 1990 según las franjas latitudinales establecidas en el territorio regional...152	
3.4. Porcentajes de afectados en 1990 según las franjas longitudinales establecidas en el territorio regional.....	154
3.5. Porcentajes globales de afectación en 1990 según las cuadrículas geográficas establecidas en el territorio regional .....	155
3.6. Porcentajes de afectados en 1990 según la densidad de población (expresada como distancia media entre árboles) de los puntos de muestreo .....	156
3.7. Porcentajes de afectados en 1990 según el diámetro medio de los troncos en cada punto de muestreo ..157	
3.8. Porcentajes de afectados en 1990 según la orografía del terreno en cada punto de muestreo .....	158

3.9. Porcentajes de afectados en 1990 según la altitud del terreno en cada punto de muestreo .....	159
3.10. Porcentajes de afectados en 1990 según el tipo de explotación a que se encontraba sometido el terreno en cada punto de muestreo .....	160
3.11. Gráficos de saturaciones factoriales, que representan las cargas de las variables de 1990, tomando los componentes principales dos a dos .....	165
3.12. a 3.22. Gráficos de dispersión de las puntuaciones factoriales de los componentes principales en cada punto de muestreo de 1990, tomados dos a dos .....	167
3.23. Puntos de muestreo con con indicación relativa del porcentaje general de árboles afectados por <i>Cerambyx</i> .....	174
3.24. Porcentajes de afectación en 2007 según la especie y en total .....	175
3.25. Porcentajes globales de afectación en 2007 según las franjas latitudinales establecidas en el territorio regional .....	177
3.26. Porcentajes globales de afectación en 2007 según las franjas longitudinales establecidas en el territorio regional .....	178
3.27. Porcentajes globales de afectación en 2007 según las cuadrículas geográficas establecidas en el territorio regional .....	179
3.28. Porcentajes de afectación global en 2007 según la densidad de población (expresada como distancia media entre árboles) de los puntos de muestreo .....	180
3.29. Porcentajes de afectación global en 2007 según el diámetro medio de los troncos en cada punto de muestreo .....	181
3.30. Porcentajes de afectación global en 2007 según la orografía del terreno en cada punto de muestreo ...	182
3.31. Porcentajes de afectación global en 2007 según la altitud del terreno en cada punto de muestreo .....	183
3.32. Porcentajes de afectación global en 2007 según el tipo de explotación a que se encontraba sometido el terreno en cada punto de muestreo .....	184
3.33. Gráficos de saturaciones factoriales, que representan las cargas de las variables de 2007, tomando los componentes principales dos a dos .....	189
3.34. a 3.47. Gráficos de dispersión de las puntuaciones factoriales de los componentes principales en cada punto de muestreo de 2007, tomados dos a dos .....	191
3.48. Frecuencias de afectación por puntos de muestreo en 1990 y 2007 .....	199
3.49. Gráficos comparativos de los grados de afectación entre 1990 y 2007 en función de las distintas variables, a nivel global y desglosado en tronco y rama .....	203
3.50. a 3.62. Comparación de los distintos caracteres morfobiométricos entre sexos, mediante diagrama de cajas e histograma de frecuencias .....	213
3.63. a 3.78. Diagramas de dispersión y rectas de regresión lineal para cada uno de los parámetros morfobiométricos analizados en machos y hembras de <i>C. welensii</i> .....	225
3.79. a 5.94. Diagramas de dispersión y rectas de regresión potencial para cada uno de los parámetros morfobiométricos analizados en machos y hembras de <i>C. welensii</i> .....	233

#### IV. Conclusiones y discusión

6.1. Representación de los 662 puntos de muestreo de 1990 sobre el mapa regional .....	124
--	-----





## ANEXO II

### ÍNDICE DE TABLAS

#### I. Introducción

- I.1. Extensión de las dehesas en Extremadura según la especie arbórea dominante .....30
- I.2. Clave para la identificación de las 4 especies ibéricas del género *Cerambyx* .....114

#### II. Material y método

- II.1. Variables observadas para cada punto de muestreo, con los intervalos de valores definidos para cada una y la cuantificación de los mismos .....124
- II.2. Variables morfométricas medidas en cada ejemplar de *C. welensii* estudiado y criterio empleado para realizar la medición .....140

#### III. Resultados

- III.1. Datos de afectación general en la muestra de 1990 .....149
- III.2. Valores de U (Mann-Whitney) y p al comparar, dos a dos, los niveles globales de ataque en 1990 entre los intervalos establecidos para cada variable .....153
- III.3. Matriz de correlaciones entre las variables del muestreo de 1990 .....161
- III.4. Comunalidades de las variables, que indican el porcentaje de la variabilidad de cada una que es capaz de explicar el modelo aplicado en 1990 .....161
- III.5. Matriz de covarianzas anti-imagen entre las variables del muestreo de 1990 .....162
- III.6. Matriz de los componentes principales extraídos a partir de los datos de 1990, con la carga de cada una de las variables por componente.....162
- III.7. Datos de afectación general en la muestra de 2007 .....173
- III.8. Valores de U (Mann-Whitney) y p al comparar, dos a dos, los niveles globales de ataque en 2007 entre los intervalos establecidos para cada variable .....176
- III.9. Matriz de correlaciones entre las variables del muestreo de 2007 .....185
- III.10. Comunalidades de las variables, que indican el porcentaje de la variabilidad de cada una que es capaz de explicar el modelo aplicado en 2007 .....185
- III.11. Matriz de covarianzas anti-imagen entre las variables del muestreo de 2007 .....186
- III.12. Matriz de los componentes principales extraídos a partir de los datos de 2007, con la carga de cada una de las variables por componente.....186
- III.13. Datos de afectación global en la muestra comparada entre 1990 y 2007 .....199
- III.14. Datos globales de afectación en cada uno de los intervalos de las distintas variables .....200
- III.15. Valores de Z de Wilcoxon y de p al comparar los niveles de ataque entre 1990 y 2007 en cada uno de los intervalos establecidos para cada variable .....201
- III.23. Número de ejemplares de cerambícidos capturados entre los años 2007-2010 .....205
- III.24. Valores medios, máximos y mínimos registrados para los caracteres morfológicos analizados en *C. welensii* .....207

---

III.25. Valores de la Z de Kolmogorov-Smirnov y de p para cada una de las variables morfológicas estudiadas, a nivel global, para machos y para hembras.....	208
III.26. Valores del índice (I) y del coeficiente (CV) de variación de la talla, a nivel global y en machos y hembras en la población estudiada de <i>C. welensii</i> .....	209
III.27. Valores de los tests de Levene y T al comparar machos y hembras para los caracteres morfológicos estudiados. ....	210
III.28. Valores obtenidos para las ratios y coeficientes de correlación de Pearson (R) para los parámetros morfobiométricos determinados en <i>C. welensii</i> .....	218
III.29. Resultados del test ANOVA para los parámetros morfobiométricos determinados en <i>C. welensii</i> .....	221
III.30. Valores del análisis de regresión potencial para los parámetros morfobiométricos determinados en <i>C. welensii</i> , con los resultados del test ANOVA y los coeficientes a (constante) y b (coeficiente de alometría) para establecer la ecuación alométrica de Huxley .....	230
III.31. Ecuaciones alométricas para los parámetros morfobiométricos determinados en <i>C. welensii</i> .....	236
<b>IV. Discusión</b>	
IV.1. Proporciones de machos y hembras capturados, comparados con los datos previos sobre <i>C. cerdo</i> .....	252