MEMORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La hormiga *Lasius brunneus* (Hym. Formicidae), nueva plaga del corcho.

Autor: Víctor Bernal
Director: Xavier Espadaler

Programa de Doctorado en Biología
Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología
Unidad de Ecología - CREAF
Universidad Autónoma de Barcelona

Septiembre 2005

Fotos: Xavier Espadaler.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS..... v

ÍNDICE DE FIGURAS……..…….. vii

RESUMEN…….…… 1

1. INTRODUCCIÓN…….. 3

1.1. ANTECEDENTES…… 4

1.2. *LASIUS BRUNNEUS* (Hym. Formicidae)…… 5

2. OBJETIVOS GENERALES…….. 8

3. CARACTERIZACIÓN DE LA PLAGA

3.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS…….. 9

3.2. ZONA DE ESTUDIO…… 11

3.3. MATERIAL Y MÉTODOS…… 12

3.4. RESULTADOS…….. 14

3.5. DISCUSIÓN……... 25

4. BIOLOGÍA DE LA HORMIGA

4.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS……..... 29

4.2. ZONA DE ESTUDIO…… 30

4.3. MATERIAL Y MÉTODOS…… 31

4.4. RESULTADOS…….. 37

4.5. DISCUSIÓN……... 43

5. EXTENSIÓN DE LA PLAGA

5.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS……..... 47

5.2. MATERIAL Y MÉTODOS…… 48

5.3. RESULTADOS…….. 50

5.4. DISCUSIÓN……... 59

6. CONTROL DE LA INFESTACIÓN

6.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS……..... 61

6.2. ZONA DE ESTUDIO…… 63

6.3. MATERIAL Y MÉTODOS…… 64

6.4. RESULTADOS…….. 72

6.5. DISCUSIÓN……... 79

7. CONCLUSIONES…….. 83

8. REFERENCIAS…….. 87

AGRADECIMIENTOS…… 95

ANEXOS

ANEXO 1. DIETA ARTIFICIAL……... 97

ANEXO 2. 60 PARCELAS ALEATORIAS…… 99

ANEXO 3. 14 PARCELAS NO ALEATORIAS…… 109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Resumen de la localización y altitud de las diferentes parcelas realizadas, ordenadas de menor a mayor altitud.* Pág. 13.

Tabla 2. *Resumen del nivel de infestación (actual y pasado) en las diferentes localidades estudiadas, donde se denunció el ataque. Se indica: la media del porcentaje del número de árboles afectados (rango) y el número de árboles observados (parcelas).* Pág. 14.

Tabla 3. *Grado de ataque actual, árboles con serrín, en cinco parcelas estudiadas.* Pág. 15.

Tabla 4. *Grado de ataque pasado, árboles con manchas, en las cinco parcelas estudiadas.* Pág. 15.

Tabla 5. *Grado de ataque actual, árboles con serrín, en seis las parcelas estudiadas*. Pág. 16.

Tabla 6. *Grado de ataque pasado, a. con manchas, en las seis parcelas estudiadas.* Pág. 16.

Tabla 7. *Grado de ataque actual, árboles con serrín, en cinco parcelas estudiadas.* Pág. 17.

Tabla 8. *Grado de ataque pasado, a. con manchas, en las cinco parcelas estudiadas.* Pág. 17.

Tabla 9. *Grado de ataque actual, árboles con serrín, en 3 parcelas estudiadas.* Pág. 18.

Tabla 10. *Grado de ataque pasado, árboles con manchas, en las tres parcelas estudiadas.* Pág. 18.

Tabla 11. *Descripción de los valores medios de DBH, para cada uno de los factores estudiados y sus combinaciones. Nótese que los valores de DBH más altos, para esta localidad, coinciden con los árboles afectados, tanto ahora, como anteriormente, así como para los que reúnen ambas condiciones.* Pág. 20.

Tabla 12. *Descripción de los valores medios de DBH, para cada uno de los factores estudiados y sus combinaciones. No existen diferencias significativas para ninguno de los factores estudiados.* Pág. 21.

Tabla 13. *Descripción de los valores medios de DBH, para cada uno de los factores estudiados y sus combinaciones. No existen diferencias significativas para el factor infestado, sin embargo, sí son diferentes los árboles que presentan manchas, más grandes que los que no las presentan. La interacción también es significativa, pero, a diferencia de Sant Hilari, los árboles más grandes corresponden a los árboles que estuvieron atacados y ahora no lo están.* Pág. 22

Tabla 14. *Resumen, de las tres localidades, de los tamaños (DBH), en cm., de los árboles atacados actualmente y en el pasado.* Pág. 23.

Tabla 15. *Relación de los árboles estudiados, con o sin manchas, en función de que estén atacados actualmente o no, para la localidad de Sant Hilari Sacalm. Entre paréntesis se indican las proporciones.* Pág. 23

Tabla 16. *Relación de los árboles estudiados, con o sin manchas, en función de que estén atacados actualmente o no, para la localidad de Santa Coloma de Farners. Entre paréntesis se indican las proporciones.* Pág. 24

Tabla 17. *Relación de los árboles estudiados, con o sin manchas, en función de que estén atacados actualmente o no, para la localidad de La Vajol. Entre paréntesis se indican las proporciones.* Pág. 24.

Tabla 18. *Relación de los árboles estudiados, con o sin manchas, en función de que estén atacados actualmente o no, para la localidad de Agullana. Entre paréntesis se indican las proporciones.* Pág. 24.

Tabla 19. *Infestación pasada (M) y ataque actual (S). La probabilidad de que se dé el suceso infestado, puede aumentar, en las poblaciones de Sant Hilari y Agullana, habiéndose dado el suceso manchas (infestación pasada). p(S): probabilidad de que un árbol se encuentre afectado actualmente, p(S|M): probabilidad condicional de que un árbol este afectado actualmente, sabiendo que tiene manchas. En el caso de Santa Coloma y La Vajol, el hecho de que un árbol tenga manchas no influye sobre la probabilidad de que se encuentre afectado actualmente.* Pág. 25.

Tabla 20. *Pesos obtenidos en el laboratorio correspondientes al consumo de melaza por obreras de L. brunneus. Los valores en rojo corresponden a nidos en los que algunas obreras quedaron enganchadas en la melaza y no pudieron ser evaluados.* Pág. 40.

Tabla 21. *Repartición de las parcelas con L. brunneus según la altitud. Entre paréntesis se indica el número de parcelas estudiadas.* Pág. 52.

Tabla 22. *Resultados del ANOVA de una vía, en el que se muestra diferencias significativas entre los grupos de parcelas infestadas y no infestadas, para las distintas variables estudiadas.* Pág. 52.

Tabla 23. *Valores del índice de inflación de la varianza (IFV), ninguno supera 10.* Pág. 52.

Tabla 24. *Coordenadas factoriales de las variables basadas en las correlaciones.* Pág. 52.

Tabla 25. *Sumario del modelo lineal generalizado, muestra los valores obtenidos en la regresión logística, para la variable dependiente: infestada o no infestada (presencia o ausencia de L. brunneus). Los valores más altos (resaltados en color) de la altitud y el tipo de clima evidencian significación (p<0.05).* Pág. 54.

Tabla 26. *Reordenación de las parcelas estudiadas. Se indica: el número de parcelas con L. brunneus (resaltado en negrita) para cada combinación de clima y altitud, entre paréntesis se indica el número de parcelas visitadas. -: indica la ausencia de corcho en esta combinación. Las casillas en gris pertenecen a las 14 parcelas estudiadas independientemente de las 60 aleatorias.* Pág. 56.

Tabla 27. *Distribución de las 1020 parcelas con alcornoques del IEFC según el tipo de clima y la altitud, entre paréntesis se indica la proporción relativa de cada combinación. En color se resalta las combinaciones en las que se ha detectado L. brunneus.* Pág. 57.

Tabla 29. *Productos probados en el laboratorio.* Pág. 67.

Tabla 28. *Resumen de los tratamientos realizados en Sant Hilari Sacalm durante el 2002.* Pág.

Tabla 30. *Tratamientos previstos inicialmente. Una mitad de los árboles recibiría 1 aplicación y la otra mitad 2.* Pág. 71.

Tabla 31. *Tratamientos definitivos. La primera aplicación se realizó el 9 de julio del 2003, la segunda el 16 de julio.* Pág. 71.

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. *Aspecto del rebajado del bornizo como prueba de control.* Pág. 4.

Figs. 2 y 3. *Vista lateral de una obrera de L. brunneus, a la derecha, detalle de la cabeza*. Pág. 5.

Fig. 4. *Representación de las tres especies que suelen encontrarse en los alcornoques.* Pág. 6.

Fig.5. *La imagen muestra un árbol tras ser pelado, las manchas evidencian un ataque en el pasado*. Pág. 9.

Fig. 6. *Serrín tapando rendijas en el corcho.* Pág. 10.

Fig. 7. *Imagen a la lupa de: serrín generado por las hormigas, izquierda, y excreciones de milpiés (miriápodos) a la derecha. Los excrementos poseen una forma cilíndrica y el tamaño es bastante regular.* Pág. 11.

Fig.8. *Distribuciones diamétricas de los alcornoques estudiados según la localidad de procedencia.* Pág. 19.

Fig.9. *Interacción de la infestación pasada (manchas) y la actual (serrín) sobre el tamaño medio ± d.e. de los árboles, n=292. El análisis no muestra diferencias: F (1, 753)= 2.9775; p = 0.084.* Pág. 20.

Fig.10. *Interacción de la infestación pasada (manchas) y la actual (serrín) sobre el tamaño medio ± d.e. de los árboles, n=382. El análisis no muestra diferencias: F (1, 378)= 0.42529: p = 0.514.* Pág. 21.

Fig.11. *Interacción de la infestación pasada (manchas) y la actual (serrín) sobre el tamaño medio ± d.e. de los árboles, n=292. Existen diferencias significativas para la interacción de los factores: F (1, 288)= 7.55; p = 0.006.* Pág. 22.

Fig. 12. *Situación de la finca en la que se han realizado las observaciones y recogido las muestras. El punto rojo representa la ubicación exacta.* Pág. 31.

Fig. 13. *Aspecto del cuerpo graso de L. brunneus. A la izquierda se muestra, en detalle, el aspecto de los glóbulos de lípidos, a la derecha, un abdomen abierto, correspondiente al mes de octubre.* Pág. 33.

Fig. 14. *Nido artificial de metacrilato. La caja representa el mundo exterior mientras que el tubo de vidrio hace las veces de nido y contiene en el extremo de la derecha otro tubo con agua. Un simple tubo de papel sirve para proveer de oscuridad al nido.* Pág. 36.

Fig. 15. *Representación de la actividad anual de L. brunneus.* Pág. 37.

Fig. 16. *Evolución de la cantidad de cuerpo graso a lo largo del año. La proporción de obreras que tienen mucho (verde), medio (rojo) o que no tienen (azul) varia a lo largo del año, desde una ausencia total (final de mayo) a una presencia total (diciembre).* Pág. 38.

Fig. 17. *Imagen obtenida tras extraer el corcho de la pana, se observan hembras de Stomaphis y huevos, estos últimos se encuentran sujetos al tronco por una sustancia segregada por la hembras durante la puesta.* Pág. 39.

Fig. 18. *A la izquierda: hembra fundadora, en un nido artificial en el laboratorio, recién salida del huevo y atendida por obreras de L. brunneus, se observa un largo pico que sobrepasa la longitud de su cuerpo pareciendo una cola. A la derecha, huevos de Stomaphis quercus de unos 3 mm, adheridos sobre un trozo de corcho, debajo de la pana.* Pág.40.

Fig. 19. Reina *de L. brunneus atendida por sus obreras.* Pág. 41.

Fig. 20. *Aspecto del corcho degradado por la hormiga.* Pág. 42.

Fig.21. *Distribución del alcornoque.* Pág. 47.

Fig.22. *Resumen de las parcelas visitadas (puntos verdes), los puntos rojos representan los lugares donde se ha encontrado L. brunneus, incluyendo las denuncias. En gris, parcelas del IEFC en las que está presente el alcornoque*. Pág.51.

Fig. 23. *Representación de los porcentajes de la variabilidad que explica cada factor.* Pág. 53.

Fig. 24. *Ordenación de las variables independientes en el espacio definido por los dos primeros factores.* Pág. 53.

Fig. 25. *Ordenación de las 60 parcelas en el espacio definido por los dos primeros factores: (0: parcelas sin hormiga, 1: parcelas con hormiga).* Pág. 54.

Fig. 26. *Relación entre la presencia de Lasius brunneus y el tipo de clima. La hormiga se encuentra en los climas Humedo (B1) i Humedo III (B3).* Pág. 55.

Fig. 27. *Distribución real (puntos rojos) y potencial (puntos amarillos) de L. brunneus, teniendo en cuenta las dos variables que han resultado significativas en el modelo: Altitud y Tipo de Clima de Thornthwaite. Puntos grises: parcelas con alcornoque según datos del IEFC.* Pág. 58.

Fig.28. *Ejemplo de algunos productos comerciales comprobados.* Pág. 66.

Fig. 29. *Recipientes con melazas fijados en el tronco del árbol.* Pág. 69.

Fig. 30. *Los recipientes fueron pesados, con una balanza de campo, antes de fijarlos al árbol y al cabo de dos días.* Pág. 69.

Fig. 31. *Cebos en la raya de la pana. Se sujetan simplemente por la presión del tapón dentro de la raya.* Pág. 70.

Fig. 32. *Variación del total lineal de serrín (suma de todos los segmentos con serrín) por árbol, bajo los diversos tratamientos a lo largo del tiempo. La gráfica representa la proporción de serrín recuperado, comparándola con la cantidad media inicial que había en cada parcela.* Pág. 72.

Fig. 33. *Pruebas de mortalidad de L. brunneus realizadas en el laboratorio con geles con ácido bórico. Recuento de mortalidad.* Pág. 74.

Fig. 34. *Mortalidad con geles con clorpirifós a dos concentraciones. El 50% de las obreras, murió antes de 12 horas.* Pág. 74.

Fig. 35. *Obreras de L. brunneus comiendo melaza de un recipiente situado en la cruz del árbol.* Pág. 75.

Fig. 36. *Consumo de melaza (g), según la localización en el árbol. Se indica la media y el error estándar.* Pág. 75.

Fig. 37. *Consumo medio de melaza por árbol (g), (n = 12 árboles). Se indica la media y la desviación estándar por árbol.* Pág. 76.

Fig. 38. *Grado variable de consumo de gel con melaza.* Pág. 76.
Fig. 39. *Recipientes encontrados en el suelo o mordidos, comparados con uno intacto.* Pág. 77.
Fig. 40. *Recuperación del serrín en los alcornoques tratados y no tratados. No existen diferencias significativas entre los tres tratamientos.* Pág. 77.
Fig. 41. *Relación nula entre la cantidad (g) de cebo consumido y la recuperación de serrín (proporción).* Pág. 78.

La hormiga *Lasius brunneus* (Hym. Formicidae), nueva plaga del corcho.

RESUMEN

El presente trabajo reúne los estudios realizados entre los años 2003 y 2005, iniciados con la detección y denuncia de una nueva plaga de hormiga que afecta al corcho, devaluando su valor comercial.

Bajo el objetivo principal de encontrar una solución a éste problema, se han caracterizado las fincas donde se ha denunciado la plaga, encontrándose grados de infestación muy variable entre las diferentes fincas estudiadas, pero coincidiendo, de manera general en todas, en el aumento de árboles afectados desde la última saca del corcho.

Por otro lado, se han estudiado aspectos de la biología de la hormiga, encaminados a obtener información útil de cara a los posibles sistemas de control de la plaga, destacando su localización, ubicua en el árbol, bajo las panas, de difícil acceso a posibles tratamientos con insecticidas de contacto, su vinculación con el pulgón Stomaphis quercus, hasta ahora nunca descrito en el alcornoque y el hecho de que sus obreras sean estériles, entre otros.

Igualmente, se ha estudiado la distribución de la plaga en Cataluña, pudiéndose afirmar que su extensión es limitada, ligada a los alcornocales situados en zonas más elevadas, en general, superiores a 600 m de altitud y/o a regiones con un índice de humedad considerable.

Finalmente, se ha realizado un primer ensayo de control, basado en la aplicación de cebos en el tronco de los árboles afectados, que contenían clorpirifós como insecticida al 0.075%, sin conseguir resultados satisfactorios. Teniendo en cuenta la información obtenida, parece lógico pensar que un tratamiento con cebos con mayor cantidad y concentración de materia activa pueda tener los resultados esperados.

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de la corteza o corcho del alcornoque, *Quercus suber* (Linneo), se remonta a tiempos inmemoriales, si bien, su consolidación y uso industrial, se deriva del descubrimiento del vino de champagne, durante la segunda mitad del siglo XVII, y de la necesidad de taponar los envases que lo contienen. En España, la industria corchera, se remonta a la aparición de los primeros artesanos dedicados a la fabricación del tapón de corcho, a finales del siglo XVIII. Son varios los autores, que defienden que la aparición de dicha industria, se produjo en la comarca del *Alt Empordà*, en la provincia de Gerona, introducida por los franceses en el siglo XVIII (Leosuber, 2005). Actualmente, en Cataluña, el alcornoque es la quinta especie forestal, en lo que a hectáreas se refiere (casi 63.000 hectáreas) y la séptima en cuanto al número de pies (39 millones), concentrada básicamente en las comarcas de Gerona (IEFC, 2004).

Los incendios forestales y la urbanización, han disminuido considerablemente la superficie ocupada por esta especie, que debió sobrepasar las 80.000 ha, durante algún momento del siglo pasado (Allué y Montero, 1989).

El corcho genera considerables beneficios a los propietarios de los alcornocales explotados, que en algunos casos, puede superar a los del ganado o a otros cultivos agrícolas (Leosuber, 2005). Como inconveniente, destaca el hecho de sólo poder obtener dichos beneficios cada, aproximadamente, 14 años, en el caso de Cataluña y algo menos en otras provincias del sur del país. Debido a este vinculo con el ciclo biológico, no se observa una relación directa entre el precio y la extracción de las panas, pero sí existen oscilaciones de carácter cíclico del mismo, con periodicidades de 13-15 años (Raddi, 1997).

A pesar de la competencia creciente, en casi todas las aplicaciones, generada por la introducción de los plásticos, el interés en esta explotación forestal, sigue manteniéndose hoy día, debido a las excelentes propiedades y usos del corcho, por un lado, y por otro, al aumento experimentado en la demanda del sector vinícola para el embotellado, con el consiguiente beneficio económico. Lo que justifica la preocupación demostrada por el sector forestal, en las últimas décadas, por los diferentes problemas sanitarios que afectan al alcornoque (Congrés internacional del suro, 2005).

1.1. ANTECEDENTES

Son varias las enfermedades y plagas existentes que afectan de una u otra manera al alcornoque, entre las que destacan la enfermedad del *escaldado*, provocada por el hongo *Diplodia corticola,* (antes conocida como *Diplodia mutila* (Fries)), el *chancro carbonoso (Hypoxylon mediterraneus* (De Not.)) y, según Suñer y Abós (1994) como principal plaga del nordeste de la Península Ibérica, el coleóptero *Coroebus undatus* (Fabricius). Existen, no obstante, otros insectos que generan problemas en los alcornocales, como otra especie de *Coroebus*: *C. florentinus* (Herbst), los perforadores del tronco *Cerambyx cerdo* (Linnaeus) y *Platypus cylindrus* (F.) o de las bellotas *Balaninus elephas* (Gyll.), lepidópteros defoliadores como *Lymantria dispar* (L.) y *Tortrix viridana* (L.) así como la hormiga *Crematogaster scutellaris* (Olivier) (Riba, 2005). A esta nutrida lista, con las observaciones realizadas a finales de los 90, en las que se detectó los daños producidos en las panas y que afectaban en mayor o menor medida a un 30 % de los árboles, habría que añadir una nueva: la hormiga *Lasius brunneus* (Latreille). Con anterioridad, a principios de los años 80, ya se habían observado daños durante la saca, o extracción de las panas, producidos por una hormiga no identificada. En un alcornocal de las Guilleries, en Sant Hilari Sacalm, durante la primavera del 2001, mientras se realizaba el rayado de las panas se observaron daños considerables producidos por dicha hormiga, lo que indujo a llevar a cabo algunos intentos de control (Fig. 1), basados en la eliminación de parte del bornizo y posterior aplicación de insecticida, sin obtener resultados satisfactorios.

Fig. 1. *Aspecto del rebajado del bornizo como prueba de control.*

El problema generado se expuso en un hoja informativa (Espadaler y Rojo, 2002), publicada a través del *Centre de la Propietat Forestal* (CPF), que pretendía la participación de los propietarios en la detección en sus respectivas fincas de la presencia de esta nueva plaga. Como resultado se denunció en tres localidades: Agullana, La Vajol y Santa Coloma de Farners. Teniendo en cuenta la primera denuncia (Sant Hilari Sacalm), había al menos 4 localidades afectadas, todas pertenecientes a la provincia de Gerona. Dado el desconocimiento total de la plaga y el peligro de una potencial extensión, se decidió, a través del CREAF, y por parte del CPF, financiar un proyecto de investigación, iniciado en el año 2003, sobre dicho problema y cuyos resultados se explican en el presente trabajo. Dada la novedad de la plaga, el proyecto consta de una descripción inicial del problema e intenta aportar tanto información general sobre la distribución y biología de la hormiga, como unos primeros intentos de control.

1.2. *LASIUS BRUNNEUS* (Hym. Formicidae)

La hormiga responsable de esta nueva plaga, *L. brunneus*, se caracteriza por presentar obreras bicoloreadas (Fig. 2), en las que el gaster, negro, contrasta con el color marrón de la cabeza (Fig. 3) y el tórax; su longitud oscila entre los 2 y 4 mm.

Figs. 2 y 3. *Vista lateral de una obrera de L. brunneus, a la derecha, detalle de la cabeza*.

Se distinguen fácilmente de otras hormigas que anidan en el corcho, como *Crematogaster scutellaris*, que también genera daños en las panas, de mayor tamaño: entre 3,5 y 5 mm y caracterizada por el color rojo de la cabeza y el hecho de levantar el abdomen cuando son molestadas, o *Camponotus fallax* (Nylander) de tamaño más grande y toda oscura, menos frecuente (Fig. 4).

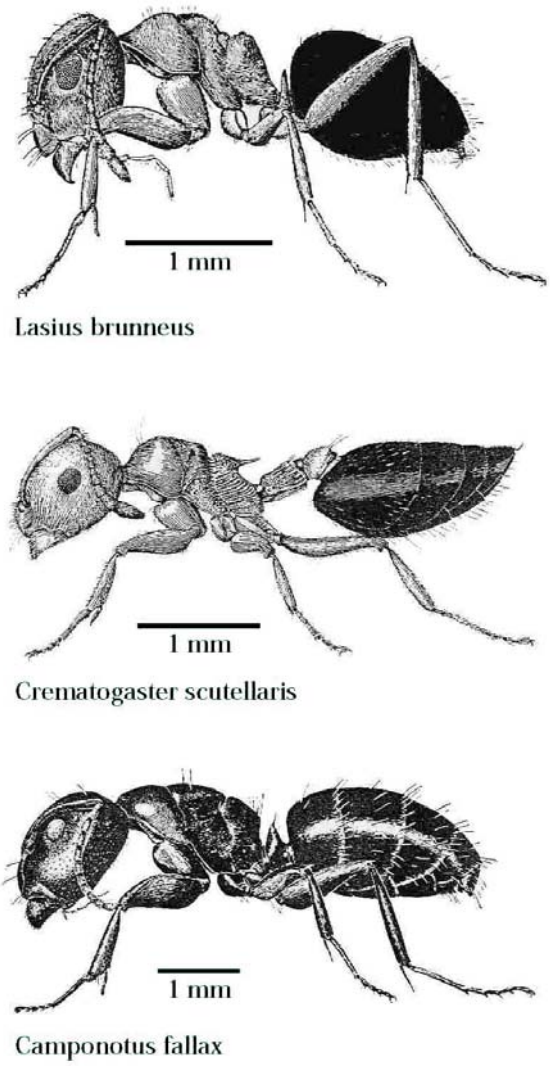

Fig. 4. *Representación de las tres especies que suelen encontrarse en los alcornoques.*

Por su parte, la reina posee un tamaño de 6,5 a 8,5 mm y se distingue de la de *L. alienus* (Foerster) únicamente por el color de la alas, muy oscuro en el caso de *L. brunneus* (Bernard, 1968). Los machos tienen una longitud de entre 3,8 y 4,9 mm.

En cuanto a su distribución, es una especie europea, presente tanto en la zona central como en la meridional, sobretodo en lugares húmedos, si bien llega hasta Turquía. En nuestro país, es poco conocida, localizándose fundamentalmente al norte y nunca había estado vinculada a daños en explotaciones forestales.

Una de sus características más destacables es su extremada timidez: huye con facilidad, sobretodo cuando se abre el nido y, en general, de la luz. Para protegerse de ésta, puede construir túneles en el rayado de las panas o incluso sobre el propio árbol, con el serrín extraído del corcho. Su principal fuente de alimento esta relacionada con las excreciones de pulgones del género *Stomaphis* (Walker) y pequeños insectos capturados en las copas de los árboles.

Especie estrictamente arborícola, suele anidar en árboles viejos, bajo su corteza, mayoritariamente caducifolios. Se la ha encontrado en roble, olmo, haya, álamo, sauce, alazán, majuelo y arce (Donisthorpe, 1927), también en castaño, tilo y en el alcornoque. Pueden estar presentes tanto en el propio árbol, como en el suelo alrededor de éste y bajo piedras.

2. OBJETIVOS GENERALES

Pueden dividirse en dos grandes bloques:

- Obtención de información general, que incluye la caracterización de las infestaciones denunciadas, distribución general y la biología de la hormiga.
- Pruebas de control de la infestación: encontrar sistemas para el control de la plaga, que incluyen las pruebas necesarias en laboratorio para determinar el principio activo más idóneo, el sistema de administración y las correspondientes valoraciones en el campo.

El presente trabajo, esta estructurado en cuatro capítulos, tres de ellos dedicados al primero de los objetivos: *Caracterización de la plaga, Biología de la hormiga y Extensión general de la plaga*. El último: *Control de la infestación*, corresponde al segundo de ellos.

3. CARACTERIZACIÓN DE LA PLAGA

3.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

A diferencia de *Coroebus undatus*, cuya larva también daña la capa generatriz suberofelodérmica o madre, mediante la perforación de galerías en zigzag (Martín, 1961 y MAPA, 1981 en Suñer y Abós 1994), *L. brunneus* afecta únicamente al corcho, con la construcción de galerías y nidos. Éstas cavidades generan dificultades durante la extracción, quedando adheridas porciones de corcho, de forma redondeada, que no despegan durante dicha actividad y que corresponden al espacio ocupado por las hormigas. Una vez pelados, la capa generatriz vuelve a producir corcho, que llevará esos fragmentos no despegados y que constituyen verdaderos indicadores de una infestación pasada y la posterior pela de las panas afectadas. Estas *manchas* del antiguo corcho (Fig. 5), no evidencian, sin embargo, que la hormiga siga presente en el árbol actualmente; sí lo indica en cambio, la presencia de serrín (Fig. 6) en el rayado de las panas o en cualquier rendija, que actúa como protección del exterior y fundamentalmente de la luz a las hormigas.

Fig.5. *La imagen muestra un árbol tras ser pelado, las manchas evidencian un ataque en el pasado*.

Evidentemente, ambos indicadores pueden o no coexistir en un mismo árbol, ya que, por ejemplo, un árbol infestado en el pasado no tiene que seguir estándolo en el presente y a la inversa.

Fig. 6. *Serrín tapando rendijas en el corcho.*

En definitiva, a la hora de detectar si un árbol está o no infestado por la hormiga, podemos basarnos en dos marcadores, además lógicamente de la presencia directa durante la saca de las panas, que indican la presencia pasada o presente de la hormiga: un árbol infestado y pelado presentará una serie de manchas de corcho, delgado y diferente del nuevo que crece, un árbol con hormiga actualmente, será evidenciado por la presencia de serrín, normalmente siguiendo la vertical de las rayas. Es necesario, no confundir este serrín, con los excrementos de milpiés, de tamaño y forma más regular (Fig. 7).

En general, la actividad de la hormiga en el corcho, deteriora el mismo, devaluando su valor comercial, además de hacer más difícil la extracción de las panas, al no despegar éstas correctamente.

Fig. 7. *Imagen a la lupa de: serrín generado por las hormigas, izquierda, y excreciones de milpiés (miriápodos) a la derecha. Los excrementos poseen una forma cilíndrica y el tamaño es bastante regular.*

Con la intención de caracterizar el ataque de ésta nueva plaga, se han valorado tres aspectos fundamentalmente:

1) valorar la *intensidad del ataque*, obtener una estima del grado de infestación,
2) analizar la existencia de una relación entre el *tamaño (diámetro) de los árboles y la infestación*, es decir, si existe un tamaño mínimo para ser atacado y,
3) analizar la *influencia de una infestación pasada sobre la actual*, es decir, si la permanencia en un árbol, de una determinada sociedad, se prolonga más allá de los turnos de saca y por tanto, si los árboles atacados en el pasado tienden, en general, a seguir afectados actualmente o no.

3.2. ZONA DE ESTUDIO

El material de partida han sido, lógicamente, las 4 localidades denunciadas, fruto de la respuesta a la Hoja Informativa nº 1 del CPF. Dicha respuesta, por su parte, fue más bien escasa y por tanto probablemente no coincida con la extensión real de plaga. El motivo de la ausencia de más denuncias, a pesar de

que evidentemente las hormigas y sus efectos son ajenos a los límites de las diferentes propiedades, es desconocido.

Las cuatro propiedades estudiadas pertenecen a dos comarcas diferentes: *La Selva* en el caso de las fincas de Sant Hilari Sacalm y Santa Coloma de Farners y el *Alt Empordà* en el de La Vajol y Agullana, pertenecientes ambas a la provincia de Gerona. En todos los casos se trata de alcornocales maduros en explotación. Las parcelas de la localidad de Sant Hilari se encuentran a una altitud considerable, superando los 750 m en todos los casos, teniendo en cuenta el límite del alcornoque, que se cifra en unos 800 m. En cuanto al clima, es de tipo húmedo, (b1, según el tipo de clima de Thornthwaite (ICC, 1996)), que comparte con las parcelas realizadas en Santa Coloma de Farners. Por su parte, las fincas de la comarca del *Alt Empordà* poseen menor altitud en general, pero destacan por un clima más húmedo (húmedo tipo II (b2) en el caso de Agullana y húmedo tipo III (b3) en el de La Vajol).

3.3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de las diferentes observaciones, realizadas durante el año 2003, se escogieron de manera aleatoria, sobre el mapa, diferentes parcelas a muestrear pertenecientes a las zonas denunciadas (Tabla 1): 5 en el caso de Sant Hilari y La Vajol, 6 en el de Santa Coloma y 3 en el de Agullana. Lógicamente, no se pudo valorar mediante estas observaciones, la distribución real de la plaga, ya que la participación de los propietarios fue baja. En el campo, la parcela se localizó mediante la ayuda de GPS, una vez en ésta, se procedió al estudio de los árboles encontrados durante la realización del transecto o parcela, dependiendo de la topografía de la finca, hasta completar un total de cómo mínimo 60. En todas las parcelas estudiadas, salvo en las fincas de Agullana, cuyo censo se realizó posteriormente, durante el invierno del año 2004, por imposibilidad de contacto con los propietarios, y en el que sólo se valoró la intensidad de la infestación mediante tres transectos que atravesaron toda la finca, para cada árbol se anotó su diámetro (DBH) y si estaba infestado, bien a través de la detección directa de la presencia de la hormiga, bien indirectamente por la presencia del serrín característico,

igualmente se observó la presencia de manchas como indicadoras de una infestación pasada. En conjunto se observaron 1840 alcornoques.

Localidad	Parcela	UTM X	UTM Y	Altitud (m)
Sant Hilari Sacalm	3	457840	4635190	760
	2	461178	4639220	780
	4	457335	4635395	790
	1	459989	4639358	830
	5	457035	4635525	850
Santa Coloma de Farners	6	468726	4639010	360
	5	468576	4639177	400
	4	468525	4639324	430
	3	468279	4639324	520
	1	467979	4639495	560
	2	468134	4639550	615
La Vajol	5	483576	4695678	524
	4	483723	4694539	541
	3	483175	4695635	550
	2	483018	4695959	615
	1	482926	4695815	619
Agullana	3	484159	4694962	439
	2	484841	4694905	450
	1	483941	4694767	525

Tabla 1. *Resumen de la localización y altitud de las diferentes parcelas realizadas, ordenadas de menor a mayor altitud.*

Para el análisis estadístico de los datos, se han realizado tests de diferencias de proporciones, tanto para comparar el número de árboles afectados anteriormente (con manchas) con los que se encuentran en la actualidad (con

serrín), como el de árboles con manchas y con serrín actualmente, es decir, la influencia de un ataque anterior sobre el actual.

Para valorar la existencia de diferencias, entre los grupos de árboles sanos y los afectados, tanto los que lo estuvieran antes como los que lo están ahora, con sus respectivos tamaños, se ha utilizado una ANOVA factorial.

Los análisis se han realizado con el programa Statistica v6.0 (Statsoft, 2003).

3.4. RESULTADOS

Intensidad del ataque

Como muestra la Tabla 2, la intensidad de ataque (proporción de árboles afectados actualmente, tanto con manchas como sin ellas), es variable: siendo la localidad más afectada La Vajol con un 56.6% de árboles afectados, seguido de Sant Hilari Sacalm con un 24.5%, ambas localidades también eran las más afectadas en el pasado: 28.6% y 18.7% respectivamente.

Localidad	Pasado (manchas)	Actual (serrín)	Árboles (parcelas)
Sant Hilari	18.7 (8-28)	24.5 (10-45)	757 (5)
Santa Coloma	8.6 (0-23)	17.5 (9-27)	382 (6)
La Vajol	28.6 (14-37)	56.5 (30-92)	294 (5)
Agullana	16.3 (6-26)	12.4 (4-22)	404 (3)

Tabla 2. *Resumen del nivel de infestación (actual y pasado) en las diferentes localidades estudiadas, donde se denunció el ataque. Se indica: la media del porcentaje del número de árboles afectados (rango) y el número de árboles observados (parcelas).*

Salvo Agullana, cuya proporción de árboles afectados actualmente no es diferente de la que presentaba en el pasado (test de diferencias entre proporciones: $p = 0.085$), todas las localidades han aumentado su porcentaje de árboles infestados, (test de diferencias entre proporciones: Sant Hilari Sacalm: $p = 0.022$; Santa Coloma de Farners: $p < 0.001$ y La Vajol: $p < 0.001$),

en mayor o menor medida: 5.8% para Sant Hilari Sacalm, 8.9% Santa Coloma de Farners y 27.9% en La Vajol.

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para cada una de las localidades estudiadas: Sant Hilari (Tablas 3 y 4), Santa Coloma (Tablas 5 y 6), La Vajol (Tablas 7 y 8) y Agullana (Tablas 9 y 10). El grado de ataque es muy variable incluso dentro de una misma localidad:

Sant Hilari Sacalm

La proporción de árboles atacados actualmente varía entre un 10% y un 45% (Tabla 3). En tres de las cinco parcelas estudiadas se superaba el 20% de árboles afectados en el pasado (Tabla 4).

Parcela	Altitud (m)	Afectados (serrín)	No afectados	Total
1	830	23	202	225
		10.22%	89.78%	
2	780	29	53	82
		35.37%	64.63%	
3	760	41	139	180
		22.78%	77.22%	
4	790	29	100	129
		22.48%	77.52%	
5	850	64	77	141
		45.39%	54.61%	
Total		186	571	757

Tabla 3. *Grado de ataque actual, árboles con serrín, en cinco parcelas estudiadas.*

Parcela	Altitud (m)	Con manchas	Sin manchas	Total
1	830	23	202	225
		10.22%	89.78%	
2	780	7	75	82
		8.54%	91.46%	
3	760	37	143	180
		20.56%	79.44%	
4	790	37	92	129
		28.68%	71.32%	
5	850	38	103	141
		26.95%	73.05%	
Total		142	615	757

Tabla 4. *Grado de ataque pasado, árboles con manchas, en las cinco parcelas estudiadas.*

Santa Coloma de Farners

El grado de ataque (serrín) varía entre un 9% y un 27% (Tabla 5). Las proporciones de la Tabla 6 evidencian muy poca afectación en el pasado (manchas).

Parcela	Altitud (m)	Afectados (serrín)	No afectados	Total
1	560	15	49	64
		23.44%	76.56%	
2	615	6	58	64
		9.38%	90.63%	
3	520	6	58	64
		9.38%	90.63%	
4	430	11	53	64
		17.19%	82.81%	
5	400	12	50	62
		19.35%	80.65%	
6	360	17	47	64
		26.56%	73.44%	
Total		67	315	382

Tabla 5. *Grado de ataque actual, árboles con serrín, en seis las parcelas estudiadas.*

Parcela	Altitud (m)	Con manchas	Sin manchas	Total
1	560	1	63	64
		1.56%	98.44%	
2	615	0	64	64
		0.00%	100.00%	
3	520	6	58	64
		9.38%	90.63%	
4	430	10	54	64
		15.63%	84.38%	
5	400	1	61	62
		1.61%	98.39%	
6	360	15	49	64
		23.44%	76.56%	
Total		33	349	382

Tabla 6. *Grado de ataque pasado, árboles con manchas, en las seis parcelas estudiadas.*

La Vajol

Se trata de la localidad más afectada. El grado de ataque actual varía desde un 30% a un 92.6% (Tabla 7). Al igual que en el caso de Sant Hilari, en el pasado también se encontraba afectada de manera considerable (Tabla 8).

Parcela	Altitud (m)	Afectados (serrín)	No afectados	Total
1	619	53	8	61
		86.89%	13.11%	
2	615	50	4	54
		92.59%	7.41%	
3	550	19	43	62
		30.65%	69.35%	
4	524	26	36	62
		41.94%	58.06%	
5	541	17	36	53
		32.08%	67.92%	
Total		165	127	292

Tabla 7. *Grado de ataque actual, árboles con serrín, en cinco parcelas estudiadas.*

Parcela	Altitud (m)	Con manchas	Sin manchas	Total
1	619	9	53	62
		14.52%	85.48%	
2	615	15	39	54
		27.78%	72.22%	
3	550	23	39	62
		37.10%	62.90%	
4	524	21	41	62
		33.87%	66.13%	
5	541	17	40	57
		29.82%	70.18%	
Total		85	212	297

Tabla 8. *Grado de ataque pasado, árboles con manchas, en las cinco parcelas estudiadas.*

El total de árboles de las dos tablas anteriores no coincide, debido a que en algunos árboles, la decisión de si se encontraban o no afectados actualmente, era dudosa.

Agullana

En general, no se encuentra tan afectada: la infestación actual varía entre un 4.62% y un 21.95% (Tabla 9) y no ha aumentado (Tabla 10) con respecto al número de árboles que se encontraban afectados anteriormente.

Parcela	Altitud (m)	Afectados (serrín)	No afectados	Total
1	525	36	128	164
		21.95%	78.05%	
2	450	9	123	132
		6.81%	93.09%	
3	439	5	103	108
		4.62%	95.38%	
Total		50	354	404

Tabla 9. *Grado de ataque actual, árboles con serrín, en 3 parcelas estudiadas.*

Parcela	Altitud (m)	Con manchas	Sin manchas	Total
1	525	44	120	164
		26.82%	73.18%	
2	450	8	124	132
		6.06%	93.94%	
3	439	14	94	108
		12.96%	87.04%	
Total		66	338	404

Tabla 10. *Grado de ataque pasado, árboles con manchas, en las tres parcelas estudiadas.*

Tamaño de los árboles y ataque

Existen diferencias significativas entre las tres localidades estudiadas para las distribuciones diamétricas de sus árboles: F (2, 1433)=17.913, p< 0.001, siendo la localidad de La Vajol, la que difiere de las otras dos localidades (test post-hoc) presentando unos árboles de mayor tamaño: 39.5 ± 0.77 cm. de diámetro frente a Sant Hilari: 32.11 ± 0.37 cm. y Santa Coloma: 31.28 ± 0.47 cm.

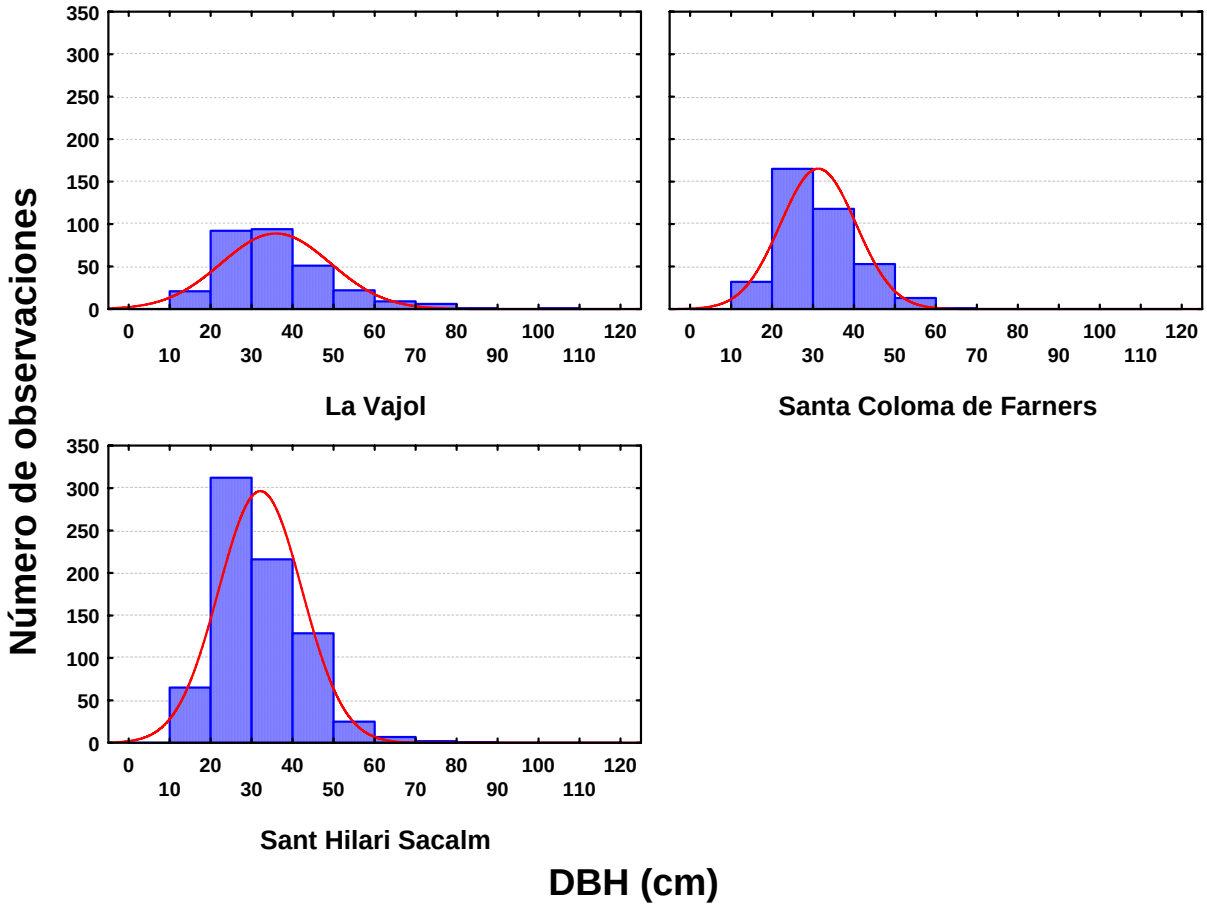

Fig.8. *Distribuciones diamétricas de los alcornoques estudiados según la localidad de procedencia.*

En ninguna de las tres localidades, la distribución de diámetros sigue una distribución normal (Test de Kolmogorov – Smirnov: Sant Hilari: D = 0.083, p< 0.01, n=757; Santa Coloma: D = 0.077, p< 0.05, n=382 y La vajol: D = 0.1147, p < 0.01, n=297).

En cuanto a la relación del diámetro del alcornoque con la probabilidad de estar o no afectado, los análisis de los datos, mediante ANOVA factorial, no muestran ningún patrón general, ya que en cada localidad se observan tendencias diferentes (Tabla 14). En el caso de Sant Hilari, existen diferencias significativas tanto para el factor manchas (atacado anteriormente): F (1,753)= 17.24, p< 0.001; como para el factor serrín (infestado): F (1,753)= 55.23, p< 0.001. No aparece, sin embargo, significación para la interacción (Fig. 9). Los árboles afectados tienen un diámetro mayor (Tabla 11).

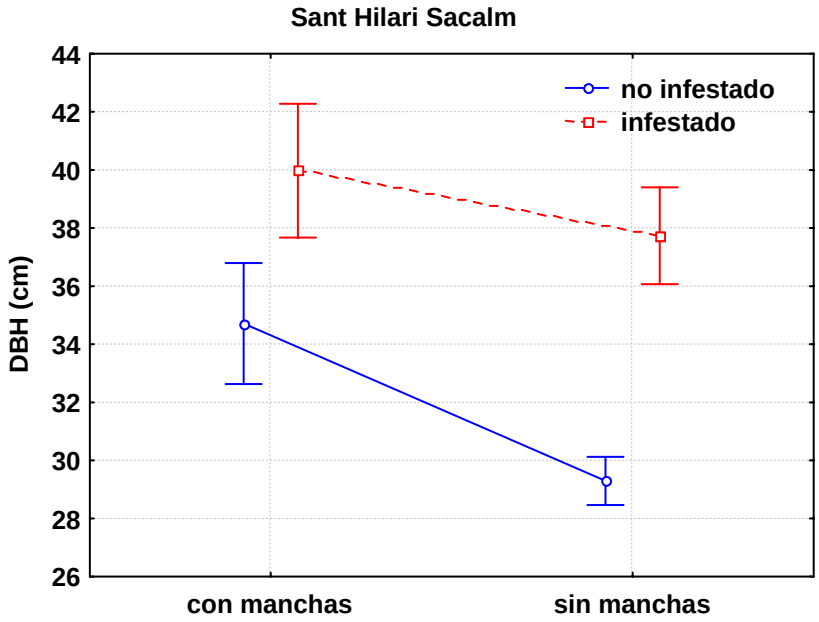

Fig.9. *Interacción de la infestación pasada (manchas) y la actual (serrín) sobre el tamaño medio ± d.e. de los árboles, n=292. El análisis no muestra diferencias: F (1, 753)= 2.977; p = 0.084.*

Sant Hilari	Nivel del factor	Nivel del factor (interacción)	n	DBH	d.e.
Total			757	32.11482	10.18778
infestado	no		571	30.03318	9.57573
infestado	si		186	38.50523	9.33749
manchas	si		142	37.08310	9.58346
manchas	no		615	30.96767	9.98383
Infestado*manchas	no	si	78	34.71210	9.59382
Infestado*manchas	no	no	493	29.29290	9.37053
Infestado*manchas	si	si	64	39.97276	8.80992
Infestado*manchas	si	no	122	37.73538	9.54764

Tabla 11. *Descripción de los valores medios de DBH, para cada uno de los factores estudiados y sus combinaciones. Nótese que los valores de DBH más altos, para esta localidad, coinciden con los árboles afectados, tanto ahora, como anteriormente, así como para los que reúnen ambas condiciones.*

En el caso de Santa Coloma, la media del tamaño de los árboles atacados actualmente y de los atacados en el pasado, no es diferente: F (1,378)= 1.67, p = 0.2, para los árboles infestados y F (1,378)= 0.51, p = 0.5 para los que poseen manchas. La interacción tampoco es significativa (Fig. 10). En definitiva no existen diferencias de tamaño en esta localidad.

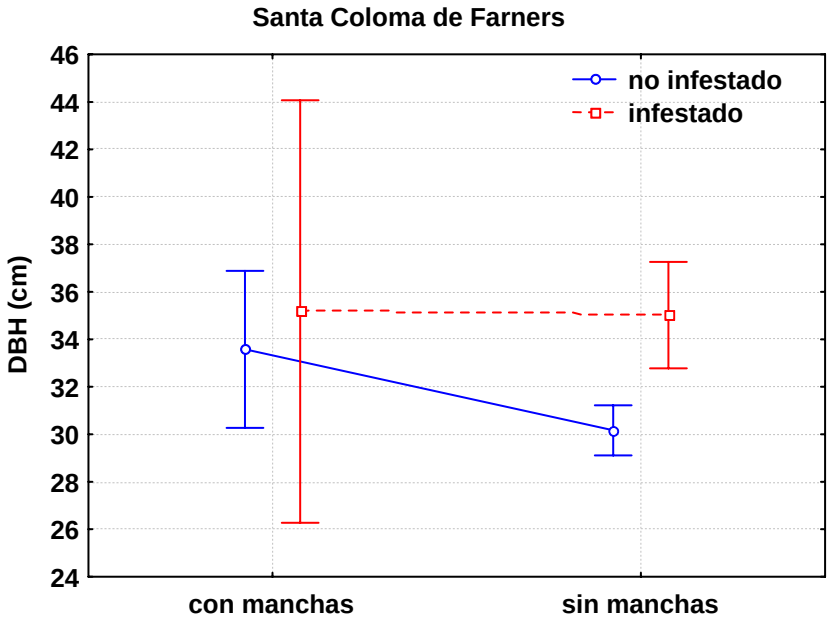

Fig.10. *Interacción de la infestación pasada (manchas) y la actual (serrín) sobre el tamaño medio ± d.e. de los árboles, n=382. El análisis no muestra diferencias: F (1, 378)= 0.425: p = 0.514.*

Santa Coloma	Nivel del factor	Nivel del factor (interacción)	n	DBH	d.e.
Total			382	31.27936	9.224355
infestado	no		315	30.48196	8.923046
infestado	si		67	35.02834	9.751396
manchas	si		33	33.76979	9.364603
manchas	no		349	31.04388	9.189654
Infestado*manchas	no	si	29	33.57620	9.773506
Infestado*manchas	no	no	286	30.16821	8.790047
Infestado*manchas	si	si	4	35.17324	6.395310
Infestado*manchas	si	no	63	35.01914	9.962132

Tabla 12. *Descripción de los valores medios de DBH, para cada uno de los factores estudiados y sus combinaciones. No existen diferencias significativas para ninguno de los factores estudiados.*

La localidad de La Vajol, presenta diferencias significativas para la media de tamaño respecto a los árboles con manchas: F (1,288)= 21.93, p< 0.001, no

así para los que están infestados: F (1,288)= 1.56, p = 0.21. Para la interacción, también se dan diferencias significativas (Fig. 11).

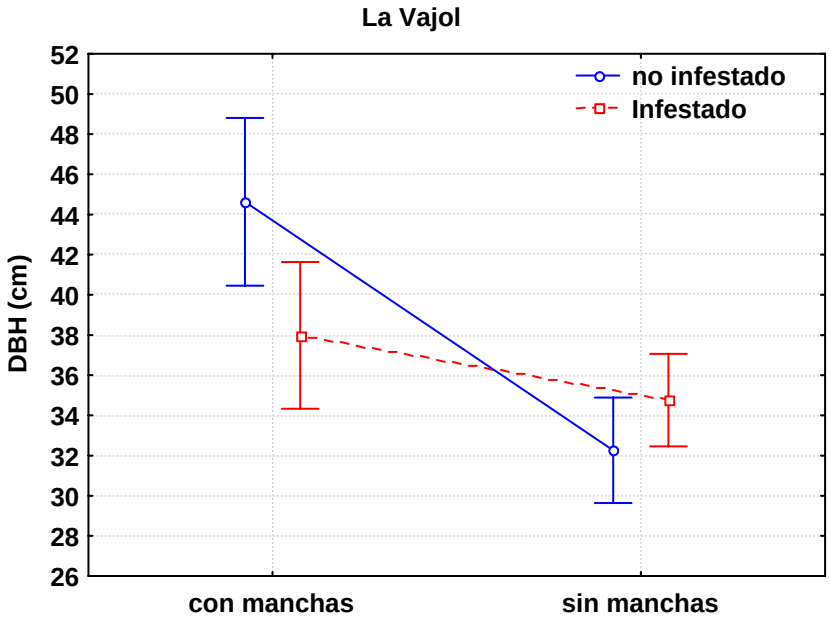

Fig.11. *Interacción de la infestación pasada (manchas) y la actual (serrín) sobre el tamaño medio ± d.e. de los árboles, n=292. Existen diferencias significativas para la interacción de los factores: F (1, 288)= 7.55; p = 0.006.*

La Vajol	Nivel del factor	Nivel del factor (interacción)	n	DBH	d.e.
Total			292	35.71611	13.22660
infestado	si		165	35.67579	12.95034
infestado	no		127	35.76851	13.62861
manchas	no		209	33.67079	11.88070
manchas	si		83	40.86639	15.00937
Infestado*manchas	si	no	118	34.75782	12.29526
Infestado*manchas	si	si	47	37.98046	14.34686
Infestado*manchas	no	no	91	32.26123	11.23086
Infestado*manchas	no	si	36	44.63412	15.21491

Tabla 13. *Descripción de los valores medios de DBH, para cada uno de los factores estudiados y sus combinaciones. No existen diferencias significativas para el factor infestado, sin embargo, sí son diferentes los árboles que presentan manchas, más grandes que los que no las presentan. La interacción también es significativa, pero, a diferencia de Sant Hilari, los árboles más grandes corresponden a los árboles que estuvieron atacados y ahora no lo están.*

Localidad	Infestado actualmente (serrín)		Infestado anteriormente (manchas)	
	Media ± d.e.	rango	Media ± d.e.	Rang0
La Vajol	36 ± 13	16 – 81	41 ± 15	19 – 104
Santa Coloma	35 ± 10	14 - 63	38 ± 9	20 – 55
Sant Hilari	38 ± 9	20 - 70	37 ± 9	17 – 64

Tabla 14. *Resumen, de las tres localidades, de los tamaños (DBH), en cm., de los árboles atacados actualmente y en el pasado.*

Infestación pasada y actual

Al igual que ocurre con la observación anterior, existe una variación muy importante entre las diferentes fincas estudiadas. Sí es general, sin embargo, el hecho, de que en todas las localidades, ha disminuido el número de árboles que continúa infestado después de un ataque anterior (manchas), con importantes diferencias entre las 4 localidades estudiadas: en Sant Hilari, el número de árboles que hace, aproximadamente 14 años, es decir, un turno de pela, estaban afectados (manchas) y que actualmente han dejado de estarlo, es del 55% (Tabla 15), en el caso de Santa Coloma, dicho valor, ha disminuido en un 88% (Tabla 16), prácticamente el doble que en La Vajol: 43%, (Tabla 17). En Agullana el 70% de los árboles con manchas actualmente no se encuentra infestado (Tabla 18).

Sant Hilari	Con manchas	Sin manchas	**Total**
No atacado	78 (0.14)	493 (0.86)	571
Atacado	64 (0.34)	122 (0.66)	186
Total	*142 (0.19)*	*615 (0.81)*	*757*

Tabla 15. *Relación de los árboles estudiados, con o sin manchas, en función de que estén atacados actualmente o no, para la localidad de Sant Hilari Sacalm. Entre paréntesis se indican las proporciones.*

Santa Coloma	Con manchas	Sin manchas	***Total***
No atacado	29 (0.09)	286 (0.91)	*315*
Atacado	4 (0.06)	63 (0.94)	*67*
Total	*33 (0.08)*	*349 (0.92)*	*382*

Tabla 16. *Relación de los árboles estudiados, con o sin manchas, en función de que estén atacados actualmente o no, para la localidad de Santa Coloma de Farners. Entre paréntesis se indican las proporciones.*

La Vajol	Con manchas	Sin manchas	**Total**
No atacado	36 (0.28)	91 (0.72)	127
Atacado	47 (0.28)	118 (0.72)	165
Total	*83 (0.28)*	*209 (0.72)*	*292*

Tabla 17. *Relación de los árboles estudiados, con o sin manchas, en función de que estén atacados actualmente o no, para la localidad de La Vajol. Entre paréntesis se indican las proporciones.*

Agullana	Con manchas	Sin manchas	**Total**
No atacado	45 (0.13)	311 (0.87)	356
Atacado	20 (0.42)	28 (0.58)	48
Total	*65 (0.16)*	*339 (0.84)*	*404*

Tabla 18. *Relación de los árboles estudiados, con o sin manchas, en función de que estén atacados actualmente o no, para la localidad de Agullana. Entre paréntesis se indican las proporciones.*

En términos de probabilidades (Tabla 19), la influencia de un ataque anterior sobre la probabilidad de estar infestado actualmente, varía entre localidades, es decir, la probabilidad de que un árbol este afectado actualmente, sabiendo que éste tiene manchas, aumenta en la localidad de Sant Hilari (test de diferencias entre proporciones: $p < 0.005$), no influye en la de Santa Coloma (test de diferencias entre proporciones: $p = 0.46$), ni en La Vajol (test de diferencias entre proporciones: $p = 0.9$), y si favorece dicha probabilidad en el caso de Agullana (test de diferencias entre proporciones: $p = 0.001$).

Localidad	p(S)	p(S|M)
Sant Hilari	0.25	0.45
Santa Coloma	0.17	0.12
La Vajol	0.56	0.57
Agullana	0.12	0.31

Tabla 19. *Infestación pasada (M) y ataque actual (S). La probabilidad de que se dé el suceso infestado, puede aumentar, en las poblaciones de Sant Hilari y Agullana, habiéndose dado el suceso manchas (infestación pasada). p(S): probabilidad de que un árbol se encuentre afectado actualmente, p(S|M): probabilidad condicional de que un árbol esté afectado actualmente, sabiendo que tiene manchas. En el caso de Santa Coloma y La Vajol, el hecho de que un árbol tenga manchas no influye sobre la probabilidad de que se encuentre afectado actualmente.*

3.5. DISCUSIÓN

Intensidad del ataque

La intensidad del ataque (proporción de árboles afectados actualmente, con o sin manchas) de *L. brunneus* es variable: desde un 12.5% en Agullana a un 56.5% en La Vajol, pasando por un 24.5% en Sant Hilari Sacalm y un 17.5% en Santa Coloma de Farners. Dicha variabilidad no sólo se da entre las localidades estudiadas, sino dentro de una misma zona, observándose, por ejemplo, diferencias tales como un 10.22% a un 45.39% para dos parcelas estudiadas en Sant Hilari. Es destacable, el hecho de que, para una misma localidad, como La Vajol, las dos parcelas menos afectadas correspondan a las de menor altitud, con una vegetación de carácter marcadamente mediterráneo y una mayor abundancia de hormigas, que indican un lugar relativamente más seco.

Sin hacer distinción de las localidades, podríamos hablar de una media de ataque actual del 27.72%, con máximos observados del 92.59% y 86.89% en La Vajol. Estudios recientes (Riba, 2005) muestran máximos de ataque del

44% en parcelas estudiadas en las *Gavarres*, para otra plaga importante del corcho: el perforador *Platypus cylindrus*.

Dada la considerable proporción de árboles afectados, sobre todo en algunas zonas, junto con el hecho de que en todas, salvo Agullana, el número de éstos ha aumentado, justifican la preocupación generada por esta nueva plaga, así como la necesidad de conocer mejor las particularidades de este organismo y encontrar medidas de control.

Tamaño de los árboles y ataque

En términos generales, el tamaño medio de los árboles atacados actualmente (con serrín) y de los árboles atacados en el pasado (con manchas) no es diferente. La diversidad observada en las tres localidades estudiadas no permite extraer ningún patrón general. Posiblemente, las diferencias de las clases diamétricas de las distintas localidades (Fig. 8) y la historia de explotación de cada caso concreto sean muy influyentes. A partir de 15 cm. de DBH ya se han observado árboles afectados, por lo tanto, incluso los árboles todavía no explotados, bornizos, pueden estar infestados. Este hecho, es indicativo de que esta nueva plaga no es el resultado de la explotación del corcho *per se*. Estudios realizados en las Gavarres, que comparan la evolución del diámetro (DBH) en función de la edad (Montero et al., 2005) cifrarían la edad de un alcornoque de 15 cm., como es el mínimo observado afectado, en unos 25 años aproximadamente. Generalmente, el alcornoque no debe descorcharse hasta que no ha llegado a un tamaño y edad adecuados, que suele rondar los 25 ó 30 años (Leosuber, 2005), es decir, que para cuando el árbol se encuentra cercano a su primera saca, la hormiga puede ya haber anidado en él. En definitiva, lo que determina que la hormiga se encuentre o no en un árbol, no es el diámetro del tronco, si no el grueso de corcho que sea capaz de albergarla.

No se ha encontrado ninguna relación entre el tamaño (diámetro) del árbol y el hecho de que esté infestado por *L. brunneus*, es decir, no hay un tamaño mínimo, por lo que hay que remitirse a la valoración mediante la presencia de serrín.

Infestación pasada y actual

Al igual que en los apartados anteriores, existe una importante variación entre las diferentes fincas, que no permite afirmar nada seguro, de manera general, sobre la influencia de una infestación pasada sobre una posible infestación actual. No obstante, a nivel particular, en las localidades de Sant Hilari y Agullana, sí se observa una clara influencia, aumentando, la presencia de manchas, en casi el doble, la probabilidad de estar infestado actualmente.

Pensando en la posible duración de una sociedad -Kéller & Genoud (1997) cifran la edad de algunas sociedades del género *Lasius* en: entre 5 y 10 años para *L. alienus* y más de 10 años para *L. niger* y *L. flavus*- y si este orden de magnitud pudiera aplicarse a *L. brunneus* puede ser posible, que un árbol afectado anteriormente también lo esté actualmente. Es decir, que una sociedad que se encuentre en un árbol, no desaparezca de éste, de manera natural, en el tiempo que ocupa el turno de la saca o pela del corcho y , por tanto, un árbol que tenia manchas continúe teniendo a la hormiga. Los resultados obtenidos parecen demostrar lo contrario, ya que, en todas las localidades, la proporción de árboles que han dejado de estar afectados ha aumentado, destacando el caso de Santa Coloma y Agullana con un 88% y un 70% respectivamente, mientras que el porcentaje de árboles afectados ha aumentado en todas. Es posible, que la duración media de las sociedades de *L. brunneus*, sea inferior a los 14 años del turno de pela, lo cual parece discutible, dado que incluso, pueden aceptar en el nido reinas después del vuelo nupcial (Collingwood, 1979), lo que les ofrece una duración prácticamente ilimitada. Desconocemos los motivos del descenso en el número de árboles infestados que lo estaban anteriormente. Evidentemente, en un árbol atacado en el pasado, que siga afectado hoy día, no tiene porque ser la misma sociedad que generó las manchas, la misma que vemos actualmente, dado que pueden producirse reinfestaciones del mismo árbol.

Alternativamente, aquel descenso podría deberse a que la pela, al eliminar las panas, dejando al descubierto los pulgones (ver más adelante) afectara negativamente a la sociedad de hormigas, ya sea de manera absoluta provocando su extinción , ya sea de manera parcial por una reubicación (=emigración) de la colonia a otro árbol.

4. BIOLOGIA DE LA HORMIGA

4.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El género *Lasius*, es uno de los grupos de hormigas que ha centrado más atención por parte de mirmecólogos europeos y norteamericanos, generando numerosas investigaciones sobre aspectos de su biología y taxonomía. Es bien conocido por sus llamativos vuelos nupciales y por atender y transportar áfidos, así como por la conducta parásita de algunas de sus especies (Wilson, 1955). Este último rasgo, caracteriza a tres de los cinco subgéneros que lo componen: *Austrolasius* (Faber), *Dendrolasius* (Ruzsky) y *Chthonolasius* (Ruzsky), parásitas temporales, incapaces de fundar nidos por sí solas y que utilizan los de los subgéneros C*autolasius* (Wilson) y *Lasius* (s. str.) (Fabricius) para fundar su propia colonia.

Todas las especies conocidas, presentan una única reina dentro del nido (monogínicas), salvo *Lasius neglectus* (Van Loon, Boomsma & Andrásfalvy) y *Lasius sakagamii* (del Japón), característicamente poligínicas y en las que el número de reinas puede llegar a ser enorme (Espadaler et al., 2004; Yamauchi et al., 1981 y 1982).

Curiosamente, los datos de mayor longevidad de reinas en cautividad descritos, pertenecen a este género: *Lasius flavus* (F.) algunas de sus reinas vivieron entre 18 y 22 años y una reina de *Lasius niger* (L.), que vivió 29 años (Hölldobler & Wilson, 1990).

Característicamente, presentan la capacidad de dejar rastros olorosos para marcar alguna fuente de comida y su división de castas, está basada en el polietismo temporal típico, con obreras jóvenes cuidando de la prole y las mayores saliendo a forrajear (Gomez, 2004).

Se conocen 104 especies, 33 de las cuales pertenecen al subgénero *Lasius* (s. str.), caracterizado por ausencia de reinas parásitas, y entre las que se incluye *Lasius brunneus*.

Muchos autores europeos, describen a *L. brunneus* como una especie tímida, adaptada a la vida en árboles viejos o muertos y relativamente frecuente en Europa (Bernard, 1968; Collingwood, 1979; Kutter, 1977; Seifert, 1992), sin embargo, pese a que el género *Lasius*, en general, es uno de los más

abundantes y familiares en la región holártica, y a la citada abundancia de *L. brunneus* en Europa, su biología general es prácticamente desconocida.

Teniendo en cuenta dicho desconocimiento y dado que uno de los objetivos principales del proyecto, es el de plantear posibles sistemas de control de la plaga, los diferentes aspectos de la biología de la hormiga estudiados, están claramente justificados y dirigidos a la obtención de información aplicable a la hora de decidir sobre los tratamientos, ya sea, por ejemplo, sobre la localización de posibles cebos, la cantidad consumible de estos o la época más idónea para realizar las aplicaciones. De esta forma, los aspectos sobre la biología de *L. brunneu*s que se han decidido estudiar son:

1) Actividad anual.

2) Estado alimentario*:*

- *Cuerpo graso,*
- *fuente de alimentación (pulgones) y*
- *volumen del buche.*

3) Probabilidad de la puesta de huevos por obreras.

4) Localización de la colonia en el árbol, ubicación de las diferentes castas.

4.2. ZONA DE ESTUDIO

Salvo la obtención de información general sobre la fuente de alimentación y la localización de los individuos dentro del árbol, cuyas observaciones se han realizado de manera general en todas las fincas estudiadas, por uno u otro motivo, (La Vajol, a 600 m de altitud, (UTM: 483175, 4695635), Santa Coloma de Farners a 600 m de altitud (UTM: 468277, 4639324) i Sant Hilari Sacalm (UTM: 457034, 4635524), a 846 m de altitud), todos los estudios se han llevado a cabo en la comarca de La Selva, Gerona, concretamente en una propiedad ubicada en el municipio de Sant Hilari Sacalm en la zona conocida como “Bosques de Reixac” (Fig. 12) (UTM: 457840, 4635190), a 748 metros de altitud y caracterizada por un clima húmedo (clima tipo B1 en la clasificación de Thornthwaite (ICC, 1996)), con una precipitación media anual que oscila entre los 950 y 1000 mm y una temperatura media anual de 13.5 ºC, se trata de un

alcornocal maduro con un estrato arbustivo formado básicamente por madroños, algunos robles y también helechos, actualmente en explotación y afectado considerablemente por la hormiga.

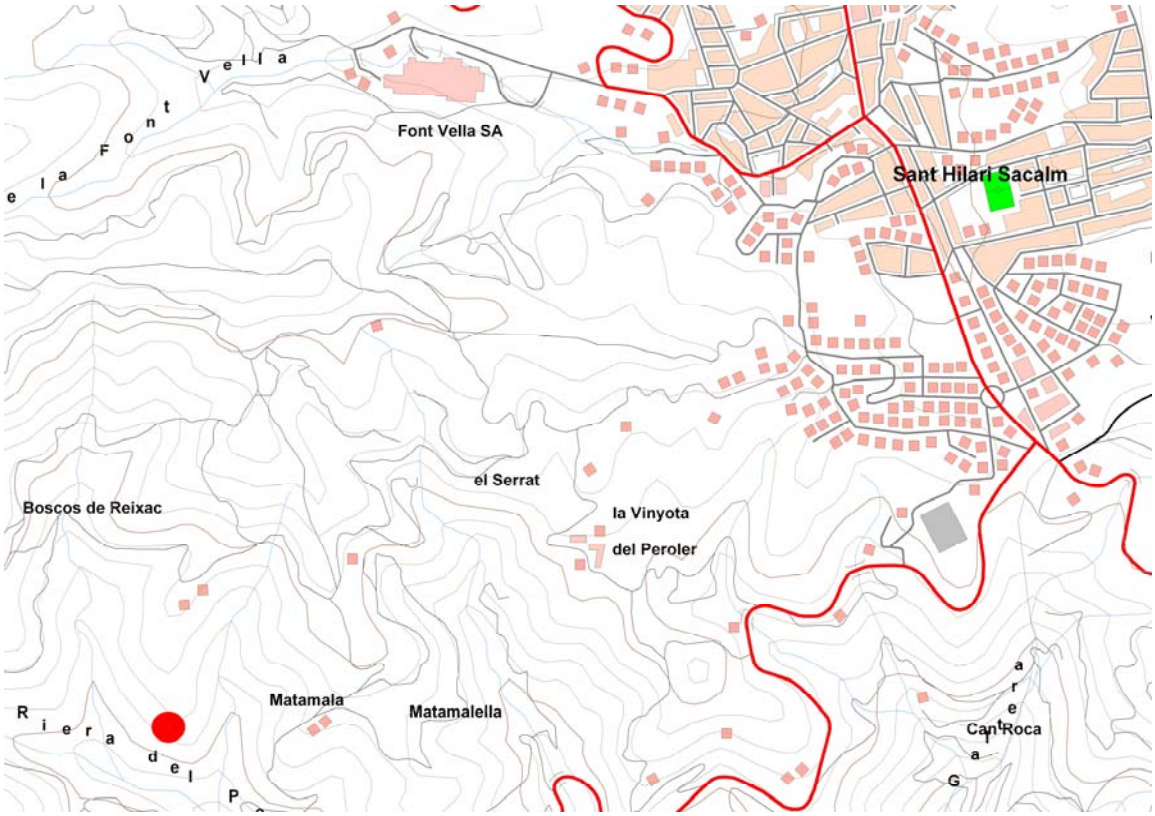

Fig. 12. *Situación de la finca en la que se han realizado las observaciones y recogido las muestras. El punto rojo representa la ubicación exacta.*

4.3. MATERIAL Y METODOS

Actividad anual

Aunque la información que pueda obtenerse de esta observación es muy general, puede ser útil de cara a planificar tratamientos. Es posible que, dado el excelente aislamiento que ofrece el corcho, la actividad exterior observada no se corresponda exactamente con lo que pueda ocurrir en el interior de los nidos, alargando el periodo de actividad durante las épocas desfavorables del año.

Para valorar la actividad de la colonia durante el año, se marcaron un total de 10 árboles, distribuidos por toda la finca, con rótulos de PVC, controlando la actividad de la colonia mensualmente, ya fuera de manera directa, mediante la observación de las hormigas corriendo por el tronco o por el rayado de las panas o, indirectamente, por la reposición de serrín en las rayas, previamente eliminado mediante un pincel. Además de anotar el número de árboles en el que permanecían activas, cada mes se controló la temperatura.

Estado alimentario

Cuerpo graso

La finalidad de esta observación es conocer, si lo hay, el mejor momento para la aplicación de un posible cebo, para ello, es importante hacer un seguimiento de la evolución del cuerpo graso. Las hormigas poseen un sistema de acumulación de reservas en el abdomen, denominado cuerpo graso (Fig.13), dicha reserva es acumulada en la proximidad del invierno y consumida tras éste, con el regreso de la actividad, el ciclo de acumulación y de consumo varia de unas especies a otras y puede depender también del clima. Cuando este reservorio es consumido, la búsqueda de alimento es inevitable y por tanto se abre una ventana de tiempo idónea para la administración de los cebos.

En los mismos árboles utilizados para valorar la actividad anual, se capturaron, también mensualmente, 20 obreras de los diferentes árboles, mediante un aspirador entomológico. Las muestras eran transportadas al laboratorio, donde se diseccionaban en solución salina, para cuantificar el contenido de cuerpo graso acumulado, los resultados se anotaban agrupándolos en tres clases (Billen, 1984): Cuerpo graso abundante (+), sin cuerpo graso (-) y cuerpo graso medianamente desarrollado (±).

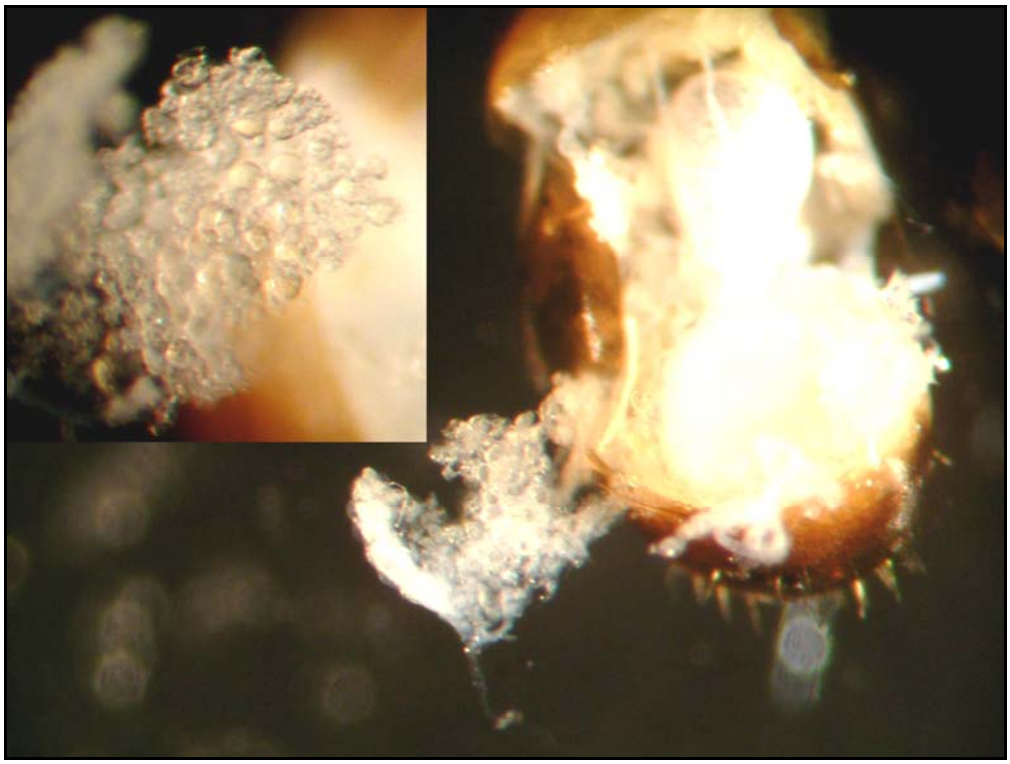

Fig. 13. *Aspecto del cuerpo graso de L. brunneus. A la izquierda se muestra, en detalle, el aspecto de los glóbulos de lípidos, a la derecha, un abdomen abierto, correspondiente al mes de octubre.*

Fuente de alimentación: pulgones

El conocimiento y control de las fuentes de alimentación de la hormiga, suponen una manera indirecta de ejercer una presión negativa sobre el crecimiento y desarrollo de las colonias. En el caso de *L. brunneus* tan sólo existen algunas observaciones locales realizadas en otros países y todas referentes a pulgones. En el catálogo de plantas huésped de pulgones de Nieto et al. (1984) se citan 5 especies en el alcornoque: *Hoplocallis pictus, Lachnus roboris, Myzocallis castanicola, Thelaxes suberi* y *Tuberculatus annulatus.*

Para obtener información sobre los pulgones que visitan y por tanto conocer las posibles fuentes de alimento de *L. brunneus*, se realizaron diferentes observaciones de manera regular, ya fueran mediante muestreos de las copas de los árboles estudiados, o bien, debajo de las panas, peladas para tal fin o, aprovechando la extracción de las mismas

para su uso comercial en las fincas estudiadas: La Vajol, Santa Coloma de Farners y Sant Hilari Sacalm.

Para el muestreo de las copas, se recolectaron ramas de 10 árboles, mediante pértiga y su correspondiente tijera de podar, durante dos meses consecutivos (junio y julio), transportando el material recogido en alcohol para su posterior identificación y clasificación en el laboratorio. En el caso de las observaciones bajo las panas, se extrajo con cuidado fragmentos de corcho, recogiendo los individuos adultos, con el aspirador entomológico, que se conservaron en alcohol para su clasificación y los huevos, con un pincel fino depositándolos en un nido artificial de metacrilato en los que se habían colocado previamente algunas obreras de hormigas, con la finalidad de poder observar a los adultos tras su eclosión.

Volumen del buche

Dentro de las variables estudiadas, el volumen que puede consumir una obrera, tendría una aplicación inmediata a la hora de decidir la cantidad de cebo necesaria para erradicar una colonia. Para obtener este dato se establecieron, en el laboratorio, un total de ocho nidos artificiales, donde se colocaron entre 17 y 20 obreras, recogidas previamente de la finca de estudio mediante un aspirador, en cada uno. Después de un ayuno de varios días, se les ofreció en placas de vidrio una gota grande de cebo comercializado: *Baygon*, compuesto de melazas fundamentalmente y un 0.6% de *foxim* como insecticida, sobre un soporte de plástico, comprobando que en todo momento no faltase y que estuviera disponible. Para valorar la cantidad que pueden ingerir las hormigas se procedió pesando las placas tres veces: vacía, con las obreras sin haber comido y con las obreras llenas después de alimentarse, mediante la diferencia de los valores conseguidos puede obtenerse la cantidad de cebo consumido y por tanto, utilizando los datos de los ocho nidos, conseguir la cantidad media que puede ingerir una única obrera.

Puesta de huevos por obreras

La finalidad de esta observación es saber si un nido, o fragmento, sin reina, puede permitir la continuidad de la colonia. En algunas especies de hormigas, generalmente tropicales, existe la posibilidad de que algunas obreras puedan poner huevos fértiles, por ejemplo, en la hormiga ponerina india *Harpegnathos saltador*, tras la muerte de la reina, ésta es substituida por un grupo de varias obreras, denominadas gamergatos, con capacidad reproductora (Peeters et al., 2000), sus obreras tienen la capacidad de producir huevos fértiles y, por tanto, reestablecer una colonia tras la muerte de su correspondiente reina. Es importante descartar, de esta especie en cuestión, dicha posibilidad, sobretodo de cara a su control.

Para esta observación se recogieron obreras de varios árboles mediante un aspirador entomológico, directamente sobre las rayas del tronco, o bien, excavando en la base del árbol, transportándose, seguidamente, al laboratorio, donde se colocaron 30 obreras en cada uno de los 4 nidos artificiales (Fig. 14) construidos para tal fin y un quinto, de mayor tamaño en el que se introdujeron algo más de 100 obreras. Cada uno de los nidos, consistía de una caja de metacrilato con un respiradero y una conexión a un tubo de vidrio, el cual, a su vez, conecta con un segundo tubo lleno de agua y separado del primero por una torunda de algodón, que provee al nido de la humedad necesaria. De esta manera, se consiguen, por un lado, una estancia para los individuos (tubo) y por otro lado un mundo exterior, la caja, donde ofrecerles el alimento.

Las obreras se mantuvieron durante los meses de septiembre a noviembre, salvo el nido que contenía 100 obreras, cuyas observaciones se iniciaron un mes antes, sin capullos ni larvas, en una cámara a 25 ºC, cada dos días se comprobaba la aparición de posibles huevos y se les proporcionaba alimento, consistente en dieta artificial (Bhatkar & Whitcom, 1970) (Anexo 1), que contiene las vitaminas y proteínas necesarias.

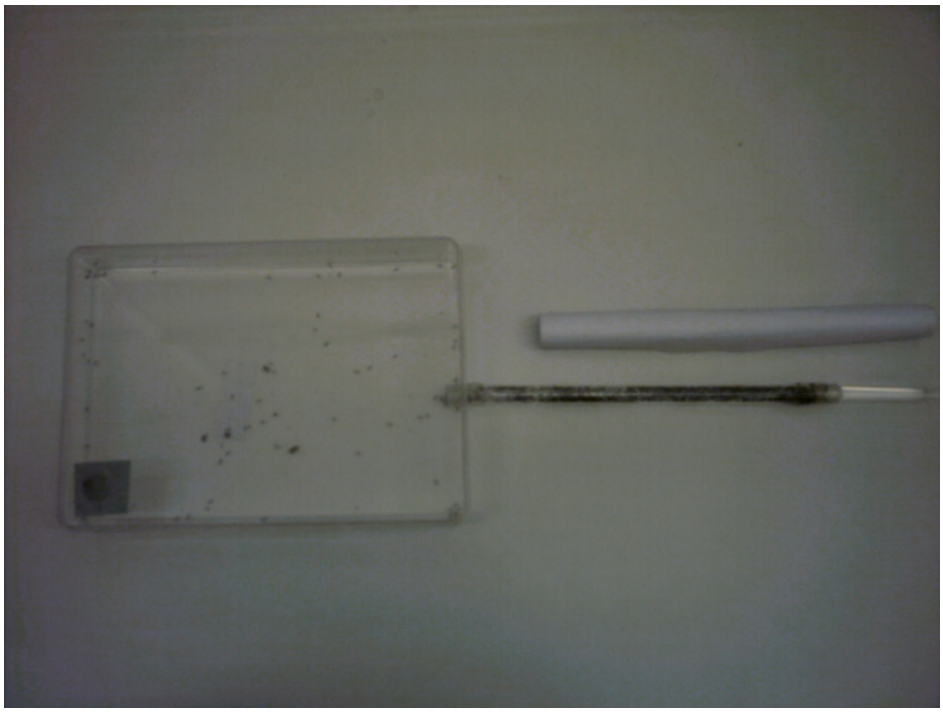

Fig. 14. *Nido artificial de metacrilato. La caja representa el mundo exterior mientras que el tubo de vidrio hace las veces de nido y contiene en el extremo de la derecha otro tubo con agua. Un simple tubo de papel sirve para proveer de oscuridad al nido.*

Localización de la colonia en el árbol, ubicación de las diferentes castas

Conocer la distribución de los individuos dentro del árbol puede resultar especialmente importante, dado que puede influir considerablemente sobre el método de control a seguir: si la ocupación es general y la distribución es difusa, el manejo de la plaga será mas complejo y cobrarán más importancia los tratamientos basados en la administración de cebos; por el contrario, si las hormigas se encuentran agrupadas, con las diferentes castas cerca, podrían considerarse otro tipo de sistemas de control, incluyendo insecticidas de contacto o, incluso, aquellos que comprendan cambios en la actividad de la saca del corcho. Otra información, igualmente importante, sería conocer, si la hay, la ubicación preferente de la reina. Con este fin, se han realizado observaciones en el mes de julio durante los años 2004 y 2005 a dos niveles: la pana y el bornizo, para el primer caso se acompañó a un grupo de trabajadores que se disponían a extraer el corcho y se observó igualmente, durante la pela, la disposición de los individuos bajo las panas de un total de 21 alcornoques. En el segundo caso, se extrajo el bornizo de cinco árboles, a una altura de

unos 50 cm. desde la pana, mediante una motosierra especial para la pela del corcho, observándose durante el proceso si había o no hormigas y como estaban situadas estas, los fragmentos se apartaron y transportaron al laboratorio para ser procesados convenientemente.

4.4. RESULTADOS

Actividad Anual

Como se observa en la gráfica (Fig. 15) se detecta actividad desde el mes de marzo en todos los árboles y continua durante todos los meses de la primavera, observándose un descenso durante los meses de agosto y septiembre. En el mes de octubre todavía se observaría actividad en la mitad de los árboles y se iniciaría el descenso definitivo previo al periodo de hibernación, que se extendería por los meses de noviembre, diciembre y enero.

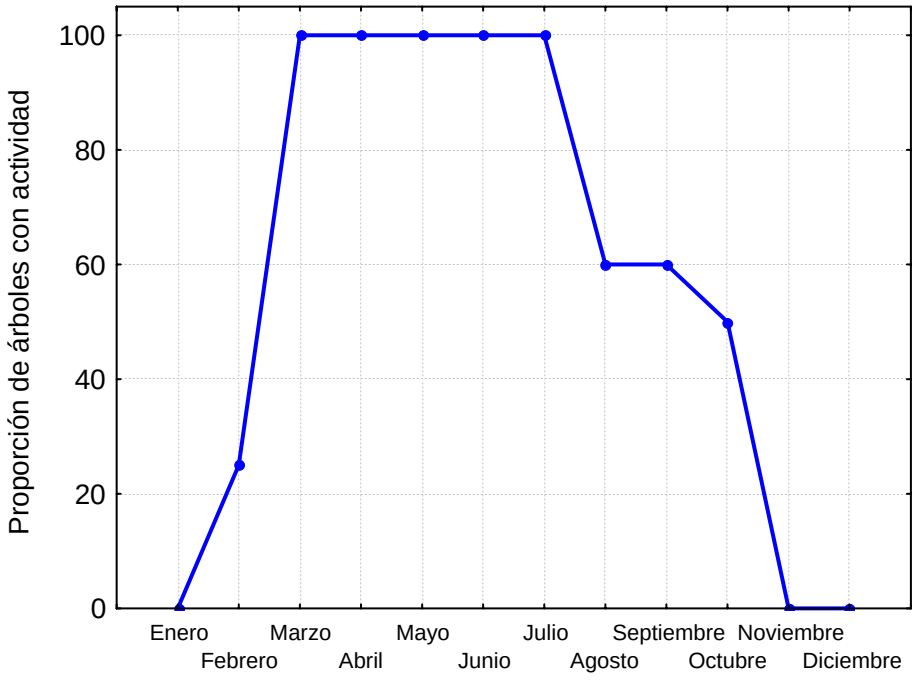

Fig. 15. *Representación de la actividad anual de L. brunneus.*

Estado alimentario

Cuerpo graso

Durante los meses de invierno, como se muestra en la Fig. 16, el cuerpo graso se mantendría lleno de reservas, las cuales disminuirían progresivamente con el inicio de la actividad, hasta desaparecer finalmente alrededor del mes de junio, a partir de ese momento las obreras se ven obligadas a encontrar fuentes de alimentación externas, tanto para su propio consumo, como para el resto de individuos en desarrollo así como la reina.

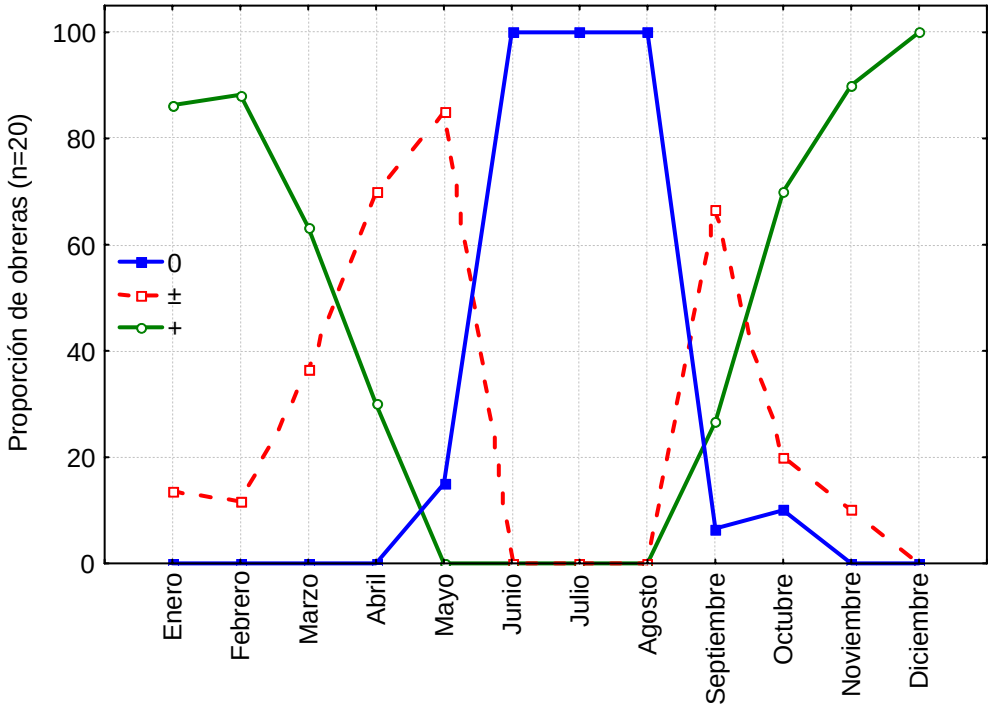

Fig. 16. *Evolución de la cantidad de cuerpo graso a lo largo del año. La proporción de obreras que tienen mucho (verde), medio (rojo) o que no tienen (azul) varia a lo largo del año, desde una ausencia total (final de mayo) a una presencia total (diciembre).*

Fuente de alimentación: pulgones

Los muestreos de las copas de los alcornoques, realizados durante el verano del 2002, fueron poco fructíferos, ya que no se encontró ningún

pulgón. Las muestras clasificadas en el laboratorio, sólo contenían algunos arácnidos, orugas (*Limantria dispar*) y algunas especies de hormigas, incluyendo *L. brunneus*, como *Dolichoderus quadripuntatus*, *Formica gagates y Crematogaster scutellaris*, esta última que también puede dañar el corcho. Sin embargo, en las observaciones realizadas bajo las panas (Fig. 17), se encontró tanto huevos como adultos de pulgones durante los meses de marzo a mayo, tanto en Sant Hilari Sacalm como en las otras fincas visitadas en Santa Coloma de Farners y La Vajol. Los adultos se clasificaron, en laboratorio, con la obra de Nieto et al. (2002), identificándose como *Stomaphis quercus* (L.) (Hom. Aphididae Lachninae).

Fig. 17. *Imagen obtenida tras extraer el corcho de la pana, se observan hembras de Stomaphis y huevos, estos últimos se encuentran sujetos al tronco por una sustancia segregada por la hembras durante la puesta.*

Los huevos mantenidos en laboratorio, recogidos en Sant Hilari Sacalm, estuvieron atendidos en todo momento por obreras de *L. brunneus, y* eclosionaron a principios de marzo, dando lugar a hembras fundadoras de *S. quercus* (Fig. 18). Durante el invierno, sólo se han observado huevos (Fig. 18) bajo las panas, (noviembre del 2003 en Sant Hilari).

Fig. 18. *A la izquierda: hembra fundadora, en un nido artificial en el laboratorio, recién salida del huevo y atendida por obreras de L. brunneus, se observa un largo pico que sobrepasa la longitud de su cuerpo pareciendo una cola. A la derecha, huevos de Stomaphis quercus de unos 3 mm, adheridos sobre un trozo de corcho, debajo de la pana.*

Volumen del buche

El consumo de los cebos se produjo rápidamente. Los resultados se resumen en la Tabla 20. Conociendo la densidad del cebo (1.3181) y realizando las operaciones oportunas puede deducirse la cantidad que puede ingerir una obrera que, expresada en volumen, corresponde a 0.27 µl por individuo.

Nido (Obreras)	Peso placa vacía (g)	Peso placa + obreras vacías	Peso placa + obreras llenas
1(19)	46.3386	46.3640	46.3700
2 (17)	48.8443	48.8695	48.8752
3 (18)	46.8548	46.8836	46.8870
4 (18)	47.1484	47.1783	47.1837
5 (19)	48.1614	48.1980	48.1973
6 (20)	------	46.6254	46.6336
7 (18)	47.2703	47.2966	47.3048
8 (20)	46.9268	46.9645	46.9622

Tabla 20. *Pesos obtenidos en el laboratorio correspondientes al consumo de melaza por obreras de L. brunneus. Los valores en rojo corresponden a nidos en los que algunas obreras quedaron enganchadas en la melaza y no pudieron ser evaluados.*

Puesta de huevos por obreras

En ninguno de los nidos observados ha aparecido ningún huevo, es decir, las obreras de *L. brunneus* son estériles.

Localización de la colonia en el árbol, ubicación de las diferentes castas

Las hormigas observadas bajo las panas de los 21 alcornoques pelados durante julio del 2004, no se encuentran agrupadas en un lugar concreto si no que se distribuyen, de manera escasa e irregular, siendo el verdadero espacio de la colonia el bornizo. En uno de los árboles estudiados, se encontró una reina (Fig. 19), dentro del bornizo, cerca de la pana. Es la primera encontrada en nuestro país.

Fig. 19. Reina *de L. brunneus atendida por sus obreras.*

En los árboles afectados se comprobó, igualmente, la presencia de al menos una docena de pulgones *Stomaphis* dispuestos bajo las panas y atendidos por las hormigas.

Para aquellos alcornoques a los que se peló el bornizo, se observó una imagen similar a la descrita anteriormente, si bien, en el corcho que constituye el bornizo, lleno de recovecos, es donde se encuentra la sociedad propiamente dicha, repleto de obreras, larvas y huevos, formando verdaderas *bolsas*, donde el corcho está tremendamente degradado, constituyendo una estructura similar a una *esponja* (Fig. 20), que puede albergar miles de individuos. La ubicación de dichos espacios no es constante ni en altura ni en orientación, pudiendo ser, además, reubicadas según las necesidades de la sociedad, aunque suele observarse mayor actividad en las zonas del árbol orientadas al norte.

Fig. 20. *Aspecto del corcho degradado por la hormiga.*

4.5. DISCUSIÓN

Actividad anual

Durante los meses de marzo a julio, *L. brunneus* presenta el periodo de máxima actividad. El descenso de la misma, iniciado a partir de julio, y continuado durante los meses de agosto y septiembre, podría explicarse por las altas temperaturas experimentadas durante los meses de verano del año 2003, particularmente julio y agosto, con la correspondiente disminución de la humedad que las acompaña que, en una especie de distribución norte europea como *L. brunneus*, sus efectos deben acusarse más. En general, la gran mayoría de hormigas mediterráneas no suelen soportar las altas temperaturas y la sequedad, tendiendo a penetrar más en el suelo durante el verano (Bonaric, 1971), en este caso, el corcho, debe ofrecer suficiente protección.
Durante el invierno, serán las bajas temperaturas las responsables de la disminución de la actividad, que se prolonga durante tres meses. Lo cual, no es muy diferente del ciclo que presentan otras especies autóctonas. La gran mayoría de ellas, previa acumulación de reservas, entran en hibernación durante los meses de más frío (Bonaric, 1971). Otras especies, ampliamente distribuidas, presentan ciclos similares, como: *Linepithema humile* (Mayr), con tres meses de hibernación, entre los meses de diciembre a febrero (Benois, 1973), o *Lasius neglectus* con dos y medio (Espadaler, 2005).
Hay una gran influencia, como se observa, de la temperatura y la humedad sobre el ciclo de actividad de *L. brunneus* y en general, de todas las hormigas.

En definitiva, existiría un periodo de tiempo de inactividad, al menos exteriormente, que comprendería unos tres meses y por tanto, el ciclo no diferiría del resto de las hormigas nativas.

Estado alimentario

Cuerpo graso

Al igual que otras hormigas autóctonas, *L. brunneus* acumula reservas para afrontar la hibernación. Tras este periodo, la búsqueda de alimento por parte de las obreras es inevitable, lo que ofrece una ventana de tiempo ideal para la aplicación de cebos, los cuales, probablemente, serán más fácilmente aceptados en el momento en el que las necesidades alimenticias son más elevadas. Aunque el cuerpo graso se acumula en otras zonas como: el intestino, bajo la cutícula, los túbulos de Malpighi y alrededor de los órganos, la principal distribución de las reservas se encuentra en el gaster (Cristina, 2005). La Fig.16 muestra, que dicho espacio se encuentra vacío, en cuanto a reservas, a partir de junio y por tanto, nos indica cual es el momento adecuado para realizar una eventual aplicación de cebos. Si tenemos en cuenta el ciclo anual de *L. brunneus*, la aplicación debería realizarse a partir del mes de junio pero antes de que éste mes acabe, para evitar los efectos de las elevadas temperaturas y la sequedad, que como hemos visto, afectan al ciclo de actividad.

Fuente de alimentación: pulgones

Stomaphis quercus ha sido citado en la Península Ibérica sobre *Quercus rotundifolia* y en otro lugares de Europa, sobre robles: *Q. robur*, *Q. petrea* y excepcionalmente en *Alnus glutinosa* y *Betula pendula* (Nieto et al., 2002). Se desconocía el alcornoque como huésped de este pulgón.
S. quercus tiene, en Europa central (cerca de Berlín, a unos 52.5ºN), un ciclo en el que las fundadoras aparecen en mayo y da lugar a dos generaciones virginógenas a las que sigue una generación de sexúparas a final de julio, las cuales producen los sexuados de finales de agosto a finales de septiembre. Los huevos aparecen de octubre a noviembre, momento en el que los pulgones mueren. Observaciones en Inglaterra, evidencian la relación de este pulgón con *L. brunneus* (Pontin,

1983). También se ha observado una relación similar para otros *Lasius* como*: L. fuliginosus* (Latreille) y *L. niger* (L.) (Hopkins, 1999). Según Lorenz & Scheurer (1998), la relación entre hormiga y pulgón es obligada para este último, ya que no sobreviven más de una semana sin las hormigas. En el norte de Italia (unos 45ºN; Piemonte), el ciclo es algo más largo, comenzando a finales de marzo y finaliza en noviembre, con la puesta de los huevos (Goidanich, 1956). En Cataluña, (42.5ºN), como en el resto del mediterráneo, el ciclo no debe ser muy diferente al de Italia y los ciclos deben estar adaptados a las condiciones que caracterizan el clima. Según Del Campo (1990), al menos 24 especies de áfidos en Cataluña, destacan por la aparición de fundatrigenas en invierno, resistentes al frío, que se resguardan en zonas protegidas del vegetal y que reinician su actividad cuando se superan los cero grados. Es muy probable que otras especies como *S. quercus* posean ciclos similares.

En definitiva, dado que en las tres fincas se encontró el pulgón, es indudable que constituye una fuente continua de alimento a partir de marzo, aunque desconocemos si es la más importante o incluso la exclusiva y, en cualquier caso, no difiere de los datos encontrados en la bibliografía consultada, que relacionan a *L. brunneus* con *S. quercus*.

Volumen del buche

El valor obtenido de ésta observación es fundamental de cara a decidir la cantidad necesaria en un tratamiento. Sin embargo, un dato desconocido, e igualmente importante, es la cantidad de obreras que pueden constituir, como promedio, una sociedad de *L. brunneus*. Se han realizado algunas valoraciones para otras especies, por métodos de marcado y de recapturas generalmente (Bailey, 1951 en Odum & Pontin, 1961), existen, no obstante, estimas de otras especies de *Lasius*: Odum & Pontin, 1961, cifran este valor, para *L. flavus,* en unas 10.000 obreras, como máximo, a través de estos métodos y del número de reinas aladas; Stradling, 1970, valora en más de 5.000 obreras, para *L. niger* y

Nielsen, 1972, en entre 9.700 y 18.000 para *L. alienus*, pero, en cualquier caso, nadie ha evaluado dicha cantidad para *L. brunneus*.

Si aceptamos las estimas del número de individuos para otros *Lasius* (unas 10.000 obreras) y consideramos que el consumo global de la prole es similar al de las obreras adultas, el valor a administrar, necesario para llegar a todos los individuos, es de unos 5 cc.

Estos aspectos de la alimentación de *L. brunneus*, reafirman la posibilidad de un tratamiento mediante cebos, ya que, como hemos visto, su alimentación parece basada, casi exclusivamente, en la melaza excretada por los *S. quercus*, y ayudan en la determinación de cuando y qué cantidad aplicar.

Puesta de huevos por obreras

Como en el caso de *Temnothorax allardycei*, cuyas obreras pueden poner huevos fértiles (Hölldobler, B. & Wilson, E.O., 1994), es sabido que en algunas especies de hormigas, sus obreras pueden hacerlo. Sin embargo, como hemos visto, las obreras de *L. brunneus* son estériles, de manera que un eventual tratamiento que consiguiera eliminar a la reina, terminaría también, a la larga, con la sociedad entera, dado que no podrían reconstituirla por ellas solas. No obstante, aunque es poco probable, debido a su carácter monogínico, es cierto que no puede descartarse, la posibilidad de adopción de reinas por parte de una sociedad huérfana (Collingwood, 1979).

Localización de la colonia en el árbol, ubicación de las diferentes castas

Aunque, si bien es cierto que existe mayor actividad, en las zonas orientadas al norte, la ubicación general de la sociedad dentro del árbol es difusa. De todas formas, cabe resaltar, que la localización de la reina y el grueso de la sociedad se encuentra en el bornizo y no en las panas de corcho, las cuales parecen ser más bien, lugares de paso o de alimentación (pulgones).

Por tanto, se descartan posibles tratamientos que exijan la aplicación directa sobre el nido, ya que sería muy difícil su localización en cada caso particular.

5. EXTENSIÓN GENERAL DE LA PLAGA

5.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El alcornocal es un bosque bien adaptado al clima Mediterráneo. Gracias al aislamiento térmico que el corcho le ofrece, el alcornoque rebrota después de los frecuentes incendios característicos de éste clima.

Su distribución, ocupa la región occidental mediterránea: Portugal, España, Francia, Italia, Marruecos, Algeria y Túnez (Fig. 21), son los países en los que se distribuyen los más de dos millones de hectáreas de alcornoque.

Fig.21. *Distribución del alcornoque.*
(Figura obtenida de URL: http://www.ceresnet.com/ceresnet/esp/taponero/tema1-1.html*, última visita agosto 2005).*

En Cataluña, el alcornoque se reparte en tres grandes zonas. En Gerona: la del Alt Empordà- La Albera, la del Montseny – Guilleries y la de las Gavarres – Ardenya (Botey et al., 2005). Aunque es relativamente abundante en el Montnegre, entre las zonas del Maresme y el Vallès Oriental, el alcornocal catalán se concentra en las comarcas de Gerona. En cuanto a su distribución, según la orografía, cabe destacar que el alcornoque, en Cataluña, puede encontrarse a más de 800m de altitud, pero prefiere altitudes inferiores a los 400m, decantándose ligeramente por orientaciones sudoeste y sur (IEFC, 2004).

Precisamente, los valores más extremos, se dan en las comarcas en las que se ha denunciado el ataque: Alt Empordà y La Selva, donde se superan los 800m. Este hecho, junto con las observaciones realizadas durante la caracterización de la plaga, hacen pensar en una posible relación de la distribución de la infestación con la altitud.

La escasa participación, en la respuesta, al aviso de la hoja informativa nº 1 del CPF (Espadaler y Rojo, 2002), ofrece una visión parcial de la posible extensión de la plaga, ya que desconocemos si la ausencia de más denuncias evidencian que la plaga está limitada a esas fincas o bien, corresponde al silencio de los propietarios. Por tanto, conseguir una estimación valida estadísticamente, del alcance geográfico de la infestación y el nivel de ataque (proporción de árboles afectados), quedaría dentro de las observaciones que consideramos importantes, para caracterizar la infestación y que puedan ofrecer criterios, de cara a la toma de decisiones sobre su control. De ésta manera, los objetivos de éste estudio serian:

1) Evaluar el grado de infestación, pasado y actual, en toda la extensión del corcho en Cataluña, no derivado de la información obtenida a través de las denuncias, y por tanto válido estadísticamente.
2) Explorar una posible relación de la infestación con la altitud y otras variables climáticas.

5.2. MATERIAL Y MÉTODOS

Las observaciones se realizaron durante los meses de enero a marzo del 2004. Para la realización de éste estudio se tomó, como base de partida, la información recogida en el *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya* (IEFC) (CREAF, 2001), basada en 10.600 parcelas realizadas en toda Cataluña. De las 1.020 parcelas en las que se encuentra el alcornoque, en grados de densidad variable (de 5 a 2.182 pies/ha), se escogieron, para facilitar el muestreo, aquellas parcelas con densidades superiores a 300 pies/ha. De todas ellas se seleccionaron parcelas, aleatoriamente y segmentadas por franjas de altitud (0 a 200m, 200 a 400m, 400 a 600m y más de 600m), hasta

un total de 15, para cada una de las categorías de altitud. En el caso de las parcelas situadas a más de 600m, sólo se obtuvieron 7, con esos requisitos, de manera que para obtener las ocho restantes, se rebajó el criterio de selección a una densidad mayor de 150 pies/ha. En definitiva, se visitaron un total de 60 parcelas aleatorias, que comprenden 6.000 árboles en total, en toda la extensión del corcho en Cataluña. En el anexo 2 se resumen las características de las 60 parcelas estudiadas.

En el campo, cada una de las parcelas se localizó mediante la ayuda de un GPS, una vez situados en el centro de la parcela, se anotaba la altitud y se procedía a la observación de un total de 100 árboles, escogidos al azar, anotando la presencia de serrín y/o manchas en cada caso.

Posteriormente, durante el invierno del 2005 y a raíz de los resultados obtenidos, se estudiaron un total de 14 parcelas, observando igualmente 100 árboles en cada una de ellas, y por tanto, un total de 1.400, con la intención de caracterizar los limites climáticos de la plaga, y que no se incluyeron en los análisis estadísticos de las 60 parcelas previas, ya que la obtención de las mismas, fue *a posteriori* y no de manera totalmente aleatoria, ya que su finalidad era más bien descriptiva (anexo 3).

Para la obtención de las diferentes variables, se combinó el mapa de puntos de las parcelas estudiadas, con las capas de diferentes variables climáticas obtenidas de la web del ICC, mediante la herramienta de combinación y análisis de capas: *CombiCap* v4.1 (Pesquer et al., 1999-2005) del programa SIG *MiraMon* v5.1 (Pons, 1994-2005), caracterizando, de esta manera, cada una de las parcelas estudiadas, no sólo con la altitud, sino también con un total de 7 variables climáticas más: *amplitud térmica*, *déficit hídrico anual*, *precipitación media anual*, *temperatura media anual*, temperatura media de agosto (mes más cálido), *evapotranspiración potencial* y *tipo de clima de Thornthwaite*, basado en la diferencia ponderada del índice de humedad y el de aridez, que genera 9 regiones de humedad, de las cuales 8, están presentes en Cataluña. En las bases de datos, los valores de cada variable, están expresados por intervalos, para su análisis, se ha tomado la media de los dos valores que delimitan cada clase, como marca de clase, salvo en el régimen de lluvias, dado que es una variable totalmente cualitativa. Adicionalmente, se

calculó sobre el mapa, la *distancia al mar* de cada una de las parcelas, lo que suma un total de 9 variables estudiadas.

Para el análisis estadístico, se realizó un análisis de la varianza, ANOVA de una vía, para determinar si existían diferencias entre los grupos de parcelas infestadas o sanas para las variables estudiadas. Mediante un test *a posteriori* de Bonferroni, se determinó cuales de éstas variables, no eran diferentes y no se incluyeron en el análisis general. De manera previa a éste análisis, se realizó un análisis de componentes principales, que facilita el entendimiento de los datos, y se descartó multicolinealidad entre las diferentes variables escogidas, incluyendo en el análisis, todas las variables cuyo *factor de inflación de la varianza (*FIV) fuera inferior a 10 (Kleinbaum et al. 1988), entendido éste, como el inverso de la *Tolerancia*.

Finalmente, se analizaron los datos mediante un *modelo linear generalizado*, aplicando una *regresión múltiple* de tipo *logística*, dado que la variable dependiente es presencia o ausencia de la hormiga.

Todos los análisis se realizaron con el programa *Statistica* v6.0 (Statsoft, 2003), para el modelo lineal generalizado se utilizó el programa S-Plus v6.2 (Insightful, 2003).

5.3. RESULTADOS

De las 60 parcelas estudiadas, se encontró la hormiga en 10 de ellas (Fig. 22), coincidiendo con los indicios de una relación con la altitud, todas, salvo una, por encima de los 600m. La parcela de menor altitud, localizada en Maçanet de Cabrenys, se encuentra a 470 m y corresponde a un clima mucho más húmedo (Húmedo tipo III (B3)) que el resto de las infestadas (Húmedo (B1)). Los resultados obtenidos quedan resumidos, teniendo en cuenta la altitud, en la Tabla 21:

Altitud			
0-200	200-400	400-600	600-1000
0 (15)	0 (15)	**1** (15)	**9** (15)

Tabla 21. *Repartición de las parcelas con L. brunneus según la altitud. Entre paréntesis se indica el número de parcelas estudiadas.*

Ninguna de las parcelas afectadas, se encuentra por debajo de los 400m de altitud.

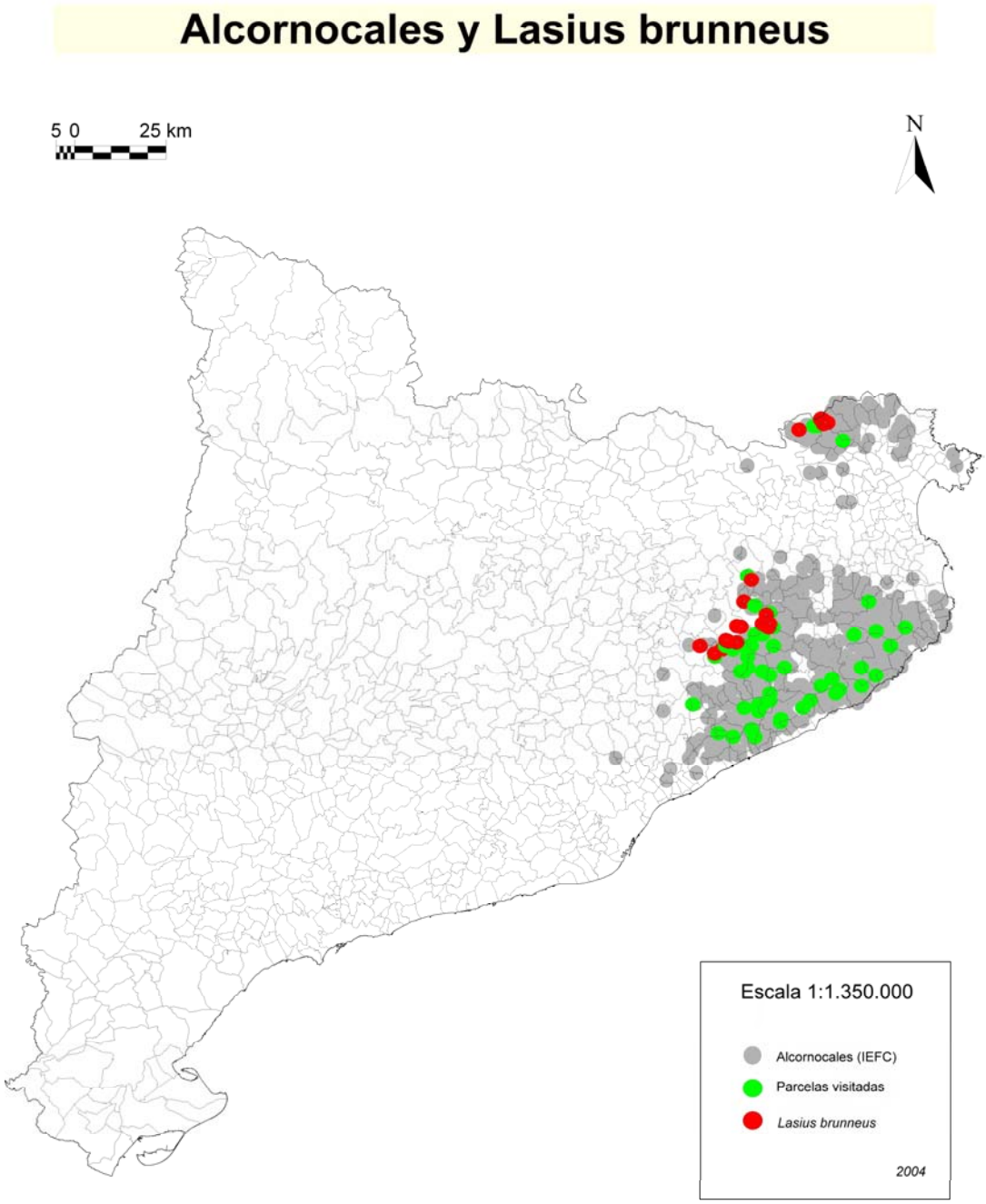

Fig.22. *Resumen de las parcelas visitadas (puntos verdes), los puntos rojos representan los lugares donde se ha encontrado L. brunneus, incluyendo las denuncias. En gris, parcelas del IEFC en las que está presente el alcornoque*.

El ANOVA de una vía (Tabla 22) muestra diferencias significativas entre los dos grupos de parcelas estudiados: infestadas y no infestadas, para las distintas variables, consideradas conjuntamente.

	Test	Valor	F	Efecto	Error	p
Interacción	Wilks	0.000426	13037.40	9	50	0.000000
L. brunneus	Wilks	0.556636	4.43	9	50	0.000273

Tabla 22. *Resultados del ANOVA de una vía, en el que se muestra diferencias significativas entre los grupos de parcelas infestadas y no infestadas, para las distintas variables estudiadas.*

El test a posteriori de Bonferroni, evidencia que la Amplitud térmica y la Evapotranspiración potencial no son diferentes entre ambos grupos (p = 0.076 y p = 0.204 respectivamente) y, por tanto, no se incluyen en el análisis final, el resto, es significativamente diferente (p<0.05 en todos los casos).

En ninguna de las variables restantes, el índice de inflación de la varianza (FIV), supera el valor 10 (Tabla 23), por lo que se descartan posibles problemas de multicolinealidad y se incluyen todas las variables.

	Altitud	Def. Hid. An.	Prec. M. An.	Tª M. An.	Tª M. Agosto	Tipo Clima	Dist. mar
FIV	7.14	4.35	5.90	3.45	2.94	6.25	7.14

Tabla 23. *Valores del índice de inflación de la varianza (IFV), ninguno supera 10.*

El análisis de componentes principales separa bastante bien las parcelas infestadas de las que no lo están. La distancia al mar y el déficit hídrico anual, presentan los valores absolutos de coordenadas factoriales más elevados (Tabla 24). En conjunto, los dos primeros factores explican un 86.31% de la variación (Figs. 23 y 25). En la Fig. 24 se observa como una mayor altitud, pluviometría, humedad (Thornthwaite) y distancia al mar caracterizan a las parcelas afectadas.

	Factor 1	**Factor 2**	**Factor 3**	**Factor 4**	**Factor 5**	**Factor 6**	**Factor 7**
Altitud	-0.894602	-0.250202	0.163022	0.268593	-0.104908	-0.054221	0.156275
Def. Hid. An.	0.897549	-0.185751	-0.111803	-0.132183	-0.355963	-0.043622	0.036300
Pre. M. An	-0.880888	0.312999	-0.266339	0.036627	-0.036682	-0.223336	-0.050653
T M. An.	0.788406	0.449968	-0.239186	0.326916	-0.009499	0.097357	0.047874
T M. Ago.	0.655629	0.666149	0.333053	-0.045206	-0.018100	-0.109443	0.033520
Tipo Clima	-0.852488	0.387488	-0.120591	-0.277937	-0.011140	0.109475	0.138626
Dist. mar	-0.904545	0.268166	0.133783	0.081646	-0.224633	0.130191	-0.133834

Tabla 24. *Coordenadas factoriales de las variables basadas en las correlaciones.*

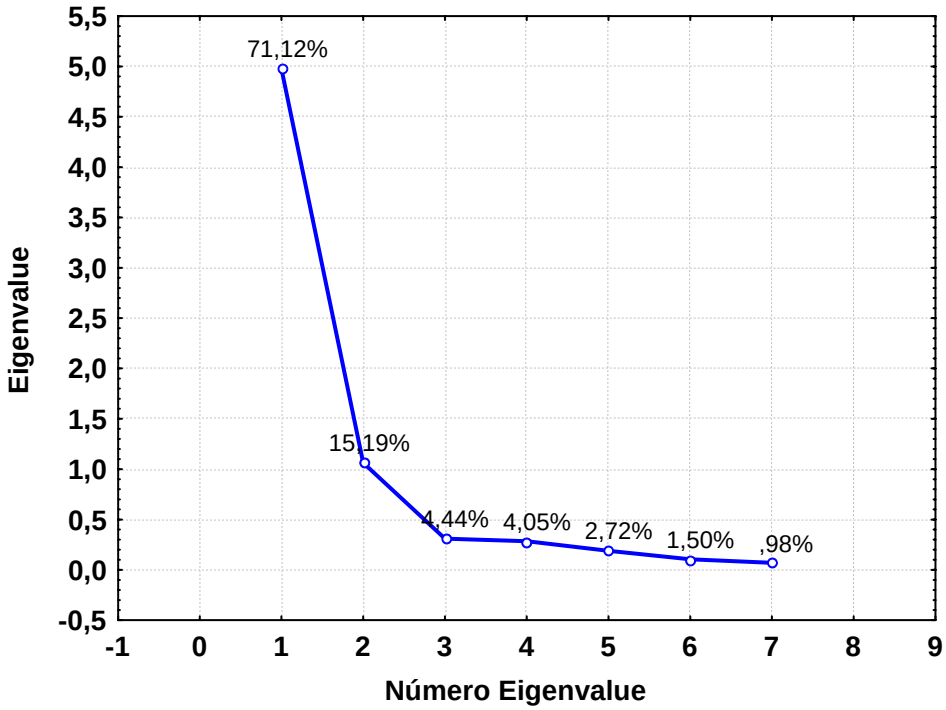

Fig. 23. *Representación de los porcentajes de la variabilidad que explica cada factor.*

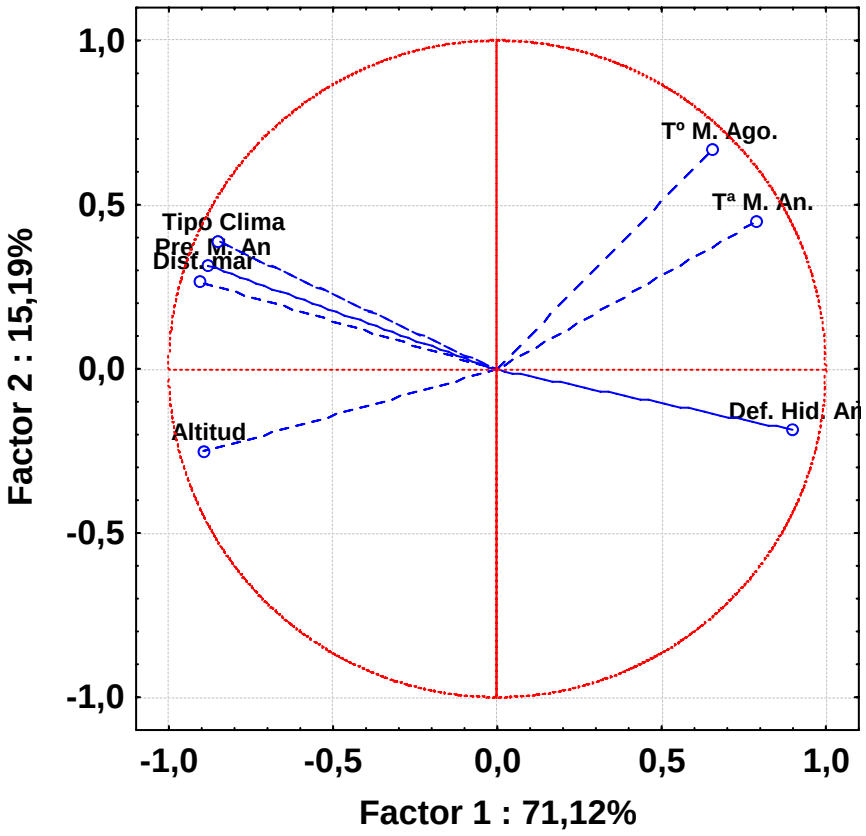

Fig. 24. *Ordenación de las variables independientes en el espacio definido por los dos primeros factores.*

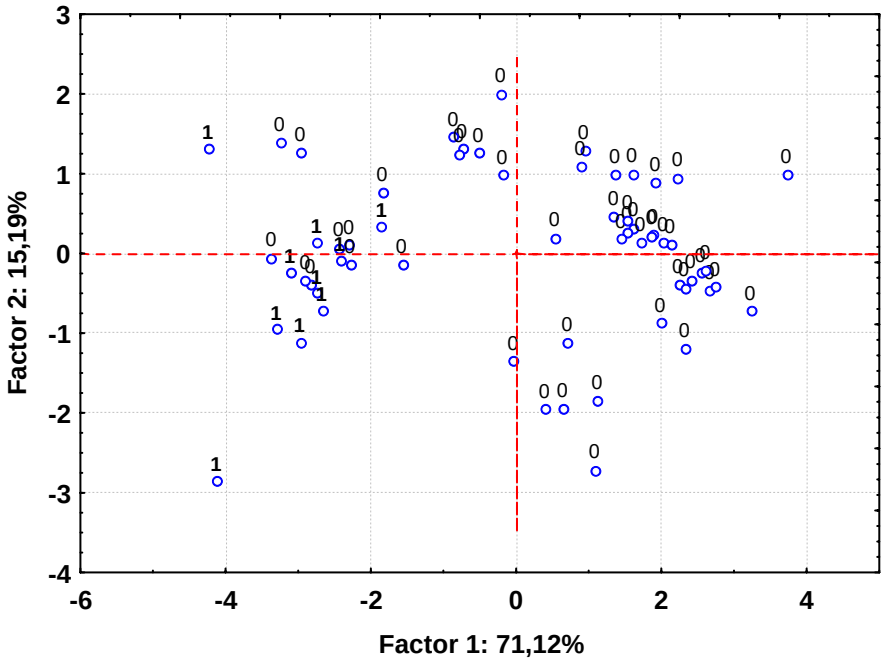

Fig. 25. *Ordenación de las 60 parcelas en el espacio definido por los dos primeros factores: (0: parcelas sin hormiga, 1: parcelas con hormiga).*

Modelo generalizado lineal

La Tabla 25 muestra correlación entre la altitud y el clima con la presencia de *L. brunneus*. La distancia al mar presenta un valor elevado, pero no llega a entrar en el modelo; el resto de variables no son indicativas.

	Valor	E.S.	t
(Intercept)	-7.527.727.903	114.085.530.427	-0.0659832
ALTITUD	0.10272728	0.05506411	1.8655940
DEF. HID. AN.	0.11143265	0.88033389	0.1265800
PRE. M. AN.	-0.01686414	0.02315220	-0.7284036
T .M. AN.	314.262.683	8.741.368.504	0.0359512
T. M. AGO.	-230.046.074	194.039.589	-1.1855626
TIPO CLIMA	0.61921212	0.35305622	1.7538627
DIST. MAR	0.12106814	0.16587606	0.7298711

Tabla 25. *Sumario del modelo lineal generalizado, muestra los valores obtenidos en la regresión logística, para la variable dependiente: infestada o no infestada (presencia o ausencia de L. brunneus). Los valores más altos (resaltados en color) de la altitud y el tipo de clima evidencian significación (p<0.05).*

La ubicación, sobre el mapa de regiones de humedad, de las 60 parcelas visitadas, evidencia la relación de las parcelas infestadas con zonas más húmedas (Fig. 26).

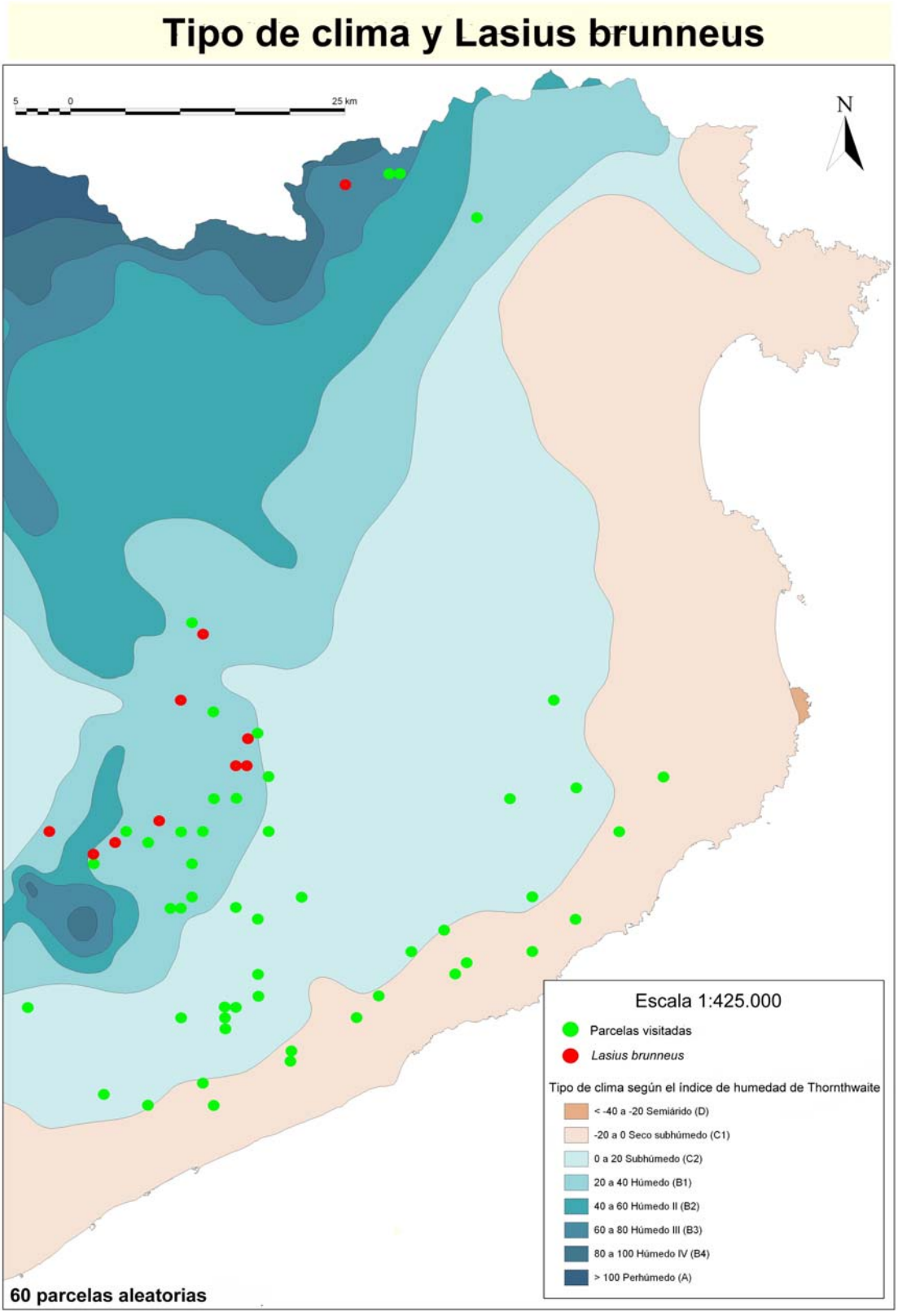

Fig. 26. *Relación entre la presencia de Lasius brunneus y el tipo de clima. La hormiga se encuentra en los climas Húmedo (B1) y Húmedo III (B3).*

Teniendo en cuenta que no sólo la altitud, sino que también, el tipo de clima de Thornthwaite (regiones de humedad), presentan significación, resulta útil, una reordenación de las parcelas, teniendo en cuenta ambas variables (Tabla 26). De ésta manera, se observan combinaciones de clima y altitud, que no han sido estudiadas en las 60 parcelas aleatorias (indicadas en gris en la tabla) y que se estudiaron posteriormente, con la finalidad de delimitar los límites de la extensión de la plaga.

Tipo de clima (índice de humedad de Thornthwaite)	Categorías de Altitud (m)			
	0-200	200-400	400-600	600-1000
Semiárido (D)	-	-	-	-
Seco subhúmedo (C1)	0 (6)	0 (5)	0 (2)	-
Subhúmedo (C2)	0 (8)	0 (8)	0 (4)	**1** (2)
Húmedo I (B1)	0 (1)	0 (2)	0 (6)	**9** (15)
Húmedo II (B2)	0 (2)	0 (2)	**1** (2)	**1** (2)
Húmedo III (B3)	-	**1** (2)	**1** (3)	**2** (2)
Húmedo IV (B4)	-	-	-	-
Perhúmedo (A)	-	-	-	-

Tabla 26. *Reordenación de las parcelas estudiadas. Se indica: el número de parcelas con L. brunneus (resaltado en negrita) para cada combinación de clima y altitud, entre paréntesis se indica el número de parcelas visitadas. -: indica la ausencia de corcho en esta combinación. Las casillas en gris pertenecen a las 14 parcelas estudiadas independientemente de las 60 aleatorias.*

La reordenación, incluyendo estas nuevas parcelas, muestra una tendencia de la presencia de parcelas infestadas, en la diagonal inferior de la tabla, es decir de mayor altitud y/o humedad. De las 14 nuevas parcelas estudiadas, se encontró *L. brunneus* en 7 de ellas.

Una reordenación similar de las 1020 parcelas con alcornoque del IEFC (Tabla 27), evidencia que las combinaciones de clima y altitud que presentan *L. brunneus*, coinciden con algunas de las menos numerosas en cuanto a presencia de alcornoques.

Clima	
Semiárido (D)	0 (0%)
Seco subhúmedo (C1)	301(29.5%)
Subhúmedo (C2)	477(46.8%)
Húmedo I (B1)	168(16.5%)
Húmedo II (B2)	47 (4.6%)
Húmedo III (B3)	21 (2%)
Húmedo IV (B4)	0 (0%)

Altitud	
0-200m	425 (41.6%)
200-400m	451 (45%)
400-600m	104 (10.2)
600-800m	27 (2.6%)
800-1000m	5 (0.5%)

Tabla 27. *Distribución de las 1020 parcelas con alcornoques del IEFC según el tipo de clima y la altitud, entre paréntesis se indica la proporción relativa de cada combinación. En color se resalta las combinaciones en las que se ha detectado L. brunneus.*

En cuanto a la intensidad de infestación, en las 10 parcelas en las que se encontró *L. brunneus,* las proporciones de infestación (anexo 2) son muy variables, al igual que ocurría con las parcelas de las fincas denunciadas. Varían entre un 1% y un 35% en cuanto a infestación actual y entre un 2% y un 57% respecto a la infestación pasada. De manera general, aunque igualmente variable entre parcelas, existe una tendencia al aumento en el número de árboles afectados, aunque lógicamente, no puede calificarse como plaga en todas las localidades donde se ha encontrado *L. brunneus*.

A modo de resumen, considerando la información obtenida, la Fig. 27, muestra el conjunto de parcelas donde se ha encontrado *L. brunneus* (puntos rojos) y resalta aquellos puntos, no visitados, que dada la combinación de clima y altitud que presentan, son susceptibles de estar infestados (puntos amarillos), es decir: una altitud de más de 600m o bien, una inferior a ésta pero con un clima más húmedo, a partir de los 400m en un clima húmedo tipo II y en cualquier altitud, para el clima húmedo tipo III.

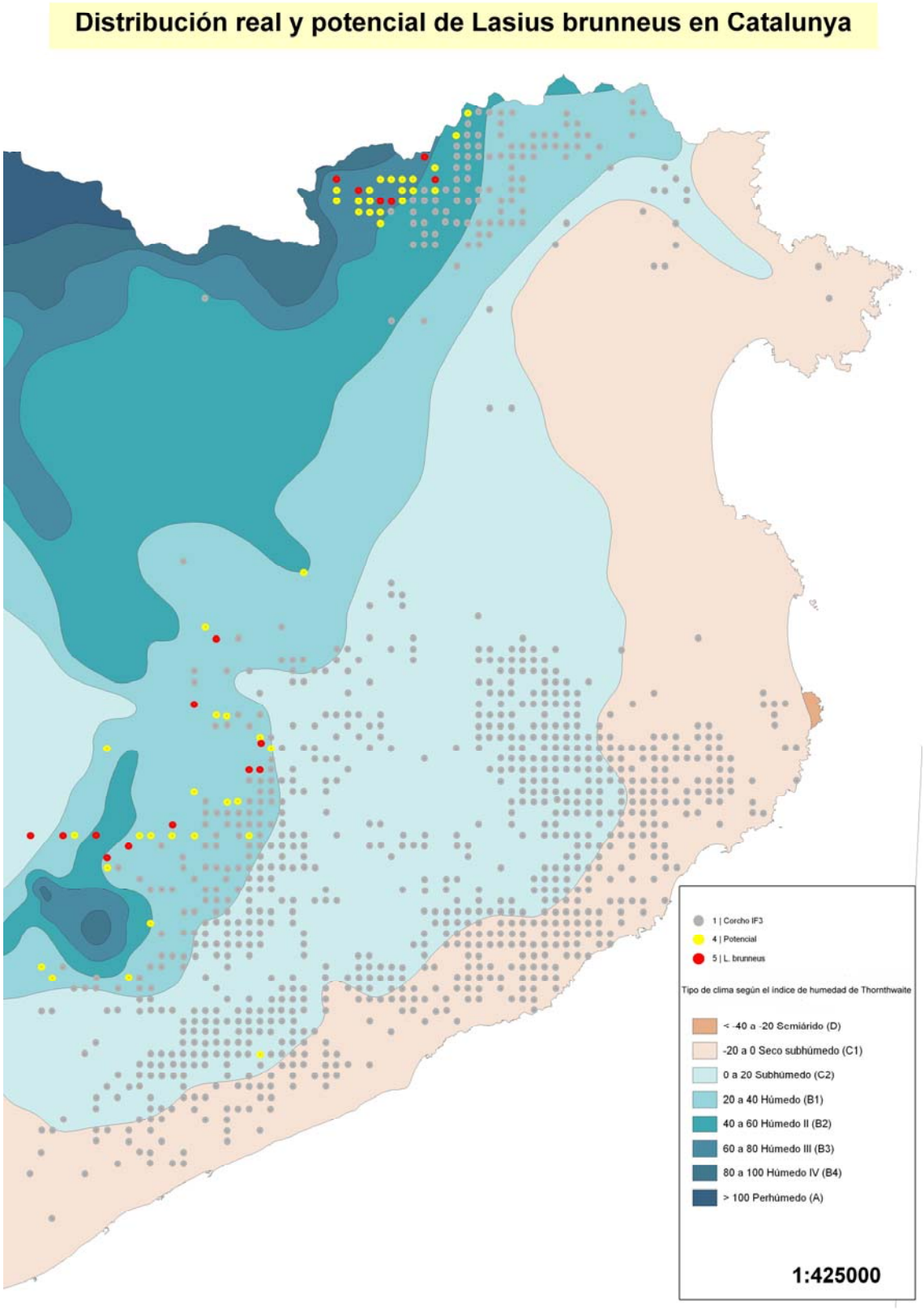

Fig. 27. *Distribución real (puntos rojos) y potencial (puntos amarillos) de L. brunneus, teniendo en cuenta las dos variables que han resultado significativas en el modelo: Altitud y Tipo de Clima de Thornthwaite. Puntos grises: parcelas con alcornoque según datos del IEFC.*

5.4. DISCUSIÓN

Existe una demostrada relación, entre la altitud y el tipo de clima con la presencia de *L. brunneus.* La plaga se encuentra limitada geográficamente a tres comarcas: Alt Empordà (Agullana, Maçanet de Cabrenys y La Vajol), La Selva (Sant Hilari Sacalm, y Santa Coloma de Farners) y Osona (Espinelves y Viladrau) y altitudinalmente, ya que no se ha encontrado por debajo de los 400m de altitud. Dada la naturaleza aleatoria de las parcelas estudiadas, puede afirmarse que los resultados son válidos para toda la extensión de Cataluña, pudiéndose afirmar que no existe plaga fuera de estas zonas. A la limitada distribución de la plaga, hay que añadir, como ilustra la Tabla 27, el hecho de que la zona ocupada por *L. brunneus*, corresponde a una combinación de clima y sobretodo altitud, al límite de las preferencias del alcornoque, que, como se citaron anteriormente, corresponden a altitudes por debajo de los 400m y con una ligera preferencia por las orientaciones situadas entre el sur y el sureste (CREAF, 2004). En este sentido, hay que destacar el hecho de que muchos alcornocales, han estado forzados artificialmente en áreas que se encuentran fuera de su óptimo ecológico (Botey et al., 2005). Las altitudes de las zonas más afectadas, se encuentran alrededor de los 700m, más propias de otras especies forestales como el castaño, especie por otro lado, en la que también suele describirse la presencia de *L. brunneus*. (Bernard, 1968; Donisthorpe, 1927). El inicio, reciente, de la plaga, hace unos 25 ó 30 años, equivalente a dos turnos de pela, aproximadamente, (detectado a través de las manchas), así como el desconocimiento del efecto de un aumento de temperatura sobre la tasa de puesta de las reinas, permiten especular sobre la posible acción del cambio climático sobre el traslado de ésta especie a un nuevo nicho para nidificar: el corcho. El aumento de temperaturas experimentado en el mediterráneo, en las últimas décadas (Piñol et al., 1998), podría haber influido en la búsqueda de nuevos lugares de nidificación, que permitan cierto aislamiento térmico; el corcho, sin duda, lo ofrecería. Por otro lado, el aumento de temperatura, más moderado, que pueda experimentarse bajo el corcho, puede haber favorecido el aumento de la tasa de puesta de las reinas y por tanto la infestación que observamos. La mayor proporción de alcornocales en explotación - más del 86% - se encuentra por debajo de los 400m y por tanto,

con independencia de los efectos que pueda tener el cambio climático (en principio, contrarios a las necesidades de *L. brunneus*) u otros factores externos propios de la explotación del corcho, al menos a corto plazo, se encuentran fuera del peligro de ésta plaga.

En definitiva, parece que un clima más fresco y húmedo, propios de zonas más altas o del norte del país, favorecen la presencia de *L. brunneus*, algo aparentemente muy lógico, teniendo en cuenta la distribución preferentemente centro-europea de la hormiga. Es posible que la limpieza del matorral, que favorece la aireación y la entrada de luz (Montero et al., 1994), pudiera incomodarla, al favorecer un ambiente más Mediterráneo, menos propio de su hábitat original. Por otro lado, el abandono que han sufrido algunas fincas, al menos en algunos momentos, por falta de intereses comerciales, y su recuperación posterior, para su explotación, en las que existe un elevado matorral (CPF, 2004), favorecen probablemente a su aumento. En cualquier caso, es una opción a considerar, dentro de los posibles sistemas de gestión o control de la plaga, los cuales, con el actual conocimiento en cuanto a la limitada distribución de la misma, así como la proporción, en algunos casos baja, de árboles infestados, podrían incorporar sistemas más drásticos, como la eliminación de las plantas afectadas.

6. CONTROL DE LA INFESTACIÓN

6.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Existe una cantidad considerable de material bibliográfico dedicado a los efectos y el control de las plagas de hormigas. En éste sentido, es uno de los grupos de insectos que genera mayor número de problemas a nivel doméstico, sanitario y agrícola: infestando casas, alimentos, fábricas e incluso, contaminando material quirúrgico, además de constituir un potencial vector mecánico de enfermedades humanas (Lee et al., 2002). A nivel agrícola, sus efectos negativos suelen ser secundarios y están relacionados con los de los homópteros, a los cuales atienden activamente, para obtener la melaza, interfiriendo a la vez, con los depredadores y parásitos naturales de los pulgones. Como sucede, por ejemplo, con una de las plagas de hormigas más importantes, especialmente en el Mediterráneo y, en general, en zonas de clima subtropical: la hormiga argentina, *Linepitema humile* (Mayr), que genera igualmente problemas a nivel ecológico y doméstico (Rust et al., 2002). Otras especies, causantes de daños, especialmente conocidas, son las cortadoras de hojas (*Acromyrmex* y *Atta*) consideradas las plagas de insectos más destructivas de América Central y Sudamérica (Gómez y Espadaler, 2005), y, en el caso de Estados Unidos, *Solenopsis invicta*, conocida como la hormiga de fuego, y que, desde su introducción accidental en EE.UU. desde Brasil, ha causado numerosos problemas, no sólo a nivel agrícola, sino también a nivel sanitario, lo que ha llevado a éste país a invertir grandes cantidades en programas de investigación y control, contribuyendo a un rápido crecimiento de la mirmecología aplicada. En general, los daños y problemas generados por éstas y otras plagas de hormigas, están relacionados con la actividad humana, que contribuye a su dispersión a través del comercio mundial. Sin embargo, las hormigas no destacan como plagas forestales (Vander Meer et al., 1990). Muy al contrario, suelen jugar un papel muy importante dentro de los ecosistemas, por ejemplo, removiendo los suelos de los bosques, siendo los principales depredadores de otros insectos o alterando la abundancia y distribución local de plantas fanerógamas (Hölldobler y Wilson, 1994).

En el caso del alcornoque, hasta el momento, destacaba únicamente, la hormiga *Crematogaster scutellaris*, bien conocida por el personal dedicado a la saca del corcho, pero que en cualquier caso, nunca ha sido considerada como plaga.

Por su lado, *L. brunneus*, aunque suele infestar árboles, en bosques europeos, nunca antes había estado relacionada con daños en explotaciones del alcornoque, ni, en general, a nivel forestal. Sin embargo, sí se la ha considerado una plaga doméstica en el Reino Unido, entrando en las casas en busca de alimento (Green y Kane, 1958; Kane y Tyler, 1958).

En el ámbito del control de las plagas de hormigas, los mecanismos y técnicas más comunes utilizados, están basados en la localización de los nidos y la eliminación mediante la aplicación de insecticidas. Sin embargo, para plagas de especies cuyos nidos están constituidos por gran cantidad de individuos y la alimentación de sus obreras es básicamente líquida, como ocurre con *L. humile*, una forma más efectiva, es la utilización de cebos envenenados con un efecto retardado, que es difundido a través de la colonia. (Gómez y Espadaler, 2005). Uno de los insecticidas más utilizado, en ese sentido, son los boratos, incorporados en numerosos cebos comerciales para hormigas y, cuya popularidad, es debida en parte, a la baja toxicidad en mamíferos, así como a sus propiedades físicas (Klotz et al., 2004).

De cara al control de la plaga, en el caso concreto de *L. brunneus,* además de la reducción del grueso de corcho de los cuellos de los alcornoques infestados y la posterior aplicación de insecticidas, que no tuvieron aparentemente ningún efecto, se llevaron a cabo otros intentos de control, de manera previa a los realizados en éste estudio, durante el año 2002, por parte del Servicio de Sanidad Vegetal. Dichos tratamientos, iban dirigidos a la eliminación de pulgones, aparentemente principal fuente de alimento de las hormigas, como mecanismo indirecto de eliminación de la plaga.

Teniendo en cuenta que estos tratamientos no parecieron efectivos y, partiendo de la información obtenida:

- *L. brunneus* es una especie afidícola.
- El número de obreras dentro de la colonia es muy abundante.

- La localización, tanto de las hormigas como de los pulgones, bajo las panas del corcho y ubicua dentro del árbol, dificulta la aplicación de insecticidas.
- La lucha biológica no se considera aplicable, desconociendo competidores o depredadores naturales.

Y, en general, dadas las características de ésta nueva plaga, la opción, aparentemente más lógica, es la aplicación de cebos, que por otro lado, parecen estar constituyendo la forma más efectiva de eliminar plagas similares, como se comentó antes. En éste sentido, los objetivos planteados de cara al control de la plaga son:

1) *Valorar el efecto de los tratamientos previos y validar la medida del serrín* en las rayas y rendijas del tronco, como método efectivo de evaluación de la efectividad de un eventual tratamiento.
2) *Selección*, en el laboratorio, *del cebo más adecuado*, comprobando los diferentes productos comerciales disponibles, así como otros experimentales.
3) *Valoración de la efectividad de los productos seleccionados*.
4) En el campo, *pruebas de consumo y localización de los cebos* y, finalmente:
5) *Pruebas de control de la infestación*.

6.2. ZONA DE ESTUDIO

Todas las pruebas efectuadas, se han realizado en los alcornocales en los que se denunció la presencia de *L. brunneus*, dentro de la población de Sant Hilari Sacalm, Gerona, dentro de las fincas descritas en los capítulos anteriores.
Para los ensayos de control, realizados durante el año 2002 por el Servicio de Sanidad Vegetal, se utilizaron todas las fincas denunciadas de esta localidad, para uno u otro tratamiento (ver más adelante: Tabla 28).

Las pruebas de consumo y localización de los cebos, se realizaron en la parcela utilizada para los estudios de biología de la hormiga: “Bosques de Reixac”, UTM: 457840, 4635190 (parcela número 3) a 760 m.
Para los ensayos de control de la infestación, se utilizó la finca denominada “La Vinyota”, descrita como parcela número 5, en el apartado de caracterización de la plaga: UTM: 457035, 4635525 a 850 m de altitud y con una proporción de árboles afectados actualmente cercana al 50%.

6.3. MATERIAL Y MÉTODOS

Valoración del efecto de los tratamientos previos y validación de la medición de la medida del serrín como método indirecto de valoración de la efectividad de los tratamientos

En los tratamientos previos se utilizó tres sistemas de aplicación de insecticidas sistémicos, con un alto poder de translocación en la planta y que tenían la intención de llegar a los pulgones, bien de manera directa fumigando desde helicóptero, bien de manera indirecta, mediante un sistema de goteros y de inyectores, que penetraban directamente en el árbol, y que llegaría a los pulgones a través de la sabia. La Tabla 28 esquematiza los tratamientos realizados en cada finca. En una de las zonas de la finca “Serra d’Heures”, correspondiente a la parcela 1, no se realizó ningún tratamiento, para utilizarla como control.

Parcela	Finca	Tratamiento
1	*Serra d’Heures 1*	Control
2	*Serra d’Heures 2*	Inyectores
3	*Reixac*	Tratamiento con helicóptero
4	*La Cleda*	Goteros y tratamiento con helicóptero
5	*La Vinyota*	Tratamiento con helicóptero

Tabla 28. *Resumen de los tratamientos realizados en Sant Hilari Sacalm durante el 2002.*

Aunque estas pruebas tampoco parecieron tener éxito, se valoró el efecto de éstos tratamientos, de manera previa a la realización de otros nuevos, a través de la medida de la cantidad lineal del serrín depositado en las rayas, por parte de las hormigas, de los árboles tratados, bajo el supuesto lógico de que si no estaban afectadas, las hormigas volverían a rellenar el rayado del corcho con serrín, que se eliminó previamente después de la realización de los tratamientos. La ausencia de colocación de serrín nuevo, indicaría la afectación de las hormigas por parte de los tratamientos. Después de la medida efectuada antes de los tratamientos, realizada el 3 de julio del 2002 y la posterior limpieza de las mismas: 8 julio del 2002, se volvieron a medir, antes de la llegada del invierno, dos veces: 30 de julio y 19 de septiembre del 2002. Finalmente, para descartar posibles efectos retardados en el tiempo, se volvió realizar una última medida del serrín, durante la primavera del año siguiente: 27 de junio del 2003. La intención de éstas medidas era doble, ya que, además de valorar el efecto de los tratamientos, se intentaba validar la utilidad del seguimiento en la reposición del serrín, como sistema indirecto de evaluación de cualquier tratamiento que se llevara a cabo, ya que de otro modo la única comprobación sería la derivada de la observación de los árboles una vez se pelaran.

Selección del cebo más adecuado, comprobación de los diferentes productos comerciales y experimentales disponibles

En general, los cebos deben cumplir dos condiciones básicas: atractibilidad y letabilidad retardada en el tiempo. Deben poseer un excipiente que resulte atractivo, en principio, muy azucarado (Baker et al., 1985), así como poseer una dosis de materia activa elevada como para ser letal, pero a la vez suficientemente baja para que, por un lado, no sea detectada su presencia y, por tanto, no provocar el rechazo por parte de la obreras, evitando que la muerte sobrevenga inmediatamente después de la ingesta, para conseguir el intercambio del veneno con otros individuos, incluida la reina (Klotz et al., 2004). Dado que la época de los tratamientos, debe coincidir con la de mayor necesidad de alimento por parte de las obreras (principios de verano) y que, debe ser consumido por obreras que sólo pueden ingerir alimentos líquidos, el

cebo no debería secarse rápidamente, bajo las condiciones de campo de elevada temperatura y baja humedad. Un cebo en gel, poseería las propiedades necesarias para mantener dicha humedad suficiente tiempo.

Teniendo en cuenta que, a diferencia de EE.UU., en Europa no existen geles para hormigas, se pensó inicialmente, valorar el uso de productos comercializados en el país, que evitarían problemas a la hora de su adquisición y utilización (Fig. 28).

Fig.28. *Ejemplo de algunos productos comerciales comprobados.*

El objetivo de estas comprobaciones, no era tanto valorar su efectividad, en cuanto a mortalidad, sino comprobar que resultaban atractivos para *L. brunneus* y que su consistencia era la adecuada para permitir la ingestión. Además de comprobar un gel experimental, no comercializado y que estaba pensado para el control de la hormiga argentina, de la casa *Mylva* (Sant Pol, Barcelona), cuyo principio activo era el ácido bórico y el atractor melazas. Se probaron otros productos (Tabla 29): un gel para cucarachas de la casa *Bayer,* cuyo nombre comercial es *Blattanex Ultra gel*, un líquido de la casa *IVSA Insecticidas Vinyals*, denominado *Lotus* con un 0.2% de materia activa (Permetrín) y las trampas cebo de *Bayer*: *Blattanex*, presentadas en forma de cajas que contienen el atractor en forma de melazas y 0.08% de Foxim, como

principio activo. Igualmente, se utilizó la dieta artificial (Bhatkar & Whitcom, 1970) (Anexo 1) tanto como alimento control, como producto susceptible de ser utilizado como excipiente de un posible cebo.

Fabricante	Nombre comercial	Principio activo (concentración)
Bayer	*Blattanex Ultra gel*	Imidacloprid (2.15%)
IVSA	*Lotus*	Permetrín (0.2%)
Bayer	*Trampas cebo Blattanex*	Foxim (0.08%)
Mylva	*Gel Serpa* (experimental)	Ácido bórico (5%)

Tabla 29. *Productos probados en el laboratorio.*

El diseño de dichas pruebas, realizadas del 24 al 27 de abril del 2003, fue el siguiente:

Se recogieron obreras de las fincas de Sant Hilari Sacalm, depositando 20 individuos por cada uno de los nidos artificiales, hasta un total de 5 réplicas por producto probado, en los que se añadieron el cebo y se comprobó que estuviera siempre disponible. Además de éstos nidos, se preparó, igualmente, otras cinco réplicas para cada producto a los que se añadió dieta artificial además del cebo, para valorar una posible competencia de éstos con otra fuente de alimentación. Se prepararon 5 nidos control, en los que no se utilizó ningún producto, salvo la dieta artificial como fuente de alimento.

Durante la primera hora, se contabilizó, cada 10 minutos, el número de obreras comiendo en cada cebo. A fin de valorar cual de ellos resultaba más atractivo, y con la intención, de valorar después, el número de obreras muertas.

Valoración de la efectividad de los productos seleccionados

Dado los resultados del apartado anterior (ver más adelante), se seleccionó como cebo el gel de Mylva con ácido bórico. Para comprobar la efectividad del producto seleccionado, se realizó una prueba similar a la descrita antes, utilizando 5 réplicas para cada tratamiento, con 20 obreras por nido: 5 nidos artificiales con el cebo, 5 con dieta artificial (control de mortalidad natural) y 5 con dieta y gel (competencia entre alimentos). Posteriormente, se contabilizó el número de obreras muertas dos veces cada día.

Debido a la posible retirada del ácido bórico como principio activo, por parte de la Comunidad Europea, la casa Mylva decidió no considerar un gel basado en éste producto y generó uno nuevo, manteniendo como excipientes las melazas y utilizando clorpirifós como insecticida. Por lo que se repitieron las pruebas de mortalidad, para dos concentraciones diferentes (0.2% y 0.075%) de ésta nueva materia activa. Dichas concentraciones se formularon expresamente, ya que son superiores a las utilizadas para la hormiga argentina (0.02%), dado que ésta, es mucho más pequeña: la masa de una obrera de *L. brunneus* equivale a la de 5 de argentina. Es sabido que la eficacia del pesticida está relacionada con la masa corporal del animal. Las pruebas preliminares con ésta concentración no afectaban a *L. brunneus*.

Por tanto, se realizaron 5 réplicas, para cada una de las dos concentraciones del nuevo gel, con 20 obreras por nido, e igualmente, se realizó el recuento de mortalidad dos veces al día, durante los días del 17 al 20 de septiembre del 2003.

Pruebas de consumo y localización de los cebos

De manera previa a la realización de las pruebas de control, es importante resolver dos cuestiones:

- donde colocar el cebo en el árbol y,
- el sistema de presentación del cebo más adecuado.

Para resolver la primera cuestión, se colocaron cebos en tres localizaciones diferentes, durante el mes de julio del 2003: la base del tronco, a media altura y en la cruz. Para la segunda, se optó por utilizar como envase, tubos *Eppendorfs* pintados de negro, que cumplían una doble función: evitar una excesiva evaporación del producto y disminuir la cantidad de luz dentro del recipiente, evitando así, la respuesta de huida de la luz, característica de éstas hormigas. En cada recipiente, se practicó un orificio de entrada de unos 2 mm, para limitar la entrada de hormigas de tamaño superior a *L. brunneus*. Se rellenaron con una cantidad aproximada de 0.65g del gel con melaza y sin materia activa, dado que las pruebas no iban dirigidas a valorar mortalidad. Los

cebos, se sujetaron en las tres posiciones, bien grapados al corcho, bien sujetados a presión en las rayas de las panas (Fig. 29).

Fig. 29. *Recipientes con melazas fijados en el tronco del árbol.*

Antes de su colocación fueron pesados individualmente. A los dos días de su colocación, fueron retirados y de nuevo, pesados de manera individual (Fig. 30), con el fin de determinar el consumo según la localización en el árbol y en general, si era atractivo para las hormigas. Para el análisis estadístico se realizó un ANOVA.

Fig. 30. *Los recipientes fueron pesados, con una balanza de campo, antes de fijarlos al árbol y al cabo de dos días.*

Pruebas de control de la infestación

Para la valoración final de la efectividad del los cebos escogidos (gel con clorpirifós al 0.075% con y sin melazas), en el campo, se seleccionaron un total de 60 árboles afectados, 12 de ellos no recibieron ningún producto, siendo utilizados como control. En cada árbol, se realizó una aplicación de 3 cc de producto, repartidos en dosis de 1.5 cc por tubo, que fueron colocados el 9 de julio del 2004. Posteriormente, el 16 de julio, se realizó una segunda aplicación en la mitad de los árboles, generando así, un diferencial de cantidad de cebo ofrecido (Tabla 30). Los cebos se fijaron en las rayas del tronco, aguantados simplemente por la presión del tapón del tubo. Para limitar el paso de la luz, se utilizó un simple cilindro de papel (Fig. 31).

Fig. 31. *Cebos en la raya de la pana. Se sujetan simplemente por la presión del tapón dentro de la raya.*

Árboles	Tratamiento	Aplicaciones	Cantidad
12	gel + melazas	1	3 cc/árbol
12	gel + melazas	2	6 cc/árbol
12	gel – melazas	1	3 cc/árbol
12	gel – melazas	2	6 cc/árbol
12	Control	-	-

Tabla 30. *Tratamientos previstos inicialmente. Una mitad de los árboles recibiría 1 aplicación y la otra mitad 2.*

Inicialmente, dado que, por motivos comerciales, el producto creado por *Mylva S.A.* no iba a contener como atractor melaza, se pensó en utilizar ambos geles (con y sin melaza) en el campo, con la intención de que si tenían éxito ambos, pudiera usarse en tratamientos futuros, la fórmula comercializada, y no una especial, de más difícil obtención. Sin embargo, las primeras visitas de control, evidenciaron una falta total de atracción de éstos cebos sin melaza, por lo que fueren eliminados de las pruebas, con el fin de obtener un mayor número de observaciones del gel que aparentemente sí funcionaba, modificando el diseño del experimento y quedando como se resume en la Tabla 31.

Árboles	Tratamiento	Aplicaciones	Cantidad
24	gel + melazas	1	3 cc/árbol
24	gel + melazas	2	6 cc/árbol
12	Control	-	-

Tabla 31. *Tratamientos definitivos. La primera aplicación se realizó el 9 de julio del 2003, la segunda el 16 de julio.*

Los cebos se dejaron en el campo durante un mes. Para valorar el consumo de cada árbol, se realizó la diferencia entre el peso inicial y el final.

Con objeto de valorar el efecto de éste tratamiento y al igual que con los otros realizados, cada 15 días se midió la cantidad de serrín colocado por las hormigas, previa limpieza el 15 de agosto del 2004. Finalmente, se realizó una última medida durante el año siguiente.

Para valorar una probable existencia de diferencias en la reposición del serrín, entre los diferentes tratamientos, se realizó una ANOVA de medidas repetidas.

Mediante una regresión, se comprobó si existía relación entre la cantidad de serrín recuperada y el consumo de gel.

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa *Statistica* v6.0 (Statsoft, 2003).

6.4. RESULTADOS

Valoración del efecto de los tratamientos previos y validación de la medición de la medida del serrín como método indirecto de valoración de la efectividad de los tratamientos

Los resultados obtenidos son claros: no existe ninguna diferencia, entre ninguno de los tratamientos previos realizados, en cuanto a la cantidad de serrín, después de 3 semanas, 2 meses y 11 meses ($F(16)=1.3$; $p = 0.19$). Por lo que puede asegurarse, que no existen diferencias significativas entre los árboles tratados y los controles. La cantidad de serrín al cabo de un año se ha recuperado (Fig. 32) y por tanto, los tratamiento no han tenido, al menos aparentemente, ningún efecto.

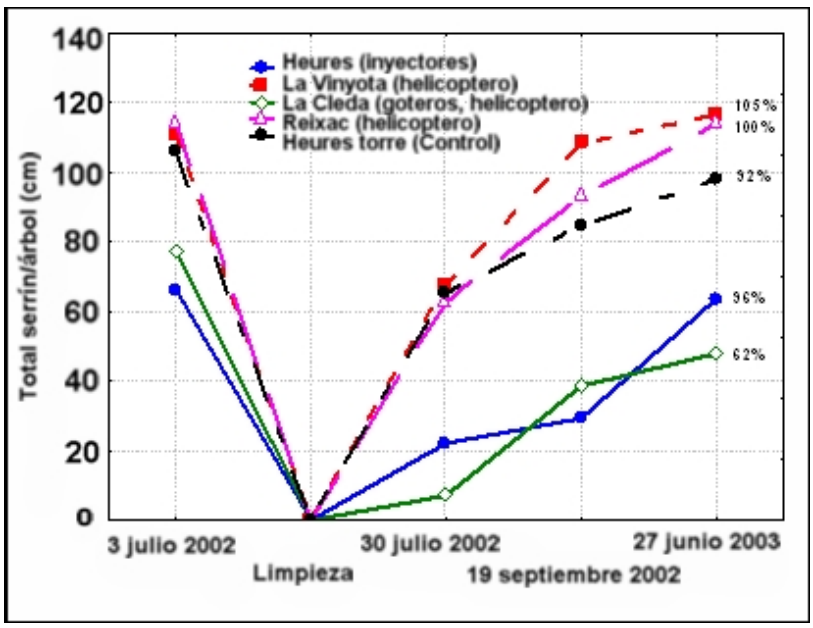

Fig. 32. *Variación del total lineal de serrín (suma de todos los segmentos con serrín) por árbol, bajo los diversos tratamientos a lo largo del tiempo. La gráfica representa la proporción de serrín recuperado, comparándola con la cantidad media inicial que había en cada parcela.*

Con independencia de los tratamientos y con respecto a la utilización del serrín, como método de valoración de los tratamientos, podemos concluir que: la cantidad lineal de serrín, es una variable que responde rápidamente a su eliminación y útil en éste sentido.

Selección del cebo más adecuado, comprobación de los diferentes productos comerciales y experimentales disponibles

Teniendo en cuenta que únicamente el cebo experimental, en forma de gel, de la casa *Mylva*, resultó atractivo y con una consistencia adecuada para la ingestión del mismo por parte de las hormigas, se dejó de cuantificar resultados y se dió por terminado el proceso de selección.
El gel para cucarachas, Blattanex Ultra Gel, resultaba excesivamente espeso, por lo que las obreras de *L. brunneus* no podían consumirlo. El otro producto de la casa *Bayer* (con melazas), en forma de trampas, atraía más a las hormigas, pero igualmente, su textura era excesivamente densa y pegajosa, provocando que algunas obreras muriesen pegadas. Por último, el producto *Lotus*, fue igualmente descartado, además de no resultar atractivo, su toxicidad era muy alta dentro de los nidos artificiales, matando a todas las hormigas en pocas horas, no por su ingesta, sino por los vapores que desprendía.
En cualquier caso, en todas las réplicas en las que se añadió la dieta artificial, ya fuera como alimento competidor o como control, las hormigas lo prefirieron frente a los otros cebos.

Valoración de la efectividad de los productos seleccionados

Los resultados de los geles probados fueron positivos, produciéndose una muerte gradual en el tiempo (Fig. 33 y 34).
En el caso del cebo con ácido bórico (Fig. 33), probado inicialmente, los resultados observados eran coherentes para los tres tratamientos, muriendo más hormigas en aquellos nidos que sólo tenían gel que en aquellos que tenían gel y dieta.

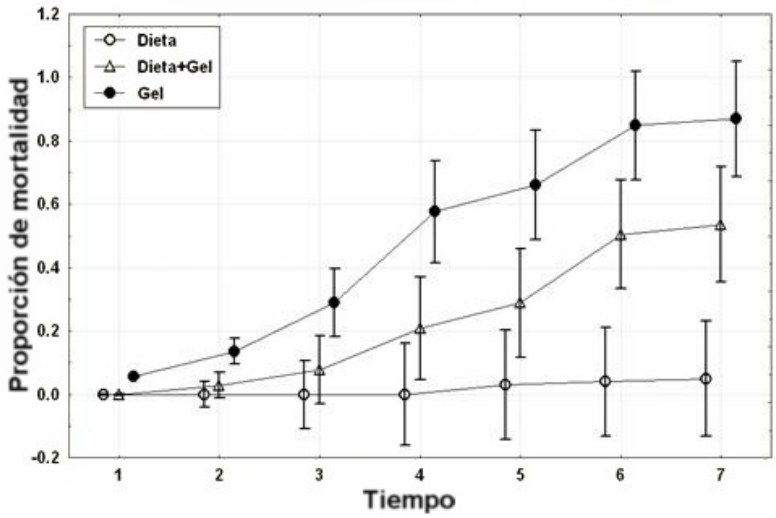

Fig. 33. *Pruebas de mortalidad de L. brunneus realizadas en el laboratorio con geles con ácido bórico. Recuento de mortalidad.*

En el caso de los geles con clorpirifós (Fig. 34), ambas concentraciones resultaron efectivas.

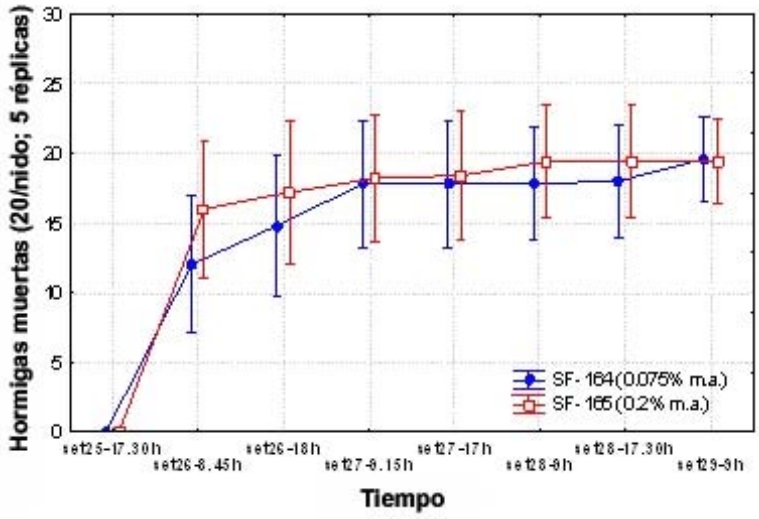

Fig. 34. *Mortalidad con geles con clorpirifós a dos concentraciones. El 50% de las obreras, murió antes de 12 horas.*

Pruebas de consumo y localización de los cebos

Ya en el momento de colocar los cebos (sin materia activa), se comprobó, visualmente, que resultaban muy atractivos para las obreras de *L. brunneus* (Fig. 35), incluso las gotas que cayeron durante la colocación, fueron

rápidamente visitadas por algunas obreras. Las melazas fueron consumidas en 48 horas, independientemente de la localización (ANOVA; F (11,24) = 1.5; p = 0.19) (Fig. 36).

Fig. 35. *Obreras de L. brunneus comiendo melaza de un recipiente situado en la cruz del árbol.*

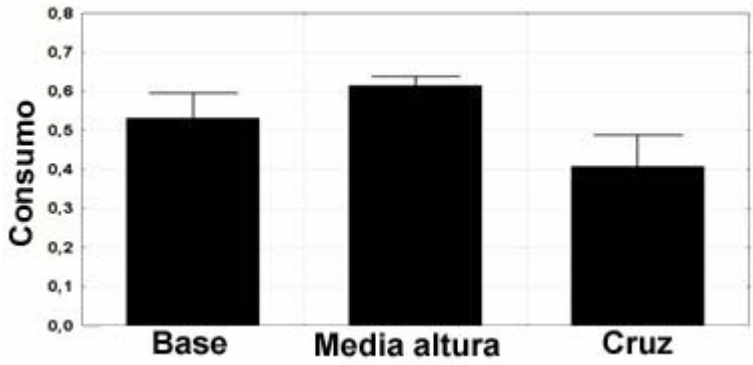

Fig. 36. *Consumo de melaza (g), según la localización en el árbol. Se indica la media y el error estándar.*

En 7 árboles, el consumo fue total. En 5 árboles se produjo cierta variación, debido a que la melaza de uno de los tres recipientes, (árboles 2, 5, 10 y 12) o de dos (árbol 6) no fue consumida (ANOVA; F (2,33) = 2.9; p = 0.06), (Fig. 37).

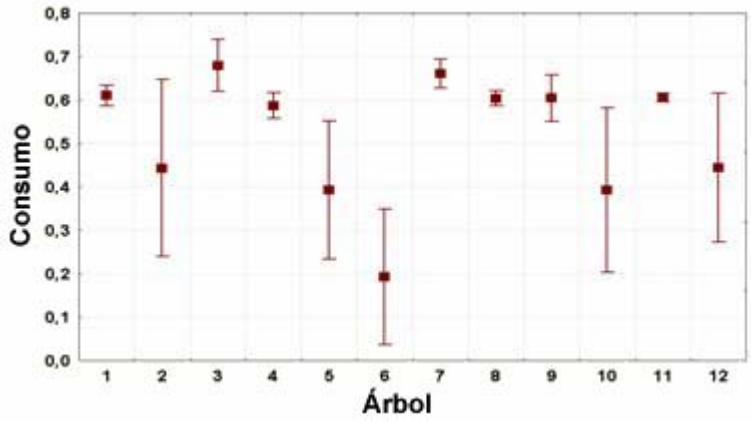

Fig. 37. *Consumo medio de melaza por árbol (g), (n = 12 árboles). Se indica la media y la desviación estándar por árbol.*

Pruebas de control de la infestación

El consumo, en general, fue irregular e inferior a lo esperado. En algunos casos, fue total, pero en muchos otros, nulo (Fig. 38). Los cebos no parecieron tan atractivos como ocurrió durante las pruebas de selección de la localización, arriba descritas.

Fig. 38. *Grado variable de consumo de gel con melaza.*

Por diferentes motivos, no todos los recipientes fueron recuperados, en algunos casos se encontraron en el suelo y se descartaron, en otros estaban mordidos por jabalíes o simplemente, desaparecidos (Fig. 39).

Fig. 39. *Recipientes encontrados en el suelo o mordidos, comparados con uno intacto.*

La recuperación del serrín ha sido gradual, recuperándose, como media, al cabo de dos meses. El análisis de medidas repetidas indica que no existe ninguna diferencia, en cuanto a la reposición de serrín, entre los árboles control con aquellos que recibieron una o dos aplicaciones (ANOVA; F (10,210) = 1.56; p = 0.12) (Fig. 40).

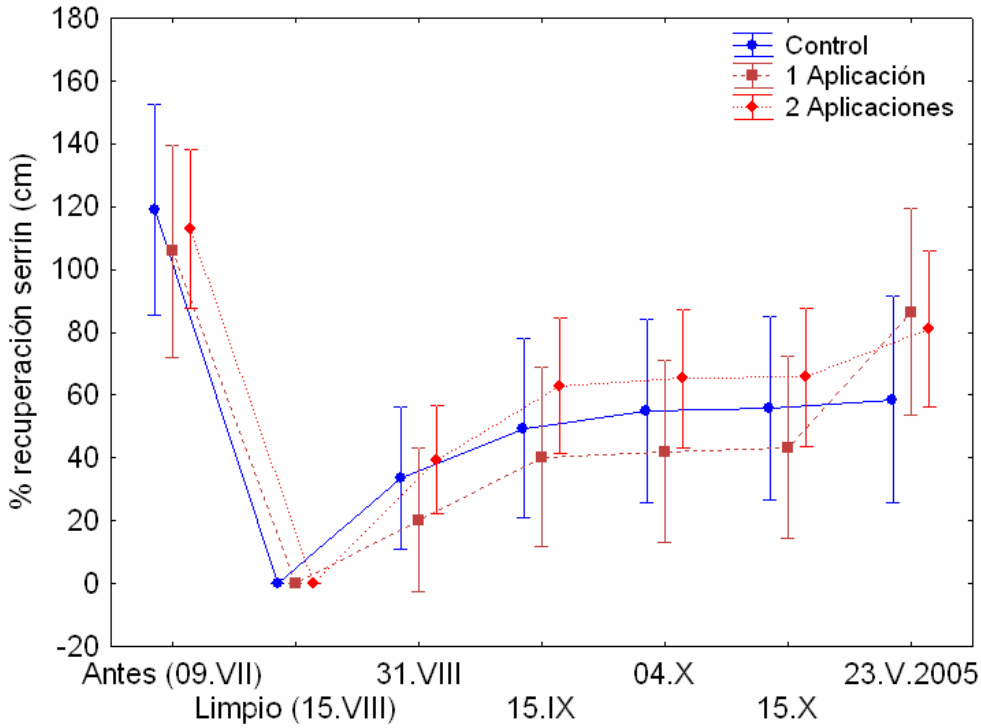

Fig. 40. *Recuperación del serrín en los alcornoques tratados y no tratados. No existen diferencias significativas entre los tres tratamientos.*

La Fig. 41, evidencia que tampoco existe ninguna relación entre la cantidad consumida de materia activa y el grado de reposición del serrín (r^2 = 0.0008; p=0.84). Puede concluirse, en definitiva, que los tratamientos no han sido efectivos.

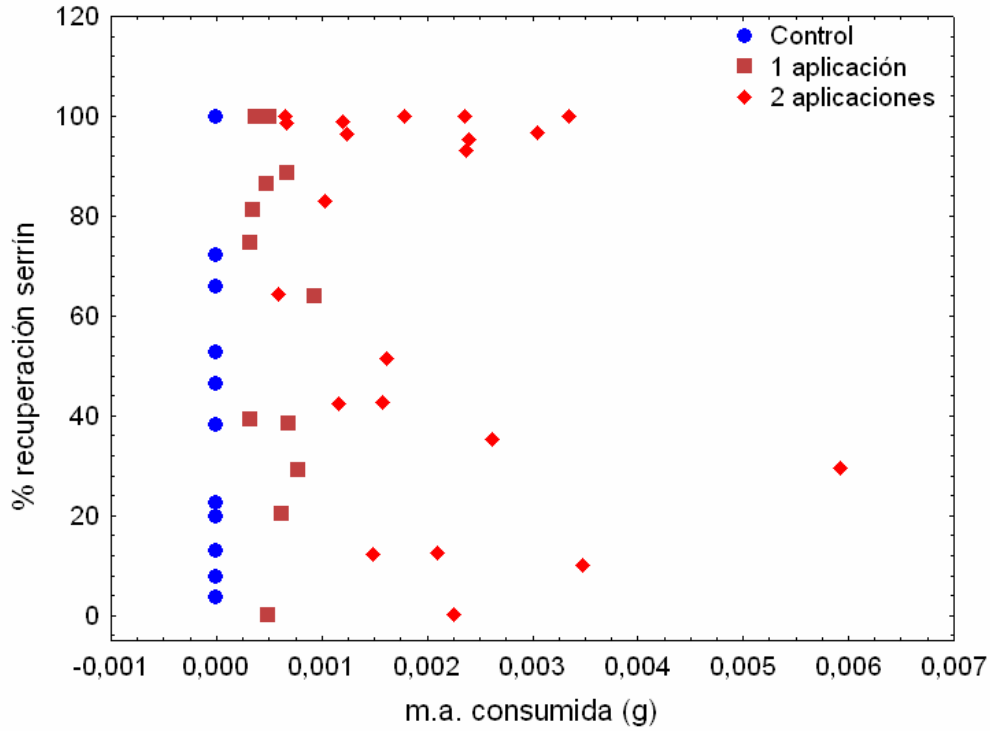

Fig. 41. *Relación nula entre la cantidad (g) de materia activa consumida y la recuperación de serrín (en %).*

6.5. DISCUSIÓN

Valoración del efecto de los tratamientos previos y validación de la medición de la medida del serrín como método indirecto de valoración de la efectividad de los tratamientos

La total recuperación del serrín, después de los variados tratamientos previos, parece que sólo pueda explicarse desde dos hipótesis:

- los pulgones no fueron afectados de manera general por ninguno de los tratamientos o bien,
- las hormigas poseen otras fuentes de alimentación.

Sin embargo, es sabido, que en momentos de necesidad, las obreras pueden alimentarse de las crías de su propio nido, en sus diferentes fases de desarrollo, para volver a reproducirse pasada esa etapa. Es posible, que se diera éste caso en los árboles tratados, alimentándose de la puesta y de los pulgones que quedaran vivos, hasta que se regeneran las poblaciones de éstos en la temporada siguiente.

Por otro lado, y a pesar de los desalentadores resultados de estos tratamientos, con el seguimiento de la recuperación del serrín, se ha validado un sistema de valorar el efecto de un potencial tratamiento, lo que otorga una herramienta muy importante, ya que de otro modo, teniendo en cuenta la localización de las hormigas en el interior del corcho, sólo podría valorarse con la pela de las panas.

Selección del cebo más adecuado, comprobación de los diferentes productos comerciales y experimentales disponibles

Resulta curioso que a pesar de tratarse de productos comercializados, los resultados obtenidos sean tan alejados de los esperados. Salvo el gel destinado a cucarachas, cuya textura está pensada para organismos mucho más grandes que las hormigas y por tanto, parece lógico que pueda presentar problemas si se destina a las hormigas, el resto de productos, ha resultado también totalmente ineficaz. Sus consistencias, excesivamente densas, no permitían la ingesta por parte de *L. brunneus*, además de que, en general, resultaron muy poco atractivos.

Es destacable, el hecho de que en Europa no se comercialice ningún cebo en forma de gel, cuando, por otro lado, son tan frecuentes en EE.UU. y donde parecen ofrecer buenos resultados en plagas tan importantes como la hormiga argentina (Klotz et al., 1998), *Tapinoma melanocephalum* (F.) o *Monomorium pharaonis* (L.) (Klotz et al., 1996), y donde se recomienda el uso incluso a nivel doméstico, por su facilidad y eficacia.

En definitiva, dado los resultados, sólo se puede seleccionar el gel experimental de Mylva para la realización de las pruebas.

Valoración de la efectividad de los productos seleccionados

Los resultados obtenidos para los dos geles han sido muy positivos. Sobre todo el gel formulado con ácido bórico, que resultaba especialmente atractivo, compitiendo incluso con la dieta artificial. Como se ve en la Fig. 33, en los nidos en los que se ofreció los dos tipos de alimento (cebo y dieta), la mortalidad era intermedia, lo que indica que en el caso de existir dos fuentes de alimento, utilizan ambas, pero también que el gel es un buen competidor de un alimento alternativo.

Sin embargo, por motivos legislativos, no ha podido seleccionarse dicho gel, ya que como se comentó, el principio activo que contiene se prevé será eliminado por la Comunidad Europea. Lo cual, parece contrario al amplio uso y aceptación que parecen tener este tipo de geles en EE.UU. (Klotz et al., 2004)

En el caso de los geles con clorpirifós y dado que ambos han tenido resultados satisfactorios, se decidió seleccionar el de menor concentración, para evitar problemas de rechazo de los cebos, por exceso de materia activa (Klotz et al., 2000) y para retardar el efecto de éstos, alcanzando así, un mayor número de individuos.

No hay que olvidar, sin embargo, que en condiciones de campo, los resultados pueden ser muy diferentes (competencia con fuentes de alimentación naturales y condiciones de temperatura elevada, que puede provocar cambios en la textura del gel, por evaporación, haciendo que éste no pueda ser ingerido por las hormigas).

Pruebas de consumo y localización de los cebos

El éxito, en cuanto a consumo e indiferencia de localización de los cebos, ofrece la posibilidad, de facilitar un eventual tratamiento, en parcelas con una proporción importante de árboles afectados, ya que, dado que incluso visitaron rápidamente las gotas de melaza caídas durante la colocación de los cebos, parece factible aplicar el producto, de manera directa sobre el árbol, por ejemplo, aprovechando las rayas de las panas y simplificando así mucho los

tratamientos, al no tener que utilizar recipientes ni los cilindros de papel para oscurecerlos. De todos modos es algo que no está comprobado.

Pruebas de control de la infestación

Los resultados negativos de éste primer ensayo de control de la plaga, plantean dos cuestiones:

- ¿Porqué no comieron los cebos, como lo hicieron durante el año anterior (2003)?.
- ¿Porqué no ha habido ningún efecto de los tratamientos?.

Para la primera cuestión, tan sólo puede adjudicarse a la respuesta al clima diferente, experimentado en los dos años. El año 2003, fue claramente más seco, es posible que las hormigas hubieran acumulado menor cantidad de reservas y en definitiva, tuvieran más hambre. El año 2004, fue lluvioso y es posible que existieran otras fuentes adicionales de alimento en las copas de los árboles, es decir, otros pulgones además de los *Stomaphis.*

Para la segunda cuestión, es posible que se deba a una dilución del veneno a niveles no letales, ya sea debida, a un mayor número de individuos de los esperados (unos 10.000), o alternativamente, al resultado del compartimiento del alimento por regurgitación (trofalaxia), problema muy frecuente en los cebos con ácido bórico, destinados a especies como *L. humile* (Rust et al., 2004).

Teniendo en cuenta éstas hipótesis, parece lógico plantear un tratamiento similar al realizado, pero aumentando por un lado, la cantidad de cebo ofrecido, que evitaría el problema de un número elevado de individuos y por otro, la concentración, que paliaría el factor trofalaxia.

7. CONCLUSIONES

7.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PLAGA

- Existe una importante variabilidad entre y dentro de las localidades estudiadas, tanto en lo referente a la proporción de árboles afectados actualmente y en el pasado, como en el tamaño de los árboles afectados, así como la influencia de una infestación pasada sobre la actual. Lo cual impide generalizaciones al respecto.

- En todas las localidades donde, en el pasado, se encontraba la hormiga, se ha producido un aumento en la proporción de árboles afectados, en algunos casos llegando casi al 100% de árboles infestados.

- Cualquier árbol con un mínimo grosor de corcho, puede ser susceptible de tener la hormiga, independientemente de ser explotado o no.

- La desaparición generalizada de nidos, que ocupaban anteriormente los árboles, detectados por la presencia de manchas, hace pensar que la duración de estas sociedades sea inferior al periodo de tiempo que comprende un turno de saca o pela, que ronda los 14 años.

7.2. BIOLOGÍA DE LA HORMIGA

- El ciclo de actividad anual de *L. brunneus* muestra unos tres meses de inactividad que coinciden con los meses de invierno y, por tanto, no difiere del ciclo anual de otras hormigas nativas.

- Las reservas acumuladas, en el cuerpo graso, son consumidas progresivamente desde el inicio de la actividad, siendo totalmente ausentes a partir del mes de junio, momento idóneo para un posible tratamiento mediante cebos, que coincidiría con la necesidad de buscar alimento por parte de las obreras.

- Las obreras de *L. brunneus* son estériles, de manera que no podrían reconstituir una sociedad si la reina fuera eliminada. En un tratamiento en el que se consiguiera eliminar a la reina, no habría, en principio, el peligro de reinfestación por parte de las obreras.

- La fuente de alimentación más importante -al menos la única observada- son las excreciones de melaza de los pulgones *Stomaphis quercus*, los cuales debido a su ubicación debajo de las panas de corcho, son de difícil acceso para su erradicación, como medida indirecta de control de la hormiga.

- La localización de los individuos es ubicua en el árbol, si bien los nidos, se localizan en el bornizo, al menos, de los árboles en explotación, donde también se encuentra la reina. Este hecho dificulta la aplicación de medidas de control que requieran la aplicación directa sobre el nido, como por ejemplo insecticidas de contacto.

- Dadas las observaciones anteriores y teniendo en cuenta la naturaleza huidiza de *L. brunneus*, parece lógico pensar que el sistema más apropiado para su control sea mediante la administración de cebos.

- Según las estimas realizadas en el laboratorio, la cantidad necesaria de melaza utilizada como cebo, para llegar y afectar por tanto, a todos los miembros de una sociedad de *L. brunneus*, es de 5 cc.

7.3. EXTENSIÓN GENERAL DE LA PLAGA

- Existe una relación demostrada entre el clima y la altitud con la presencia *de L. brunneus.*

- La plaga se encuentra limitada geográficamente a tres comarcas: Alt Empordà (Agullana, Maçanet de Cabreyns y La Vajol), La Selva (Sant Hilari Sacalm, y Santa Coloma de Farners) y Osona (Espinelves y Viladrau).

- En cuanto a parámetros físicos, sólo se ha detectado, por encima de los 600m de altitud, o bien en altitudes más bajas, pero en los climas más húmedos en los que se puede encontrar el alcornoque (Tipo III, en la clasificación de Thornthwaite).

- De cara a su control, y teniendo en cuenta su limitada distribución, pueden considerarse aspectos como la limpieza del matorral en zonas afectadas o incluso, sistemas más drásticos, como la eliminación de los árboles afectados.

7.4. CONTROL DE LA INFESTACIÓN

- El excipiente constituido por melazas, ha demostrado ser muy atractivo.

- La localización de los cebos en el árbol es independiente a su consumo.

- Las pruebas con insecticidas externos al árbol (fumigaciones con helicóptero) o internos (goteros e inyectores) no han resultado efectivos.

- La valoración del efecto de los tratamientos, mediante las medidas lineales de la reposición de serrín en las rayas de las panas, se ha confirmado como válida y especialmente útil, dada la inexistencia de otros sistemas alternativos, que no impliquen la pela del árbol.

- Las pruebas con cebos con clorpirifós al 0.075%, realizadas en el campo, tampoco han resultado efectivas. Por lo que parece ser necesario, aumentar tanto la cantidad de cebo ofrecida, como la concentración de materia activa.

8. REFERENCIAS

Allué, M. y Montero, G. 1989. Aportaciones al conocimiento fitoclimático de los alcornocales catalanes (Síntesis). *Scientia gerundensis*. 15:161-178.

Bailey, N. T.J. 1951. On estimating the size of mobile populations from recapture data. *Biometrika* 38: 293-306.

Baker, T.C., Van Boris Key, S.E. and Gaston, L.K. 1985. Bait preference tests for the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). *J. Econ. Entomol.* 78: 1083-1088.

Benois, A. 1973. Incidence des facteurs écologiques sur le cycle annuel et l'activité saisonnière de la fourmi d'Argentine, *Iridomyrmex humilis* Mayr (Hymenoptera, Formicidae), dans la région d'Antibes. *Insectes Sociaux*, 20:267-296.

Bernard, F. 1968. Les fourmis (Hymenoptera Formicidae) d'Europe occidentale et septentrionale. Paris, Masson.

Bhatkar, A. P. and W. H. Whitcomb, 1970. Artificial diet for rearing various species of ants. *Florida Entomol*. 53: 229-232.

Billen J. 1984. Stratification in the nest of the slave-making ant *Formica sanguinea* Latreille, 1798 (Hymenoptera, Formicidae). *Annls. Soc. r. zool. Belg.*, 114 : 215-225.

Bonaric, J.C. 1971. Contribution a l'etude systematique et ecologique des formicides du Bas-Languedoc. These. Academie de Montpellier, Universite de sciencies et techniques du Languedoc.

Botey, A., Granyer, O., Meya, D., Rebollo y H. 2005. Les suredes de l'espai d'interès natural de les Gavarres: caracterització ecològica i productiva. Selvicultura y gestión de los alcornocales. Congrés internacional sureres,

fàbriques i comerciants. Passat, present i futur del negoci surer. Palafrugell (Girona). 16, 17 y 18 de febrero del 2005.

Collingwood, C.A. 1979. The Formicidae (Hymenoptera) of Fennoscandia and Denmark. Fauna Entomol. Scand. 8: 1-174.

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF), 2004. Inventari ecòlogic i forestal de Catalunya. Vol. 10. CREAF.

Congrés internacional sureres, fàbriques i comerciants. Passat, present i futur del negoci surer. Palafrugell (Girona). 16, 17 y 18 de febrero del 2005.

Centre de la Propietat Forestal (CPF). 2004. Especial Congrés Internacional del Suro 2005. Per què un congrés internacional del suro a Catalunya?. Revista Silvicultura: 45/Quart Trimestre.
Disponible: http://www.mediambient.gencat.net/Images/43_52672.pdf.
Último acceso: Septiembre 2005.

Cristina, G., Corrêa, O. y Camargo M.I. 2005. Comparative study of the fat body in some genera if the Attini Tribe (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*. 45(2): 449-462.

Del Campo, F. 1991. Aproximación al conocimiento de los ciclos biológicos de algunas especies de Áfidos (Hom., Aphidinea) en el área Mediterránea. IV Congreso Ibérico de Entomología. Universidad Autónoma de Barcelona. (Pág. 18-19).

Donisthorpe, H. 1927. British ants, their life history and classification (2nd edn.). London, G. Routledge and Sons.

Espadaler, X. y M. Rojo, 2002. *Lasius brunneus*, una formiga autòctona, plaga del suro. Full Informatiu Centre Propietat Forestal 1: 1-2.

Espadaler, X., Rey, S. y Bernal, V. 2004. Queen number in a supercolony of the invasive garden ant, *Lasius neglectus*. *Insectes Soc.* 51:1-6.

Espadaler, X. 2005. Lasius neglectus: una hormiga poligínica, a veces invasora. http://www.creaf.uab.es/xeg/Lasius/. Último acceso: agosto 2005.

Goidanich, A. 1959. Le migrazioni coatte mirmecogene dello *Stomaphis quercus* Linnaeus, afide olociclico monoico omotopo. *Boll. Entom. Bologna*. 23: 93-131.

Gómez, K., 2004. Hormigas Ibéricas. http://www.hormigas.org/Formicinae/Lasius/Lasius.htm. Último acceso: agosto 2005.

Gómez, K. y Espadaler, X. 2005. La hormiga argentina (*Linepithema humile*) en las Islas Baleares. Listado preliminar de las Hormigas de las Islas Baleares. Documentos técnicos de conservación. II época, num. 13. Govern de les Illes Balears.

Green, A.A. and Kane, J. 1958. *Laisus brunneus* (Latr.) (Hym., Formicidae) as a domestic pest. *Ent. Mon. Mag.* 94:181.

Hölldobler, B. y Wilson, E.O. 1990. The Ants. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Hölldobler, B. y Wilson, E.O. 1994. Viaje a las hormigas. *Crítica*. Barcelona.

Hopkins, G.W. and Thacker J.L. 1999. Ants and habitat specificity in aphids. *Journal of Insect Conservation*. 3:25-31.

Insightful Corp. S: Lucent Technologies, inc. 2003. S-PLUS (Professional edition), (data analysis software system), V6.2. www.insightful.com/support/splus62win.

Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). 1996. Atles climatic de Catalunya. Termopluviometria.

Kane, J. and Tyler, P.S. 1958. Domestic infestations by *Lasius brunneus* (Latr.) (Hym., Formicidae). *Ent. Mon. Mag.* 94:286.

Keller, L. and Genoud, M. 1997. Extraordinary lifespans in ants: a test of evolutionary theories of ageing. *Nature*. 389: 958-960.

Kleinbaum, D.G., Kupper, L.L., Muller, K.E. 1988. Applied Regression Analysis and Other Multivariables Methods. *PWS-KENT Publishing Company*.

Klotz, J.H., Oi, D.H., Vail, K.M. and Williams, D. F. 1996. Laboratory evaluation of boric acid liquid bait on colonies of *Tapinoma melanocephalum*, Argentine ants and Pharaoh ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology.* 89 (3):673-677.

Klotz, J., Greeberg, L. and Venn, E.C. 1998. Liquid boric acid bait for control of the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology.* 91 (4):910-914.

Klotz, J., Greeberg, L., Amrhein, C. and Rust, M.K. 2000. Toxicity and repellency of borate-sucrose water baits to argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology.* 93 (4):1256-1258.

Klotz, J., Rust, M., Amrhein and Krieger, R. 2004. In search of the “sweet spot”. *Pest Control Mag.* 72: 49-51.

Kutter, H. 1977. Hymenoptera, Formicidae. *Insecta Helv. Fauna* 6: 1-298.

Lee, C.Y., Lim, C.Y. and Darah, I. 2002. Survey on structure-infesting ants (Hymenoptera: Formicidae) in food preparative outlets. *Tropical Biomedicine.* 19(1&2):21-26.

Leosuber, Proyecto. 2005. Manual didáctico del taponero. Programa Leonardo da Vinci de la Comisión Europea. Fundación para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Extremadura (FUNDECYT). http://www.ceresnet.com/ceresnet/esp/taponero/tema1.html. Último acceso: Agosto 2005.

Lorenz, H. And Scheurer, L. 1998. Biology and generation-order of *Stomaphis quercus (Lachnidae)* living on *Betula pendula* near Berlin, Germany. A: Aphids in natural and managed ecosystems (Nieto, J.M., Dixon, A.F.G., eds): 243-250. Universidad de León.

Montero, G., Torres, E. y Cañellas, I. 1994. Regeneración de alcornocales. Síntesis biliográfica. *Ecología* 8: 271-283. ICONA.

Montero, G., López, E., Campos, P., Sánchez, M.O., Sánchez, M., Ruiz-Peinado, R., Ovando, P., Caparrós, A. y Bachiller, A. 2005. Selvicultura de los alcornocales (*Quercus suber* L.) del macizo de les Gavarres (Girona). Selvicultura y gestión de los alcornocales. Congrés internacional sureres, fàbriques i comerciants. Passat, present i futur del negoci surer. Palafrugell (Girona). 16, 17 y 18 de febrero del 2005.

Nielsen, M.G. 1972. Production of workers in an ant nest. *Ekologia polska*. 20:65-71.

Nieto, J.M., Díaz, T.E. y Mier, M.P. 1984. Catálogo de los pulgones (Homoptera Aphidoidea) de España y de sus plantas hospedadoras. Universidad de León.

Nieto, J.M., Mier, M.P., Binazzi, A. y Pérez, N. 2002. Hemiptera. Aphididae. II. En: *Fauna Ibérica*, vol. 19. Ramos, M.A. et al. (eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.

Odum, E.P. and Pontin, A.J., 1961. Population density of the underground ant, *Lasius flavus*, as determined by tagging with P32. *Ecology*, 42: 186-188.

Peeters, C., Liebig, J. and Holldobler, B. 2000. Sexual reproduction by both queens and workes in the ponerine ant harpegnathos saltator. *Insectes Sociaux*. 47(4):325-332.

Pesquer, L., Masó, J. y Pons, X. 1999-2005. CombiCap. Combinació analítica de capes ràsters i vectorials. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF).

Piñol, J., Terradas, J. and Lloret, F. 1998. Climate warming, wildfire hazard, and wilfire occurrence in coastal eastern spain. *Climatic Change*. 38:345-357.

Pons, X. 1994-2005. MiraMon. Sistema d'informació geogràfica i software de teledetecció. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF).

Pontin, A.J. 1983. Aphid eggs and ants of the genus *Lasius. Entom. Month. Mag*. 119: 206.

Raddi, A. 1997. El mercat dels productes forestals a Catalunya. Quaderns Tècnics Forestals, 1. Diputació de Barcelona.

Riba, J.M. 2005. Estudi d'aspectes biològics i ecològics del corc del suro Coroebus undatus. Problemática fitosanitaria actual en los alcornocales de Cataluña. Congrés internacional sureres, fàbriques i comerciants. Passat, present i futur del negoci surer. Palafrugell (Girona). 6, 17 y 18 de febrero del 2005.

Rust, M.K., Reierson, D.A. and Klotz, J.H. 2003. Pest management of Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). J. Entomol. Sci. 38(2): 159-169.

Rust, M. K., Reierson, D. A. & Klotz, J. H. 2004. Delayed toxicity as a critical factor in the efficacy of aqueous baits for controlling argentine ants (Hymenoptera : Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 97: 1017-1024.

Seifert, B. 1992. A taxonomic revision of the Palaearctic members of the ant subgenus Lasius s. str. (Hymenoptera: Formicidae). *Abhand. Be. Naturkundemus. Görlitz* 66(5): 1-66.

StatSoft, Inc. 2003. STATISTICA (data analysis software system), v6.0. www.statsoft.com.

Stradling, D.J. 1970. The estimation of worker ant populations by the mark-release-recapture method: an improved marking technique. Journal of Animal Ecology. 39:575-591.

Suñer, D. & Abós, L. 1994. Estudio de la infestación de *Coroebus undatus* (Fabricius) (Col., Buprestidae) en los alcornocales catalanes. *Scientia gerundensis*. 20: 45-53.

Vander Meer, R.K., Jaffe, K. and Cedeno, A. 1990. Applied myrmecology: a World perspective. Westview Press, San Francisco, CA.

Wilson, E.O. 1955. A monographic revision of the ant genus *Lasius.* Bulletin of the museum of comparative zoology. Harvard College. Vol. 113, Nº 1.

Yamauchi, K., Kinomura, K. and Miyake, S. 1981. Sociobiological studies of the polygynic ant *Lasius sakagamii*. I. General features of its polydomous system. *Insectes Sociaux*. 28:279-296.

Yamauchi, K., Kinomura, K. and Miyake, S. 1981. Sociobiological studies of the polygynic ant *Lasius sakagamii*. II. General features of its polydomous system. *Insectes Sociaux*. 29:166-174.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias a todas las personas que de una u otra forma han ayudado en la elaboración de éste trabajo y muy especialmente a:

Xavier Espadaler, por introducirme en el extraordinario mundo de las hormigas, por su apoyo y sobretodo, su entusiasmo y paciencia.

Mariano Rojo, por su disponibilidad, ayuda y conocimientos.

Patricia Prieto y Camilo de los Ángeles, por su compañía, siempre dispuestos a echar una mano.

Lluís Pesquer, Teresa Mata y especialmente, Carles Dalmases, por resolver mis dudas con MiraMon, así como a Jordi Vayreda, por lo propio con el Inventario.

Marta Barceló, por solucionar siempre cualquier problema.

Mi familia, por estar siempre ahí.

A Sandra, por todo.

A todos, gracias.

Este trabajo se ha realizado gracias al soporte del Centro de la Propiedad Forestal.

ANEXO 1. Dieta artificial de A. Bhatkar y W.H. Whitcomb.

5g de agar.

500cc agua

1 huevo

62cc de miel

1 cápsula* de vitaminas paras insectos

*Contenido de cada cápsula de vitaminas y minerales (McKesson Bexel) usada en la dieta artificial para hormigas.

Vitamin A	25,000 U.S.P. Units
Vitamin D	1,250 U.S.P. Units
Thiamine Mononitrate (B_1)	7.5 mg
Riboflavin (B_2)	7.5 mg
Pyridoxine Hydrochloride (B_6)	1.0 mg
Cyanocobalamin (B_{12})	5.0 mg
Ascorbic Acid (C)	100.0 mg
Niacinamide	100.0 mg
Calcium Pantothenate	2.0 mg
Vitamin E (d-alpha Tocopheryl Acetate Concentrate)	3.0 IU
Iron (Dried Ferrous Sulphate 84 mg)	25.0 mg
Iodine (Potassium iodide)	0.10 mg
Copper (Copper Sulfate)	1.0 mg
Manganese (Manganese Sulfate)	1.0 mg
Magnesium (Magnesium Sulfate)	1.0 mg
Zinc (Zinc Sulfate)	0.5 mg
Potassium (Potassium Sulfate)	5.0 mg
Calcium (Di-Calcium Phosphate)	50.0 mg
Phosphorus (Di-Calcium Phosphate)	39.0 mg
Methylparaben (Preservative)	0.064%
Propylparaben (Preservative)	0.016%
Excipients, artificial color, and flavor	

ANEXO 2. 60 Parcelas aleatorias.

Las tablas siguientes resumen las diferentes variables climáticas estudiadas, para cada una de las parcelas aleatorias muestreadas.
Igualmente, se incluye la altitud así como la proporción de árboles con manchas (ataque pasado) y con serrín (ataque presente).
En rojo, se resaltan las parcelas en las que se detectó la presencia de *L. brunneus.*

Id_Parcela	UTM_X	UTM_Y	Municipio	Altitud	Amp. Term.	Def. Hid. An.	Pre. M. An.	Tª M. An.
0	469064	4618960	Fogars de la Selva	154,3	16,5	150	775	14,5
1	480030	4618996	Tordera	197,2	15,5	150	775	14,5
2	465988	4617978	Sant Celoni	198,3	16,5	150	825	14,5
3	467004	4617948	Fogars de la Selva	163,2	16,5	150	775	14,5
4	462020	4616988	Sant Celoni	226,7	17,5	150	875	14,5
5	466022	4616996	Fogars de la Selva	245,5	16,5	150	825	14,5
6	478026	4617010	Tordera	36,6	15,5	150	725	15,5
7	472072	4613962	Tordera	124,2	15,5	150	775	14,5
8	454966	4609992	Vilalba Sasserra	401	15,5	150	775	13,5
9	471986	4613036	Tordera	173,5	15,5	150	725	14,5
10	458986	4609010	Vallgorguina	326,3	15,5	150	775	13,5
11	464990	4608988	Sant Iscle de Vallalta	134,9	15,5	150	725	14,5
12	448028	4617934	Sant Pere de Vilamajor	581,2	16,5	150	775	13,5
13	450002	4634001	Viladrau	798,6	16,5	50	875	11,5
14	456000	4633000	Arbúcies	730,1	16,5	50	1025	13,5
15	459000	4633000	Arbúcies	527,4	16,5	50	975	13,5
16	461046	4626976	Arbúcies	436,7	16,5	50	925	14,5
17	461983	4645992	Osor	693,5	17,5	50	975	13,5
18	461999	4627004	Arbúcies	315,3	16,5	50	925	14,5
19	462015	4633974	Arbúcies	610,9	16,5	50	975	13,5
20	463003	4653026	Amer	658,7	15,5	50	1025	13,5
21	463012	4631042	Arbúcies	496,9	16,5	50	875	13,5
22	463990	4611022	Sant Iscle de Vallalta	417,6	15,5	150	775	13,5
23	464000	4634000	Santa Coloma de Farners	406,8	16,5	50	925	14,5
24	465000	4637000	Sant Hilari Sacalm	701,2	16,5	50	925	13,5
25	466046	4615986	Fogars de la Selva	307,6	16,5	150	825	14,5
26	467009	4627060	Sant Feliu de Buixalleu	303,4	16,5	150	825	14,5
27	467053	4637031	Santa Coloma de Farners	463,4	16,5	50	875	14,5
28	468998	4642980	Anglès	476,1	16,5	150	875	14,5

Id_Parcela	UTM_X	UTM_Y	Municipio	Altitud	Amp. Term.	Def. Hid. An.	Pre. M. An.	Tª M. An.
29	469984	4639015	Brunyola	302,5	16,5	150	875	14,5
30	470000	4634000	Santa Coloma de Farners	403,7	16,5	150	875	14,5
31	477000	4693000	Maçanet de Cabrenys	469,1	15,5	50	1225	13,5
32	480994	4694007	Maçanet de Cabrenys	455,4	15,5	50	1075	13,5
33	481982	4694013	Maçanet de Cabrenys	421,7	15,5	50	1025	13,5
34	489000	4689998	Darnius	141,7	16,5	150	775	13,5
35	492000	4637000	Cassà de la Selva	185	15,5	150	825	14,5
36	454053	4631042	Arbúcies	655,2	16,5	50	1025	13,5
37	463015	4628019	Arbúcies	256,1	16,5	50	875	13,5
38	473001	4628012	Riudarenes	184	16,5	150	775	14,5
39	469001	4626012	Massanes	235,6	16,5	150	825	14,5
40	483013	4623023	Vidreres	155	15,5	150	775	14,5
41	469027	4620964	Hostalric	76,8	16,5	150	775	14,5
42	494035	4628047	Llagostera	141,7	15,5	150	775	14,5
43	494038	4623043	Tossa de Mar	468,8	15,5	150	725	13,5
44	495999	4645993	Cruílles, Monells i S. Sadurní de l'Heura	230,5	15,5	150	725	14,5
45	497993	4625985	Santa Cristina d'Aro	253,7	15,5	150	725	14,5
46	498055	4637996	Cruílles, Monells i S. Sadurní de l'Heura	418,2	15,5	150	825	14,5
47	501978	4633984	Santa Cristina d'Aro	90,2	15,5	150	775	14,5
48	486000	4625000	Vidreres	221,6	15,5	150	775	14,5
49	506005	4638982	Forallac	269,8	15,5	150	775	14,5
50	488063	4622015	Lloret de Mar	262,8	15,5	150	775	14,5
51	487014	4620991	Lloret de Mar	203	15,5	250	775	14,5
52	454022	4631936	Arbúcies	669,7	16,5	50	975	13,5
53	457000	4634000	Sant Hilari Sacalm	656,1	16,5	50	1025	13,5
54	460017	4634982	Arbúcies	671,8	16,5	50	975	13,5
55	464012	4651979	Amer	658,2	15,5	50	975	13,5
56	464958	4644919	Osor	653,4	16,5	50	925	13,5
57	467000	4640000	Osor	731	16,5	50	925	13,5
58	468000	4640000	Santa Coloma de Farners	691,2	16,5	50	875	13,5
59	468110	4642478	Osor	720	16,5	50	925	13,5

Id_Parcela	Evapo. Trans. Pot.	Tª M. agosto	Tipo de Clima	Dist. Mar	Fecha	*L. brunneus*	Pasado (%)	Presente (%)
0	783,5	22,5	10	12,1	19/01/2004	0	0	0
1	783,5	22,5	-10	5,8	20/01/2004	0	0	0
2	783,5	22,5	10	12,4	15/01/2004	0	3	0
3	783,5	22,5	10	12	16/01/2004	0	0	0
4	783,5	22,5	10	13,2	19/01/2004	0	0	0
5	783,5	22,5	10	11,5	16/01/2004	0	3	2
6	783,5	23,5	-10	5,8	20/01/2004	0	0	0
7	783,5	22,5	-10	6,4	21/01/2004	0	0	0
8	783,5	20,5	10	9,6	19/01/2004	0	0	0
9	783,5	22,5	-10	5,4	21/01/2004	0	0	0
10	783,5	20,5	10	6,9	12/01/2004	0	12	22
11	783,5	22,5	-10	4,5	12/01/2004	0	0	0
12	783,5	21,5	10	19,8	23/02/2004	0	0	0
13	783,5	19,5	30	33,5	20/02/2004	1	5,1	7,7
14	783,5	21,5	30	30,3	12/02/2004	1	11	17
15	783,5	22,5	30	28	20/02/2004	0	13,88	0,92
16	783,5	22,5	30	22,6	10/02/2004	0	0	0
17	783,5	19,5	30	38,4	17/03/2004	1	10	7
18	783,5	23,5	30	22,3	18/02/2004	0	0	0
19	783,5	21,5	30	28,6	20/02/2004	0	0	0
20	783,5	20,5	30	44,1	17/03/2004	0	0	0
21	783,5	21,5	30	25,4	11/02/2004	0	4	3
22	783,5	21,5	-10	6,5	16/02/2004	0	8,91	3,96
23	783,5	22,5	30	27,9	05/03/2004	0	5	0
24	783,5	21,5	30	29,4	13/09/2004	0	7	1
25	783,5	22,5	10	10,5	09/02/2004	0	10	4
26	783,5	23,5	10	20,5	11/02/2004	0	0	0
27	783,5	22,5	30	28	10/03/2004	0	0	0
28	783,5	22,5	30	31,8	17/03/2004	0	0	0

Id_Parcela	Evapo. Trans. Pot.	Tª M. agosto	Tipo de Clima	Dist. Mar	Fecha	*L. brunneus*	Pasado (%)	Presente (%)
29	783,5	23,5	10	27,8	22/03/2004	0	3	1
30	783,5	23,5	10	23,7	05/03/2004	0	0	0
31	783,5	20,5	70	35,8	31/03/2004	1	8	1
32	783,5	21,5	70	31,8	31/03/2004	0	6	0
33	783,5	21,5	70	30,8	31/03/2004	0	8	3
34	783,5	22,5	30	24	31/03/2004	0	3	2
35	783,5	22,5	10	15,1	19/03/2004	0	0	0
36	641	20,5	30	29,2	26/01/2004	0	0	0
37	783,5	23,5	30	22,9	26/01/2004	0	3	21
38	783,5	23,5	10	17,4	22/03/2004	0	0	0
39	783,5	23,5	10	18,4	22/01/2004	0	0	0
40	783,5	22,5	10	7,7	27/01/2004	0	0	0
41	783,5	23,5	10	14,1	14/01/2004	0	0	3
42	783,5	22,5	10	6,2	03/03/2004	0	2	1
43	783,5	20,5	-10	3,2	03/03/2004	0	0	0
44	783,5	22,5	10	18,2	19/03/2004	0	0	2
45	783,5	21,5	-10	2,7	03/03/2004	0	0	2
46	783,5	20,5	10	11,2	18/03/2004	0	0	0
47	783,5	22,5	-10	5,6	18/03/2004	0	0	0
48	783,5	21,5	-10	8,5	28/01/2004	0	0	0
49	783,5	22,5	-10	6,6	18/03/2004	0	0	0
50	783,5	22,5	-10	5,2	28/01/2004	0	0	0
51	783,5	22,5	-10	4,4	28/01/2004	0	0	0
52	641	20,5	30	30,5	26/10/2004	1	4	9
53	783,5	20,5	30	30,5	26/10/2004	0	0	0
54	783,5	19,5	30	30,4	04/10/2004	1	5	7
55	783,5	20,5	30	42	25/10/2004	1	2	8
56	783,5	21,5	30	35,6	25/10/2004	0	1	0
57	783,5	20,5	30	30,7	20/10/2004	1	8	35
58	783,5	22,5	30	30,1	05/09/2003	1	23	26,1
59	783,5	21,5	30	31,9	25/10/2004	1	57	14

ANEXO 3. Parcelas no aleatorias, visitadas posteriormente, durante el año 2005.

Las tablas siguientes resumen las diferentes variables climáticas estudiadas, para cada una de las 14 parcelas muestreadas.
Igualmente, se incluye la altitud así como la proporción de árboles con manchas (ataque pasado) y con serrín (ataque presente).
En rojo, se resaltan las parcelas en las que se detectó la presencia de *L. brunneus.*

Id_Parcela	UTM_X	UTM_Y	Municipio	Altitud	Amp. Term.	Def. Hid. An.	Pre. M. An.	Tª M. An.
68	453014	4634034	Espinelves	824,2	16,5	50	925	11,5
69	458000	4626000	Riells i Viabrea	715,9	15,5	50	1075	13,5
60	447033	4634000	Viladrau	699,1	16,5	50	825	11,5
72	474977	4694026	Maçanet de Cabrenys	653,5	15,5	50	1225	12,5
73	483026	4696007	la Vajol	645,3	15,5	50	1025	13,5
61	468034	4613986	Tordera	604,9	15,5	150	775	12,5
66	487001	4699998	la Jonquera	491,4	15,5	50	975	13,5
67	484010	4693980	la Vajol	455,1	15,5	50	925	13,5
70	478995	4691993	Maçanet de Cabrenys	391,6	15,5	50	1125	13,5
71	480008	4691956	Maçanet de Cabrenys	341,2	15,5	50	1075	13,5
64	483000	4688000	Sant Llorenç de la Muga	256,7	16,5	50	875	13,5
65	487963	4700086	la Jonquera	233	15,5	50	975	13,5
63	487932	4698000	la Jonquera	190,6	16,5	50	875	13,5
62	486958	4694017	Agullana	185,7	16,5	50	825	13,5

Id_Parcela	Evapo. Trans. Pot.	Tª M. agosto	Tipo de Clima	Dist. Mar	Fecha	*L. brunneus*	Pasado (%)	Presente (%)
68	783,5	18,5	50	32,6	31/01/2005	1	8	38
69	642	19,5	50	23	01/02/2005	0	0	0
60	783,5	20,5	10	34,6	31/01/2005	1	14	27
72	783,5	19,5	70	37,8	10/03/2005	1	15	4
73	783,5	20,5	70	30,2	07/03/2005	1	27	90
61	783,5	19,5	10	7,7	01/02/2005	0	0	0
66	783,5	21,5	50	17,1	08/03/2005	0	1	1
67	783,5	21,5	50	28,8	07/03/2005	1	11	5
70	783,5	21,5	70	34	10/03/2005	1	3	11
71	783,5	21,5	70	33	10/03/2005	1	4	4
64	783,5	21,5	50	29,8	07/03/2005	0	0	0
65	783,5	22,5	50	16,2	08/03/2005	0	1	2
63	783,5	22,5	50	16,1	08/03/2005	0	0	0
62	783,5	22,5	50	25,7	07/03/2005	0	1	0