

Relaciones entre abundancia de artrópodos y características vegetativas de la encina *Quercus ilex* L.: utilidad de su modelización empírica en la gestión forestal de las dehesas

M. DÍAZ y F. J. PULIDO

En este trabajo se analizan las relaciones entre la abundancia de artrópodos en las copas de las encinas (medida mediante vareo de ramas) y sus características vegetativas (volumen de hojas, brotes del año e inflorescencias) en dehesas de la Alta Extremadura durante la primavera de 1992, desarrollándose además modelos empíricos que predicen dichas abundancias en función de las características de los árboles. Se encontró que la mayor parte de los artrópodos eran especies fitófagas o suctoras de savia (larvas de lepidóptero y hemípteros), estando sus abundancias fuertemente relacionadas con los volúmenes de brotes del año e inflorescencias. Los modelos empíricos obtenidos alcanzaron un elevado valor predictivo (más del 50% de la varianza explicado), discutiéndose su utilidad de cara a la determinación de las poblaciones de artrópodos fitófagos del encinar y al ajuste de las dosis de los plaguicidas utilizados para combatirlos.

M. DÍAZ y F. J. PULIDO. Departamento de Biología Animal I (Vertebrados). Facultad de Biología. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

Palabras clave: Abundancia de artrópodos, *Quercus ilex*, dehesas, modelos, volumen de brotes del año, volumen de inflorescencias.

INTRODUCCION

Los artrópodos son un componente fundamental de los ecosistemas forestales, tanto por su diversidad específica (SOUTHWOOD, 1961) como por su importancia cuantitativa, y desempeñan un papel esencial en la dinámica ecológica de los bosques (MATTSON y ADDY, 1975; MATTSON, 1977; PRICE, 1984). Gran parte de los artrópodos forestales dependen estrechamente de zonas concretas del arbolado (troncos, ramas, hojas, etc.), lo que facilita la delimitación de comunidades espacialmente discretas y el estudio de su abundancia, composición, etc. en relación con las características del sustrato vegetal (LAWTON y STRONG, 1981;

MORAN y SOUTHWOOD, 1982; SOUTHWOOD *et al.*, 1982).

En los encinares (*Quercus ilex*) adeshados del suroeste de la Península Ibérica los artrópodos adquieren una especial relevancia, dada la propensión de ciertos grupos, especialmente los lepidópteros defoliadores, a experimentar desequilibrios poblacionales de efectos devastadores sobre la producción primaria del estrato arbóreo (RUPÉREZ, 1957; ICONA 1981). Las pérdidas económicas derivadas de este proceso han motivado numerosos estudios sobre la entomocenosis de la encina, que se han centrado casi exclusivamente en aspectos aplicados relacionados con el tratamiento de plagas (SÁNCHEZ-HERRERA y SORIA, 1987). Estos

estudios han sido abordados normalmente desde una perspectiva básicamente descriptiva, con procedimientos heterogéneos y limitándose a los taxones de interés económico (RUPÉREZ, 1962; COMPTE y CAMINERO, 1982; TOIMIL, 1987; ver, sin embargo, ACOSTA *et al.*, 1983; BIGOT y PONEL, 1986; MARÍN y MONTSERRAT, 1987), todo lo cual limita el alcance de sus conclusiones. Es necesario pues acometer líneas de investigación basadas en aproximaciones menos pragmáticas y más integradas a la biología de las especies (por ejemplo, LAWTON y STRONG, 1981).

En el presente trabajo se analizan las relaciones entre la abundancia de los distintos grupos de artrópodos ligados al follaje de las encinas y las características estructurales de los árboles durante su período de crecimiento y floración, época en que son más susceptibles de ser dañados por diversas plagas de insectos herbívoros (DU MERLE y MAZET, 1983). Los modelos cuantitativos obtenidos a partir de tales análisis pueden servir para predecir rápidamente y con escaso esfuerzo la abundancia de estos insectos a partir de la estructura de los árboles, siendo, por tanto, de gran utilidad de cara a la toma de decisiones sobre el momento, lugar e intensidad de aplicación de tratamientos contra plagas de la dehesa, minimizando sus efectos secundarios sobre el medio (ROBREDO y SÁNCHEZ, 1983; SÁNCHEZ-HERRERA y SORIA, 1987).

MATERIAL Y METODOS

El área de estudio se localiza en el piso mesomediterráneo (RIVAS-MARTÍNEZ, 1981). Se trata de un extenso encinar adehesado que cubre la penillanura situada entre el límite norte del Parque Natural de Monfragüe (Sierras de La Venta y El Guijo) y el río Jerte (Malpartida de Plasencia, Cáceres; 40° 00' N, 6° 05' W). La altitud media es de 450 m s.n.m. y el clima es de tipo mediterráneo seco (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1985).

Se seleccionaron ocho parcelas de 500 × 100 m, representativas de los diferentes tipos principales de manejo humano de que es objeto el encinar (pastoreo extensivo y cultivo de cereales de invierno; CAMPOS, 1984; PULIDO y DÍAZ, 1992), con el fin de contemplar las posibles variaciones en las condiciones de desarrollo de los árboles que pudieran ser debidas a estos usos (RUPÉREZ, 1957). Durante la primera quincena de abril de 1992 se seleccionó un máximo de siete árboles por parcela con el fin de estimar la abundancia de artrópodos asociados al follaje de las encinas. Para ello se sacudieron, mediante una pértiga con gancho, entre dos y cuatro ramas de 5 cm de diámetro en cada árbol, determinándose a nivel de orden los animales caídos sobre un lienzo blanco de 2 × 1,5 m. Este método, aunque tiende a infravalorar ciertos grupos de artrópodos como las formas voladoras o las especies minadoras de las hojas, rinde índices de abundancia de fácil y rápida obtención que son comparables directamente entre ramas y árboles (ver COOPER y WHITMORE, 1990; DÍAZ y PULIDO, 1993). La inspección visual de algunas ramas tras su sacudida no reveló animales que permanecieran aferrados a hojas o ramillas, por lo que el muestreo habría rendido resultados aceptables para grupos no voladores como orugas, hormigas o coleópteros. En cada rama muestreada se estimaron previamente los volúmenes de hojas, brotes del año e inflorescencias mediante sendos índices que variaban entre 1 y 5 (Figuras 1 y 2).

Las relaciones entre la abundancia de cada grupo de artrópodos y las características de las ramas se analizaron mediante correlaciones simples (SOKAL y ROHLF, 1981) y regresiones múltiples por pasos (NETER *et al.*, 1985) entre los valores medios de estas variables para cada árbol muestreado, a fin de evitar la pseudoreplicación de las muestras (HURLBERT, 1984). Los valores de abundancia de artrópodos se transformaron logarítmicamente ($X' = \ln(X + 1)$) previamente a su análisis a fin de normalizar su distribución (SOKAL y ROHLF, 1981). Las distribu-

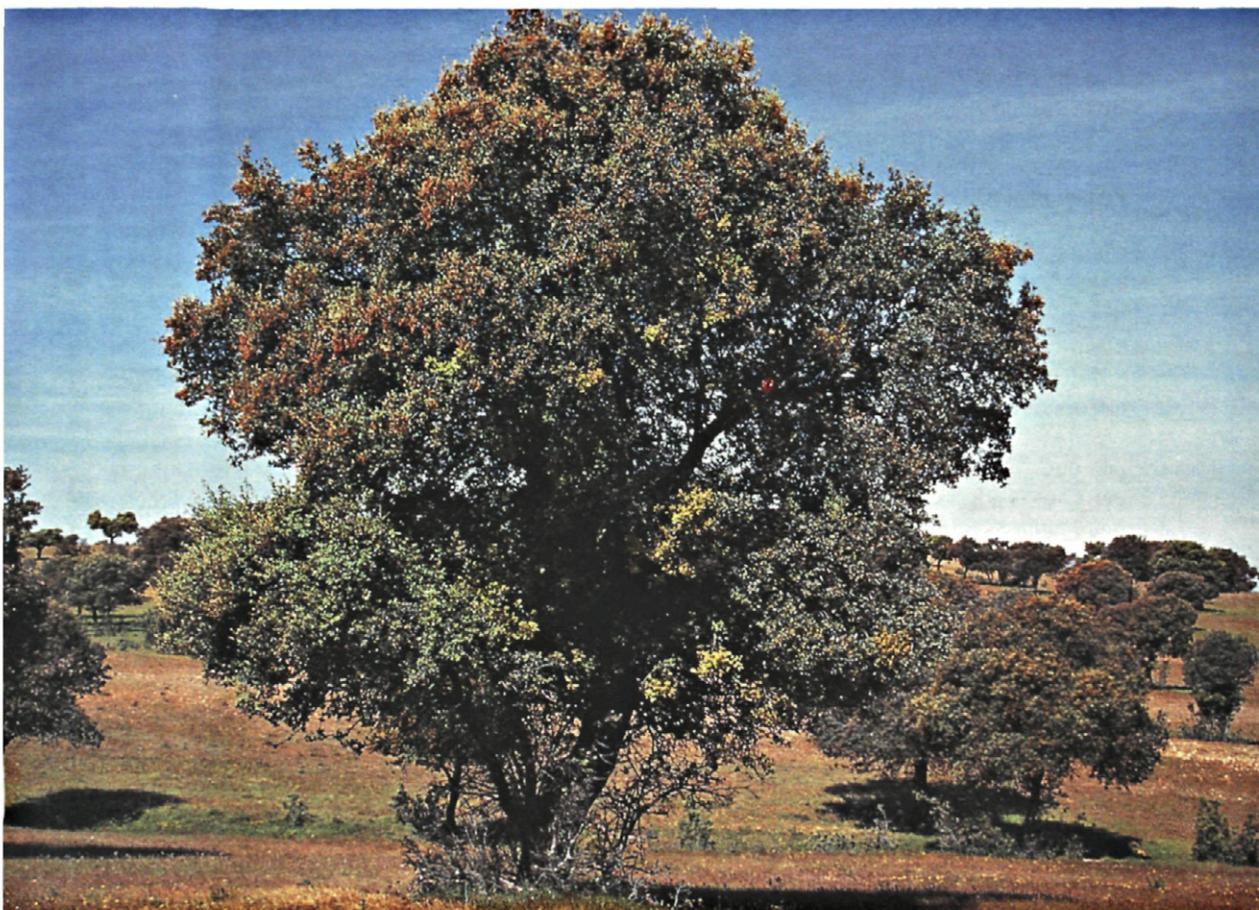


Fig. 1.—Aspecto general de una encina *Quercus ilex* L. en primavera, mostrando los brotes del año (color verde amarillento) y las inflorescencias (color pardo anaranjado). (Foto: J. Delgado).

ciones de los índices volumétricos medios por árbol de hojas, brotes e inflorescencias no difirieron significativamente de una distribución normal (DN = 0,117, 0,094 y 0,185, $P = 0,490, 0,999$ y $0,061$, respectivamente; test de Kolmogorov-Smirnov; SOKAL y ROHLF, 1981), lo cual nos permite analizar estos datos sin previa transformación.



Fig. 2.—Detalle de una rama de encina con brotes e inflorescencias. (Foto: F. J. Pulido).

RESULTADOS

Composición de la entomocenosis de la encina

Se muestreó un total de 188 ramas pertenecientes a 51 árboles, 21 en dehesas pastadas, 14 en dehesas cultivadas y 16 en dehesas con matorral, obteniéndose un total de 1428 artrópodos pertenecientes a ocho órdenes (Figura 3). Un análisis de la varianza de clasificación doble (tipo de uso del encinar y orden de artrópodos) del número medio de artrópodos por rama en cada árbol mostró efectos significativos del orden de artrópodos considerado ($F_{5,305} = 24,75$, $P < 0,001$), pero no del tipo de uso ni de la interacción entre ambos factores ($F_{2,305} = 1,06$, $P = 0,247$ y $F_{10,305} = 0,50$, $P = 0,890$, respectivamente).

Esto es, hubo diferencias significativas en la abundancia de los diferentes grupos considerados, que, sin embargo, no variaron entre los diferentes tipos de uso del encinar. Las larvas de lepidóptero (sobre todo noctuidos, tortricidos y lasiocámpidos; Figura 4) y los hemípteros heterópteros (principalmente míridos) aparecieron como los grupos dominantes. Arañas, hormigas (fundamentalmente *Camponotus cruentatus*) y coleópteros (mayoritariamente coccinélidos y curculiónidos) adquirieron una importancia secundaria, junto a grupos de presencia irregular como dermápteros, colémbolos y ortópteros. La comunidad de artrópodos ligados al follaje de las encinas estuvo por tanto dominada por insectos fitófagos (defoliadores o succionadores de savia), susceptibles de constituir plagas en el encinar (Figura 3).

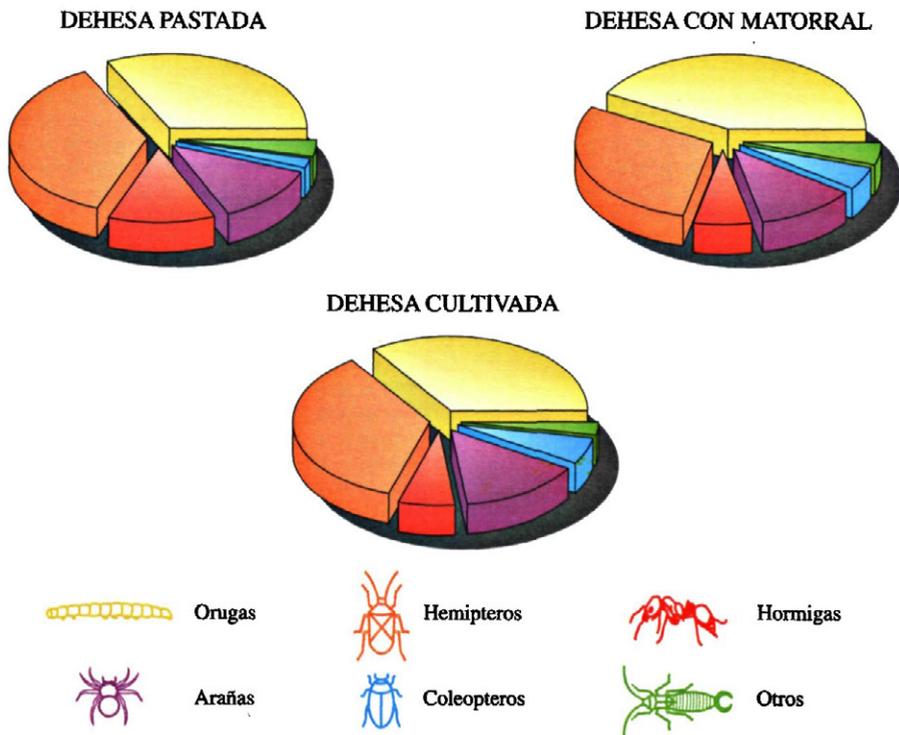


Fig. 3.—Composición porcentual según órdenes de las comunidades de artrópodos ligadas al follaje de las encinas en los tres principales tipos de uso de las dehesas. Ver texto para más detalles.



Fig. 4.—Grupo de orugas de *Malacosoma neustria* (Lepidoptera: Lasiocampidae) alimentándose en inflorescencias de encina. (Foto: F. J. Pulido).

Relaciones entre la abundancia de artrópodos y las características de las encinas

Las características estructurales consideradas no variaron significativamente entre tipos de uso del encinar (ANOVAs de clasificación simple; $F_{2,48} = 1,95$, $P = 0,153$; $F_{2,48} = 1,49$, $P = 0,235$; y $F_{2,48} = 0,81$, $P = 0,451$ para los volúmenes de hojas, brotes y flores, respectivamente). Estos resultados concuerdan con la falta de diferencias en otras variables del arbolado (densidad, tamaño de los árboles) según tipos de uso del encinar encontradas en otro trabajo (PULIDO y DÍAZ, 1992), así como con el hecho de que el principal factor diferenciador de los tipos de uso de la dehesa sea el tratamiento del suelo, no afectando significativamente a los árboles (ver CAMPOS, 1984). Por otro lado, esta homogeneidad en la estructura de los árboles y en la

comunidad de artrópodos asociada según usos (ver más arriba) nos permite analizar las relaciones entre ambos grupos de variables de manera conjunta, sin considerar los tipos de uso del suelo.

Los análisis de correlación simple entre las variables estructurales del arbolado y la abundancia de los distintos grupos de artrópodos mostraron asociaciones significativas entre los volúmenes de brotes e inflorescencias y las abundancias totales y de los dos grupos más numerosos (larvas de lepidóptero y hemípteros; Cuadro 1). Los análisis de regresión múltiple por pasos de estas variables seleccionaron en todos los casos el volumen de inflorescencias, además del volumen de brotes en los grupos más abundantes. La abundancia total de artrópodos en las copas aparece por tanto como altamente predecible en función de las características vegetativas del árbol (53% de la varianza

Cuadro 1.—Coeficientes de correlación simple entre las variables estructurales consideradas (volúmenes medios de hojas, brotes e inflorescencias) y el número medio de artrópodos por rama, transformado logarítmicamente

		OR	AÑ	HOR	HEM	COL	OTR	TOT
Hojas	r	,262	,088	,159	,158	,009	,061	,296
	p	,063	,538	,264	,267	,947	,669	,035
Brotes	r	,675*	,159	,106	,520*	-,333	,056	,648*
	p	,000	,264	,460	,000	,017	,695	,000
Flores	r	,798*	,259	-,203	,635*	-,198	,150	,720*
	p	,000	,067	,153	,000	,163	,293	,000

N = 51 árboles. Se dan los valores exactos de probabilidad de obtención al azar de cada coeficiente, marcándose con un asterisco aquellos que resultaron significativos tras corregir el error de tipo I asociado a la realización de tests múltiples mediante la prueba secuencial de Bonferroni para $\alpha = 0,05$ y $k = 21$ (ver RICE, 1989).

OR: larvas de lepidóptero; AÑ: arañas; HOR: hormigas; HEM: hemípteros; COL: coleópteros; OTR: otros órdenes; TOT: total de artrópodos.

explicada; Cuadro 2). Para algunos grupos, singularmente las larvas de lepidópteros defoliadores, las ecuaciones son aún más precisas en sus predicciones (64% de la varianza explicada), mientras que para los órdenes minoritarios las predicciones no llegan a ser significativas (Cuadro 2).

DISCUSION

Los recursos alimenticios de que dependen las poblaciones de artrópodos fitófagos del encinar (brotes del año e inflorescencias) sólo son disponibles durante el periodo

de crecimiento de los árboles, antes de que las nuevas hojas y tallos desarrollen cubiertas duras de ceras o lignina que dificultan o incluso impiden su consumo por estos animales (DU MERLE y MAZET, 1983). No obstante este carácter efímero en el tiempo, la predecibilidad espacial y temporal de estos recursos en medios forestales tiende a ser grande (FEENY, 1976), con lo que podrían considerarse como prácticamente estables para organismos que, como los artrópodos, son capaces de desarrollar fases de resistencia en los periodos desfavorables (diapausa). Este hecho, junto con el corto tiempo de generación de estos animales (ver SOUTH-

Cuadro 2.—Modelos empíricos que relacionan la abundancia de cada grupo de artrópodos (números medios por rama, transformados logarítmicamente) y las variables estructurales de los árboles

Modelo	R ² (%)
$\ln(\text{OR} + 1) = -0,190 + 0,135 (\text{brotes}) + 0,409 (\text{flores})$	63,95***
$\ln(\text{AÑ} + 1) = 0,395 + 0,083 (\text{brotes})$	4,78 ^{n.s.}
$\ln(\text{HOR} + 1) = 0,233 + 0,257 (\text{brotes}) - 0,245 (\text{flores})$	15,05**
$\ln(\text{HEM} + 1) = 0,202 + 0,380 (\text{flores})$	39,10***
$\ln(\text{COL} + 1) = 0,489 - 0,099 (\text{brotes})$	9,26*
$\ln(\text{OTR} + 1) = 0,091 + 0,051 (\text{flores})$	3,15 ^{n.s.}
$\ln(\text{TOT} + 1) = 0,933 + 0,156 (\text{brotes}) + 0,284 (\text{flores})$	52,97***

Modelos obtenidos mediante análisis de regresión múltiple por pasos con F de entrada/eliminación = 2 (NETER *et al.*, 1985). Se da también el porcentaje de la varianza explicado por el modelo (R²) y el nivel de significación de éste (***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$; n.s.: $p > 0,05$). N = 51 árboles. Ver Cuadro 1 para las abreviaturas.

WOOD *et al.*, 1982 y referencias allí dadas), les permitiría rastrear rápidamente las variaciones espaciales y temporales de sus recursos. El trabajo de DU MERLE y MAZET (1983), en que se muestra cómo la infestación por el lepidóptero *Tortrix viridana* se ajusta en gran medida a la fenología de la foliación de la encina en el sur de Francia, demuestra esta capacidad de rastreo de los recursos en el tiempo, mientras que la estrecha asociación entre sustrato vegetal y abundancia de insectos fitófagos encontrada en este trabajo documenta su capacidad de rastreo en el espacio. De hecho, esta rápida respuesta al incremento de los recursos alimenticios es la que en última instancia permite a los artrópodos constituirse en plagas de los vegetales cultivados (ICONA, 1981).

El aparente carácter general de la relación entre la abundancia de insectos fitófagos y las características vegetativas de las encinas permite el desarrollo de modelos empíricos capaces de predecir su abundancia a partir de variables estructurales de rápida y fácil estima. El conocimiento rápido y preciso de las poblaciones de estos insectos permitiría a su vez calcular el momento de aplicación y la dosificación adecuada de los plaguici-

das utilizados para su control fitosanitario, minimizando tanto sus costes económicos como los efectos secundarios indeseables sobre otros animales (CABELLO DE ALBA, 1992). El método empleado en este trabajo parece rendir buenas estimas de la abundancia de larvas de lepidóptero y otras formas no voladoras, aunque probablemente subestime las de otros grupos como los hemípteros. Este problema puede solventarse aplicando métodos de conteo que rindan mejores estimas para estos grupos (por ejemplo, cortando ramas previamente introducidas en bolsas), bien de manera rutinaria o bien simultáneamente a métodos de aplicación menos costosa como el vareo a fin de desarrollar factores de corrección (ver revisión de COOPER y WHITMORE, 1990).

AGRADECIMIENTOS

Estamos muy agradecidos a Javier Esteban, Alvaro Rivero, Manuel Tello y, especialmente, a Cova Tamayo, por su inestimable ayuda y su compañía durante el trabajo de campo. Este trabajo se ha realizado sin ayuda económica.

ABSTRACT

DÍAZ, M. y PULIDO, F. J., 1995: Relaciones entre abundancia de artrópodos y características vegetativas de la encina *Quercus ilex* L.: utilidad de su modelización empírica en la gestión forestal de las dehesas. *Bol. San. Veg. Plagas*, 21(2): 253-260.

We analyze the relationships between the abundance of arthropods in the tree canopies (measured by shake-cloth sampling) and the vegetative characteristics of trees (volumes of leaves, sprouts and inflorescences) in Spanish Holm oak (*Quercus ilex*) dehesas during the spring of 1992. We also develop predictive empiric models for these relationships by means of stepwise multiple regression techniques. Most arthropods found were herbivorous and honeydew-sucking species (lepidopteran larvae and hemipterans, respectively), whose abundances were strongly correlated with the volumes of sprouts and inflorescences. The empiric models obtained had a large predictive power (more than 50% variance explained), a fact that was probably due to the close tracking of food resources by insect populations in forest habitats. The usefulness of these models for the determination of the abundance of phytophagous insects, as well as for the adjustment of the dosages of the pesticides which are used for their control in dehesas, is also discussed.

Key words: Arthropod abundance, dehesas, empirical models, *Quercus ilex*, volume of sprouts, volume of flowering stems.

REFERENCIAS

- ACOSTA, J. M.; MARTÍNEZ, M. D. y MORALES, M., 1983: Contribución al conocimiento de la mirmeofauna del encinar (1). (Hym. Formicidae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, **6**: 379-391.
- BIGOT, L. y PONEL, P., 1986: Etude d'un écosystème méditerranéen: la forêt domaniale mixte (chêne à *Quercus ilex* L. et à *Q. pubescens* Willd.) de la Gardiole de Rians. Composition et structure du peuplement des arthropodes frondicoles. *Bulletin d'Ecologie*, **16**: 269-272.
- CABELLO DE ALBA, F., 1992: Efectos de un tratamiento aéreo masivo con malathion contra lepidópteros defoliadores de la encina sobre la comunidad de aves de un encinar adeshado. *Ecología*, **6**: 199-206.
- CAMPOS, P., 1984: *Economía y energía en la dehesa extremeña*. Instituto de Estudios Agrarios, Pesqueros y Alimentarios, Madrid.
- COMPTE, A. y CAMINERO, N., 1982: Las comunidades de coleópteros xilófagos de las encinas de los alrededores de Madrid. *Graellsia*, **38**: 201-217.
- COOPER, R. J. y WHITMORE, R. C., 1990: Arthropod sampling methods in ornithology. *Studies in Avian Biology*, **13**: 29-37.
- DÍAZ, M. y PULIDO, F. J., 1993: Relaciones entre la abundancia de artrópodos y la densidad del Herrero Común *Parus caeruleus* en dehesas durante el periodo prerreproductor. *Ardeola*, **40**: 33-38.
- DU MERLE, P. y MAZET, R., 1983: Stades phenologiques et infestation par *Tortrix viridana* L. (Lep., Tortricidae) des bourgeons du chêne pubescent et du chêne vert. *Acta Oecologica/Oecologia Applicata*, **4**: 47-53.
- FEENEY, P., 1976: Plant apparency and chemical defense. *Recent Advances in Phytochemistry*, **10**: 1-40.
- HOWE, H. F. y WESTLEY, L. C., 1988: *Ecological relationships of plants and animals*. Oxford University Press, New York.
- HURLBERT, S. H., 1984: Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, **54**: 187-211.
- ICONA, 1981: *Plagas de insectos en las masas forestales españolas*. MAPA, Madrid.
- LAWTON, J. H. y STRONG, D. R., 1981: Community patterns and competition in folivorous insects. *American Naturalist*, **118**: 317-338.
- MATTSON, W. J. (ed.), 1977: *The role of arthropods in forest ecosystems*. Springer-Verlag, New York.
- MATTSON, W. J. y ADDY, N. D., 1975: Phytophagous insects as regulators of forest primary production. *Science*, **190**: 515-522.
- MARÍN, F. y MONTSERRAT, V. J., 1987: Los neurópteros del encinar ibérico (Insecta, Neuropteroidea). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, **13**: 347-359.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1985: *Mapa de cultivos y aprovechamientos. Malpartida de Plasencia*. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- MORÁN, V. C. y SOUTHWOOD, T. R. E., 1982: The guild composition of arthropod communities in trees. *Journal of Animal Ecology*, **51**: 289-306.
- NETER, J.; WASSERMAN, W. y KUTNER, M. H., 1985: *Applied linear statistical models*, 2nd. ed. Irwin, Homewood, Illinois.
- PRICE, P. W., 1984: *Insect ecology*, 2nd. ed. Wiley and Sons, New York.
- PULIDO, F. J. P. y DÍAZ, M., 1992: Relaciones entre estructura de la vegetación y comunidades de aves nidificantes en las dehesas: influencia del manejo humano. *Ardeola*, **39**: 63-72.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1981: Les étages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule Ibérique. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, **37**: 251-268.
- RUPÉREZ, A., 1957: *La encina y sus tratamientos*. Ediciones Selvícolas, Madrid.
- RUPÉREZ, A., 1962: Contribución al conocimiento de lepidópteros defoliadores de la encina (*Quercus ilex* L.). *Boletín del Servicio de Plagas Forestales*, **10**: 92-102.
- ROBREDO, F. y SÁNCHEZ A., 1983: Lucha química contra la lagarta verde de la encina, *Tortrix viridana* L. (Lep.: Tortricidae). Evolución de las técnicas de aplicación desde los primeros ensayos y trabajos realizados hasta el momento actual. *Boletín del Servicio de Plagas Forestales*, **9**: 253-272.
- SÁNCHEZ-HERRERA, F. y SORIA, S., 1987: La problemática del seguimiento y control de lepidópteros nocivos del encinar, especial referencia al encinar adeshado madrileño. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, **13**: 213-224.
- SOKAL, R. R. y ROHLF, F. J., 1981: *Biometry*, 2nd ed. Freeman, San Francisco.
- SOUTHWOOD, T. R. E., 1961: The number of species of insects associated with various trees. *Journal of Animal Ecology*, **31**: 1-8.
- SOUTHWOOD, T. R. E.; MORAN V. C. y KENNEDY, C. E. J., 1982: The richness, abundance and biomass of the arthropod communities on trees. *Journal of Animal Ecology*, **51**: 635-649.
- RICE, W. R., 1989: Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, **43**: 223-225.
- TOIMIL, F. J., 1987: Algunos lepidópteros defoliadores de la encina (*Q. ilex* L.) y alcornoque (*Q. suber* L.) en la provincia de Huelva. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, **13**: 331-346.

(Aceptado para su publicación: 18 noviembre 1994)