

MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS

Número 10

Abril, 1988

SUMARIO

	Página
E. BARBA, J.A. GIL-DELGADO Y G. LÓPEZ. El tamaño de la puesta del Carbonero Común (<i>Parus major</i>) en los naranjales valencianos y en el encinar del Monte Poblet (Tarragona)	5
E. FORÉS, M. MENÉNDEZ Y F.A. COMÍN. Liberación del C, N y P durante la descomposición de la paja del arroz	13
F. V. FAUS. Contribución al conocimiento de la malacofagia de <i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	19
EDUARDO GALANTE PATIÑO Y JESÚS RODRÍGUEZ ROMO. Análisis de la distribución de <i>Geotrupidae</i> en áreas del oeste español: provincia de Cáceres	29
C.A. GRACIA Y J. J. IBÁÑEZ. Una función de crecimiento flexible para describir diferentes tipos de series dendrocronológicas: generalización de la función de Richard	45
JUAN BELLOT Y ANTONIO ESCARRÉ. Balances de nutrientes en pequeñas cuencas de encinar. II. Quimismo de la precipitación y aportes de origen atmosférico	63
MONSERRAT, V.J. Y DÍAZ-ARANDA, L.M. Contribución al conocimiento de los Neuropteros de Castellón. (<i>Insecta, Neuropteroidea, Planipennia</i>)	87

Es necesario poner en conocimiento de los lectores de "Mediterránea" que el retraso sufrido en la edición de los dos últimos números ha sido debido a problemas financieros, felizmente resueltos a través del convenio de colaboración firmado por la Universidad de Alicante y el Gabinete de Ordenación Territorial y Medio Ambiente de la Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte de la Generalidad Valenciana. Dicho convenio permitirá en el futuro la financiación de los distintos números, tal como ha sucedido con este.

La redacción de "Mediterránea" agradece asimismo a la Caja de Ahorros Provincial de Alicante la subvención que, desde siempre viene donando a nuestra publicación.

MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS

Número 10

Abril, 1988

SUMARIO

	Página
E. BARBA, J.A. GIL-DELGADO Y G. LÓPEZ. El tamaño de la puesta del Carbonero Común (<i>Parus major</i>) en los naranjales valencianos y en el encinar del Monte Poblet (Tarragona)	5
E. FORÉS, M. MENÉNDEZ Y F.A. COMÍN. Liberación del C, N y P durante la descomposición de la paja del arroz	13
F. V. FAUS. Contribución al conocimiento de la malacofagia de <i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	19
EDUARDO GALANTE PATIÑO Y JESÚS RODRÍGUEZ ROMO. Análisis de la distribución de <i>Geotrupidae</i> en áreas del oeste español: provincia de Cáceres	29
C.A. GRACIA Y J. J. IBÁÑEZ. Una función de crecimiento flexible para describir diferentes tipos de series dendrocronológicas: generalización de la función de Richard	45
JUAN BELLOT Y ANTONIO ESCARRÉ. Balances de nutrientes en pequeñas cuencas de encinar. II. Quimismo de la precipitación y aportes de origen atmosférico	63
MONSERRAT, V.J. Y DÍAZ-ARANDA, L.M. Contribución al conocimiento de los Neuropteros de Castellón. (<i>Insecta, Neuropteroidea, Planipennia</i>)	87

SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS

Mediterránea Ser. Biol.

Abril 1988

ANEJO DE LOS ANALES DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

*Comité de Redacción: Ramón Margalef, Jaume Terradas,
Carlos M. Herrera, Simone Denaeyer, Frank Golley.*

Comité Editorial: Antonio Escarré, Joaquín Martín, Eduardo Seva.

Coordinador de este número: Eduardo Seva.

EDITA: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante.

I.S.S.N. n.º 0210-5004

Depósito Legal A-1.059-1984

*Composición e Impresión:
Gráficas ESTILO
General Elizaicin, 11
ALICANTE*

*Correspondencia: Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos
Naturales (División de Biología). Fac. de Ciencias de Alicante.*

Apartado de Correos 99. 03080 ALICANTE (España)

Tel. 96-5665111. Extensión 1.195. Telex 66616. Telefax 566 88 67.

PUBLICACIÓN PATROCINADA POR:



Y CAJA DE AHORROS PROVINCIAL
DE ALICANTE

EL TAMAÑO DE LA PUESTA DEL CARBONERO COMÚN (*PARUS MAJOR*) EN LOS NARANJALES VALENCIANOS Y EN EL ENCINAR DE MONTE POBLET (TARRAGONA)

(Clutch size in Great Tits (*Parus major*) in orange-groves of Valencia and in the holm oak forest of Monte Poblet (Tarragona))

por
E. BARBA¹, J. A. GIL-DELGADO¹, G. LÓPEZ²

RESUMEN

La estación de nidificación del Carbonero Común (*Parus major*) en la franja mediterránea ibérica comienza en abril y finaliza en julio. No obstante, la fecha media de puesta es diferente en distintas localidades. El tamaño medio de la puesta gira en torno a los 7 huevos por nido en las localidades estudiadas. Este valor es diferente del tamaño de la puesta al norte de los Pirineos y en regiones más occidentales de la Península Ibérica.

SUMMARY

In the Iberian mediterranean area, the Great Tit's breeding season starts in April and finishes in July, but the mean laying date differs in different areas. The mean clutch size is about 7 eggs in the study sites. This values is significantly lower than mean clutch size both in more northern localities and in Salamanca (western Spain).

Palabras clave: Carbonero Común, Tamaño de la Puesta, Cajas nido.

INTRODUCCIÓN

Entre las aves son numerosas las especies que por causas de diversa índole varían el tamaño de la puesta. Esta capacidad es centro de atención y, sobre

(1) Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Valencia. Burjasot (Valencia).

(2) Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. Universidad de Alicante.

el tema, existe un buen número de artículos que han descrito diferentes tendencias a nivel intraespecífico. Unas son de naturaleza geográfica (véase LACK, 1954; CODY, 1971; BLONDEL, 1985 entre otros); otras están relacionadas con el influjo que ejerce el hábitat, la densidad de población y la fecha de puesta de los huevos (KLUIJVER, 1951; SNOW, 1955 y 1958; VAN BALEN, 1973; NEWTON, 1976; pero véase también KLOMP, 1970; CODY, 1971; PERRINS y BIRKHEAD, 1983). Entre las tendencias geográficas, la más difundida enlaza el tamaño de la puesta con la latitud al estar ambas fuertemente correlacionadas (PERRINS y BIRKHEAD, 1983). En este sentido, el incremento del tamaño de la puesta con la latitud del Bisbita Común (*Anthus pratensis*) en Finlandia (PULLIAINIEN, 1977) es un buen ejemplo.

Entre las especies europeas, el Carbonero Común (*Parus major*) es una de las mejor conocidas y existe una amplia información sobre el tamaño medio de la puesta que la especie tiene en los distintos países de Europa (KLUIJVER, 1963; LACK, 1964; BUSSE, 1967; VON HAARTMAN, 1969; BALAT, 1970; JOHANSSON, 1972; WINKEL, 1975; OJANEN *et al.*, 1978; DHONT y SCHILLEMANS, 1983 entre otros).

En este artículo ofrecemos los resultados obtenidos en tres localidades cercanas a la costa mediterránea ibérica, situadas a latitudes y altitudes diferentes. Las tres localidades representan dos tipos de hábitats: el naranjal (Sagunto y Catarroja), y el encinar (Monte Poblet).

ÁREA DE ESTUDIO

La tabla I muestra la situación geográfica de las tres localidades en las que se ha realizado este estudio. Sagunto y Catarroja son áreas dedicadas al cultivo del naranjo y en donde ésta es la especie predominante. La estructura de los huertos es similar en ambas zonas y la distribución de los árboles y las especies vegetales que componen el estrato herbáceo están descritas en GIL-DELGADO y ESCARRÉ (1977). Ambas localidades pertenecen a la provincia de Valencia.

La tercera localidad corresponde a un encinar de la asociación *Quercetum ilicis galloprovinciale*, situado en el Monte Poblet, término municipal de Vimodó (Tarragona). Una descripción más detallada del área se puede encontrar en ESCARRÉ *et al.* (1982).

TABLA I

Situación geográfica y tipo de hábitat de las localidades de estudio

	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	HÁBITAT
Catarroja	39° 24' N	0° 27' W	30 m.	Naranjal
Sagunto	39° 42' N	0° 15' W	30 m.	Naranjal
Monte Poblet	41° 21' N	1° 05' E	600-900 m.	Encinar

MATERIAL Y MÉTODO

El número de puestas controladas es de 89. No obstante, para determinar el tamaño de la puesta se descartaron 8 de ellas, 6 por ser abandonadas antes de estar completas y 2 por sospechar que pertenecían a 2 hembras. De estas últimas, una procedente de Sagunto contenía 14 huevos y la otra, procedente de Monte Poblet contenía 13 huevos.

Las puestas fueron estudiadas en cajas nido. En el Monte Poblet se colocaron 20 cajas de 1985, número que se amplió a 76 en 1986. Los nidales se colocaron lo suficientemente dispersos como para evitar el aumento de densidad en estas zonas. Para la estima de la densidad en el encinar del Monte Poblet se utilizaron dos parcelas de 5 ha. divididas en una malla de 25×25 m., que eran censadas 2 veces al mes para obtener un valor representativo de cada mes. En estas parcelas no se colocaron nidales. En este estudio se han considerado la densidad correspondiente al mes de abril.

En Sagunto se colocaron 13 cajas nido en 1985 en una parcela ampliamente descrita por GIL-DELGADO y ESCARRÉ (1977) y con distribución dispersa con el fin de evitar el aumento de la densidad. En 1986 y 1987 esta parcela quedó libre de nidales y se dispusieron 59 cajas en una parcela adyacente de 10 ha.

RESULTADOS

La tabla II muestra las densidades de las tres localidades para cada una de las temporadas reproductoras estudiadas.

La estación de nidificación comienza en abril y finaliza en julio al volar los pollos de las puestas de junio. La duración de la temporada reproductora es similar en todas las localidades estudiadas. La mayoría de las puestas se inician a finales de abril y principios de mayo (Fig. 1). Al comparar Sagunto y Monte Poblet se puede apreciar que la distribución de las puestas a lo largo de la estación de nidificación muestran máximos distintos y la fecha media de puesta en Sagunto está adelantada en relación con el Monte Poblet ($t = 4.16$, g.l. = 77, $p < 0.001$).

En Sagunto y Monte Poblet, el Carbonero Común realiza generalmente una sola puesta (Sagunto: 86% de las parejas; Monte Poblet: 91% de las pare-

TABLA II

Densidad (número de parejas por 10 ha.) en las localidades de estudio.

En Catarroja el estudio comenzó en 1987. ° = Cajas-nido en exceso;

^a = Cajas-nido en exceso y primer año de aplicación

	1985	1986	1987
Catarroja			4.0 ^a
Sagunto	7.7	15.9°	17.8°
Monte Poblet	2.0	2.0	3.0

jas). En Catarroja los resultados son muy distintos al realizar todas las parejas dos puestas.

El tamaño de la puesta varía entre 4 y 10 huevos. La tabla III muestra el número de nidos que presentan cada tamaño de puesta para cada localidad y año. Al comparar los tamaños de la puesta entre Sagunto y Monte Poblet intraanualmente no se observan diferencias significativas (1985: $F_{1,7} = 1.29$; 1986: $F_{1,31} = 0.06$; 1987: $F_{1,29} = 0.002$). Al comparar el tamaño de la puesta de estas localidades interanualmente existen diferencias en Sagunto ($F_{2,46} = 4.2$, $p < 0,05$) pero no en Monte Poblet ($F_{2,21} = 1.15$, n.s.)

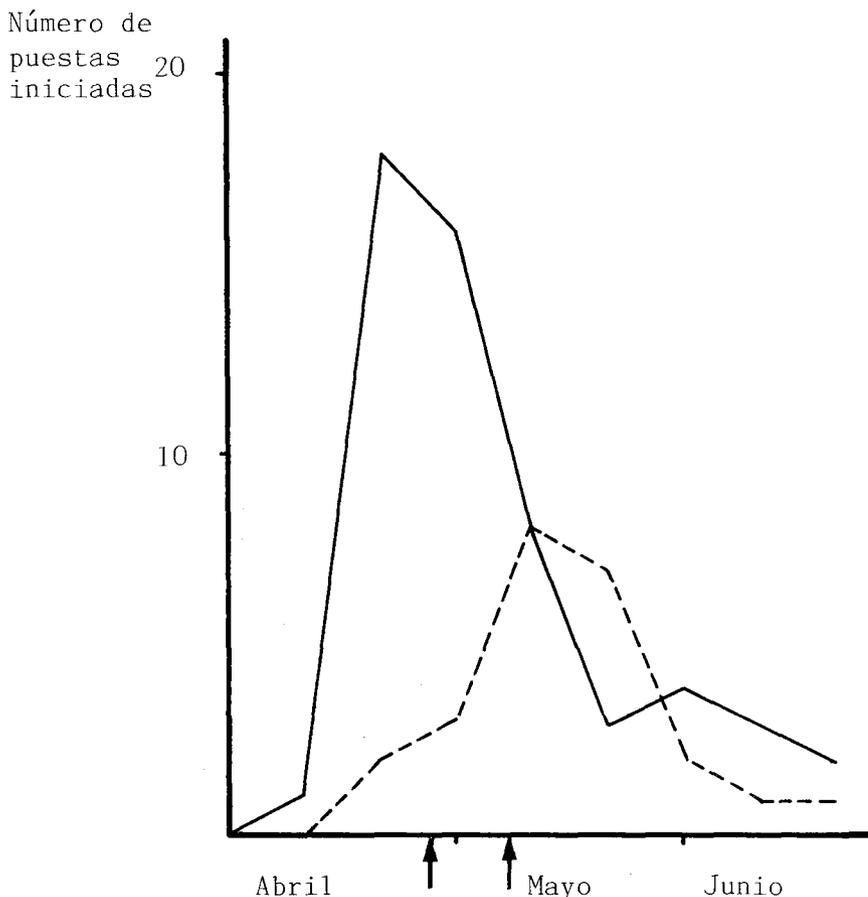


Figura 1.—Distribución del inicio de las puestas en el curso de la estación de nidificación. Los intervalos son de 10 días. La línea continua pertenece a la localidad de Sagunto, y la discontinua a el Monte Poblet. En la figura también se muestra con un par de flechas la situación de las fechas medias de las primeras puestas en las dos localidades (Sagunto = 27 de abril; Monte Poblet = 8 de mayo).

TABLA III

Distribución de los nidos en relación con el tamaño de la puesta por localidad y año

LOCALIDAD Y AÑO	TAMAÑO DE LA PUESTA								n
	4	5	6	7	8	9	10	X	
Catarroja									
1987				1	2	5		8.5	8
Sagunto									
1985			1		1	2	1	8.4	5
1986	1	3	5	7	3	1	1	6.7	21
1987			5	7	6	4	1	7.5	23
Monte Poblet									
1985		1			3			7.2	4
1986		3	3	4	1		1	6.6	12
1987			1	4	2		1	7.5	8

DISCUSIÓN

Entre la información existente en relación con el tamaño de la puesta, el valor señalado por MUNTANER *et al.* (1983) es geográficamente el más cercano a nuestra área de estudio. Estos autores señalan para Cataluña un tamaño medio de la puesta de 6.1 huevos por nido (s.d. = 1.65, n = 73). Dicho valor muestra diferencias altamente significativas en comparación con el valor medio conjunto de las tres localidades que abarca este estudio (X = 7.3, s.d. = 1.39, n = 81) ($F_{1,151} = 23.8$, p. < 0.001). La diferencia existente procede básicamente de la elevada proporción de puestas de pequeño tamaño señaladas por MUNTANER *et al.* (1983).

En principio, entre el Monte Poblet y Sagunto podríamos esperar diferencias en el tamaño medio de la puesta por motivos relacionados con la diferencia de densidad observada (tabla II) (KLUIJVER, 1951; LACK, 1958), pues para esta especie los derivados de la situación geográfica son discutidos (CRAMM, 1982; KREMENTZ y HANDFORD, 1984). No obstante, entre ambas localidades no existen diferencias, por lo que podemos sugerir que el tamaño medio de la puesta en la franja mediterránea ibérica gira en torno a los 7 huevos por nido. Al comparar este valor con los procedentes de países situados al norte de los Pirineos (KLUIJVER, 1963; CRAMM, 1982; DHONT y SCHILLEMANS, 1983), se aprecia una diferencia de 2 huevos aproximadamente entre las dos vertientes pirenaicas, que concuerda con la reducción del tamaño de la puesta según desciende la latitud (véase LACK, 1954; CODY, 1971; entre otros).

Estas diferencias no deben generalizarse para la totalidad de la Península Ibérica. En los mismos años en que desarrollamos este trabajo, PASCUAL (1985) obtiene en Salamanca un valor medio de 9.1 huevos por nido, cifra que no difiere de algunas procedentes de áreas del norte de los Pirineos.

El estudio salmantino se sitúa en una latitud intermedia entre las que definen a Sagunto y Monte Poblet. CODY (1971), basado con LACK (1954), sugiere que la clina de aumento del tamaño de la puesta de oeste a este en Europa está asociada con la disminución de la estabilidad climática según se incrementa la distancia al Océano Atlántico. JOHNSON (1960), señala que *Melospiza melodia* tiene un tamaño de puesta inferior en las zonas costeras. Si ambas sugerencias son ciertas, deben contribuir a explicar las diferencias entre el sudoeste salmantino y la franja mediterránea ibérica, por estar esta última más cercana a la costa y gozar de una mayor estabilidad climática (véase ASCHMANN, 1973).

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestra gratitud a la sección de CODENA de la Diputación Provincial de Valencia y a la Secció Territorial del Servei del Medi Natural de Tarragona por la cesión de los nidales empleados en este estudio. También a J. A. López por su colaboración en el control de las puestas de Catarroja.

BIBLIOGRAFIA

- ASCHMANN, H. 1973: Distribution and peculiarity of mediterranean ecosystems. En di Castri, F. y Mooney, H. A. (eds.) *Ecological studies 7: Mediterranean type ecosystems*, pp. 11-19. Springer-Verlag, Berlín.
- BALAT, F. 1970: Clutch-size in the Great Tit, *Parus major* Linn., in the pine forest of southern Moravia. *Zool. Listy* **19**: 321-333.
- BALEN, J. H. vån 1973: A comparative study of the breeding ecology of the Great Pit *Parus major* in different habitats. *Ardea* **61**: 1-93.
- BLONDEL, J. 1985: Breeding strategies of the Blue Tit and Coal Tit (*Parus*) in mainland and island mediterranean habitats: a comparison. *J. Anim. Ecol.* **54**: 531-556.
- BUSSE, P. 1967: Zmiennós, wielkóski, kształtu i ibarwienia jaj podwarzawskich populacji sikor: *Parus major* i *Parus caeruleus* L. *Notaki orn.* **8**: 33-50.
- CODY, M. L. 1971: Ecological aspects of reproduction. En Farner, D. S. y King, J. R. (eds.) *Avian Biology vol I*, pp. 461-512. Academic Press. New York.
- CRAMM, P. 1982: La reproduction des mésanges dans une chênaie verte du Languedoc. *L'oiseau* **52**: 347-360.
- DHONT, A. A. y SCHILLEMANS, J. 1983: Reproductive success of the Great Tit in relation to its territorial status. *Anim. Behav.* **31**: 902-912.
- ESCARRÉ, A.; BELLOT, J.; LLEDÓ, M. J.; HERVÁS, J.; PUJALTE, E. y GARRIDO, P. 1982: Balance de nutrientes en pequeñas cuencas de encinar. I. Selección de la zona de estudio e instalación de instrumentos para la recogida de datos. *Mediterránea* **6**: 141-164.
- GIL-DELGADO, J. A. y ESCARRÉ, A. 1977: Avifauna del naranjal valenciano. I. Datos preliminares sobre el Mirlo (*Turdus merula* L.) *Mediterránea* **2**: 89-109.
- GIL-DELGADO, J. A.; PARDO, R.; BELLOT, J. y LUCAS, I. 1979: Avifauna del naranjal valenciano. II. El Gorrión Común (*Passer domesticus* L.) *Mediterránea*: **3**: 69-99.
- HAARTMAN, L. von 1969: The nesting habits of Finnish birds. I. Passeriformes. *Comm. Biol.* **32**: 1-187.
- JOHANSSON, H. 1972: Clutch size and breeding success in some hole nesting passerines in Central Sweden. *Ornis Fenn.* **49**: 1-6.
- JOHNSON, R. E. 1960: Variation in breeding season and clutch size in Song Sparrows of the Pacific coast. *Condor* **56**: 268-276.
- KLOMP, H. 1970: The determination of clutch size in birds. *Ardea* **58**: 1-124.
- KLUIJVER, H. N. 1963: The determination of reproductive rates in Paridae. *Proc. 13 th. Int. Orn. Congr.* (Ithaca, 1962): 706-716.
- KREMETZ, D. J. y HANDFORD, P. 1984: Does avian clutch size increase with altitude? *Oikos* **43**: 256-259.
- LACK, D. 1954: *The natural regulation of animal numbers*. Oxford University Press. London.
- 1958: A quantitative breeding study of British Tits. *Ardea* **46**: 91-124.
- 1964: A long-term study of the Great Tit (*Parus major*). *J. Anim. Ecol.* **33** (Jubilee Suppl.): 159-173.
- MUNTANER, J.; FERRER, X. y MARTÍNEZ-VILALTA, A. 1983: *Atlas dels ocells nidificants de Catalunya i Andorra*. Ketres. Barcelona.
- NEWTON, I. 1976: Breeding of Sparrowhawks (*Accipiter nisus*) in different environments. *J. Anim. Ecol.* **45**: 830-849.
- OJANEM, M.; ORELL, M. y VÄISÄNEN, R. A. 1978: Egg and clutch sizes in four passerine species in northern Finland. *Ornis Fenn* **55**: 60-68.
- PASCUAL, J. A. 1985: Ocupación de cajas anidaderas en montes de rebollo (*Quercus pyrenaica*, Willd) de la provincia de Salamanca. *Bol. Est. Cent. Ecol.* **14**: 35-46.
- PERRINS, C. M. y BIRKHEAD, T. R. 1983: *Avian ecology*. Blackie, Glasgow.
- PULLIAINEN, E. 1977: Habitat selection and clutch size in the Meadow-pipit, *Anthus pratensis*, in Finland, specially in Lapland. *Aquilo, ser. Zool.* **17**: 1-6.
- SNOW, D. W. 1955: The breeding of the Blackbird, Song Thrush and Mistle Thrush in Great Britain. Part II. Clutch size. *Bird Study* **2**: 72-84.
- 1958: *A study of Blackbirds*. Allen and Unwin. London.
- WINKEL, W. 1975: Vergleichend-brutbiologische Untersuchungen and fünf Meisen-arten (*Parus* spp.) in einen niedersächsischen Aufforstungsgebiet mit Japanischer Lärcher *Larix leptolepis*. *Vogelwelt* **96**: 41-63, 104-114.

LIBERACIÓN DEL C,N Y P DURANTE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA PAJA DEL ARROZ

por
E. FORÉS¹, M. MENÉNDEZ ¹, F. A. COMÍN¹

RESUMEN

La paja del arroz enterrada en el sedimento al finalizar la cosecha, se descompone con una tasa instantánea de descomposición de 0.00702 día⁻¹. Al cabo de los 139 días que el arrozal permanece seco, queda el 48% de la biomasa, el 31.9% del fósforo y el 38.9% del nitrógeno iniciales. El proceso de descomposición de la paja aporta el 33% del nitrógeno total y el 8% del fósforo total incorporados por la actividad humana al cultivo.

ABSTRACT

Rice straw buried in the sediment of a rice-field during the dry season decomposes at a rate of 0.00702 day⁻¹. 48% biomass, 32% phosphorus and 39% nitrogen remain after 139 days decay. Rice straw decomposition can furnish 33% N and 8% P of the total provided by in the Ebro Delta.

INTRODUCCIÓN

Enterrar la paja del arroz es una práctica habitual en el cultivo del arroz por inundación. Con esta operación se pretende recicla el contenido de nutrientes del suelo para la próxima cosecha. A pesar de su importancia, existen escasos trabajos sobre la contribución que esta actividad agrícola representa en el balance de elementos nutritivos en los arrozales (ACHARYA, 1935, a, b; MIRANDA 1963).

Las tasas de descomposición del material vegetal varían en función de diferentes factores. La concentración inicial de nutrientes es uno de ellos. Se ha observado, por ejemplo, que hojas con un elevado contenido en nitrógeno se descomponen más rápidamente que las que poseen un contenido menor. (BO-

(1) Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. Diagonal, 645. 08028 BARCELONA.

COCK, 1963; KAUSHIK y HYNES, 1971; HOWARTH y FISHER, 1976). Por su parte los detritívoros consumen preferentemente detritus vegetal en avanzado estado de descomposición con una relación C: N baja y abundante recubrimiento bacteriano. (CUMMINS ET AL, 1973; KAUSHIK Y HYNES, 1971). Otros factores, como la temperatura, también pueden variar la tasa de descomposición (GOSZ ET AL, 1973b).

En este trabajo se presentan los resultados de una experiencia realizada en un arrozal del Delta del Ebro para conocer la dinámica de liberación de nutrientes carbono, nitrógeno y fósforo durante el proceso de descomposición de la paja del arroz. Asimismo se discute la importancia de este proceso en la disponibilidad de nutrientes en los arrozales.

MATERIAL Y MÉTODOS

El cultivo del arroz en el Delta del Ebro tiene lugar desde abril hasta principios de octubre. La paja de arroz utilizada en la experiencia se recolectó después de la cosecha, y se cortó en fragmentos de 6 a 8 cm. de longitud. Fragmentos equivalentes a 2.6-4.7 g. de peso seco se depositaron en el sedimento del arrozal en bolsas de nylon de dos tamaños de malla, 2 mm. y 100 μ m. Se recolectaron tres réplicas de cada tamaño de malla al cabo de 1, 3, 15, 30, 60, 120 y 139 días del inicio de la experiencia (3 de noviembre de 1986). La última recolección se realizó pocos días antes de la incorporación del abono de fondo.

Las muestras se trasladaron al laboratorio donde se llevaron a cabo las determinaciones de peso seco y homogeneizado para analizar el contenido en cenizas, carbono, nitrógeno (analizador elemental) y fósforo total (JACKSON, 1970). Todas las determinaciones se realizaron por duplicado.

La técnica de depositar una cantidad de material vegetal en bolsas de tamaño de malla reducido posee el inconveniente de infraestimar la descomposición debida a los macroconsumidores, pero minimiza la pérdida de pequeños fragmentos formados durante el proceso (GOSZ ET AL, 1973 a).

RESULTADOS

Las diferencias observadas en la disminución de la biomasa entre las bolsas de malla gruesa y fina no son significativas ($p < 0.001$) Al cabo de un mes de incubación la biomasa de la paja del arroz era 67.9% de la biomasa inicialmente depositada en las bolsas. A los 139 días quedaba únicamente el 37.7% (Fig. 1).

La tasa instantánea de descomposición (k) para la paja del arroz calculada según el modelo exponencial propuesto por OLSON (1963) para describir la disminución de biomasa debida a procesos biológicos durante la descomposición, es de 0.00702 día⁻¹. El tiempo necesario para reducir la biomasa en un 50%, es de 99 días. En el período de 139 días de incubación se observa un incremento del porcentaje de cenizas del 16.6 al 30% del peso seco total.

La variación del contenido en carbono, nitrógeno y fósforo durante la descomposición tampoco muestra diferencias significativas ($p < 0.01$) entre las bolsas de malla fina y gruesa. Se observa una rápida liberación de nutrientes durante los primeros quince días, especialmente para el fósforo (38.9% del ini-

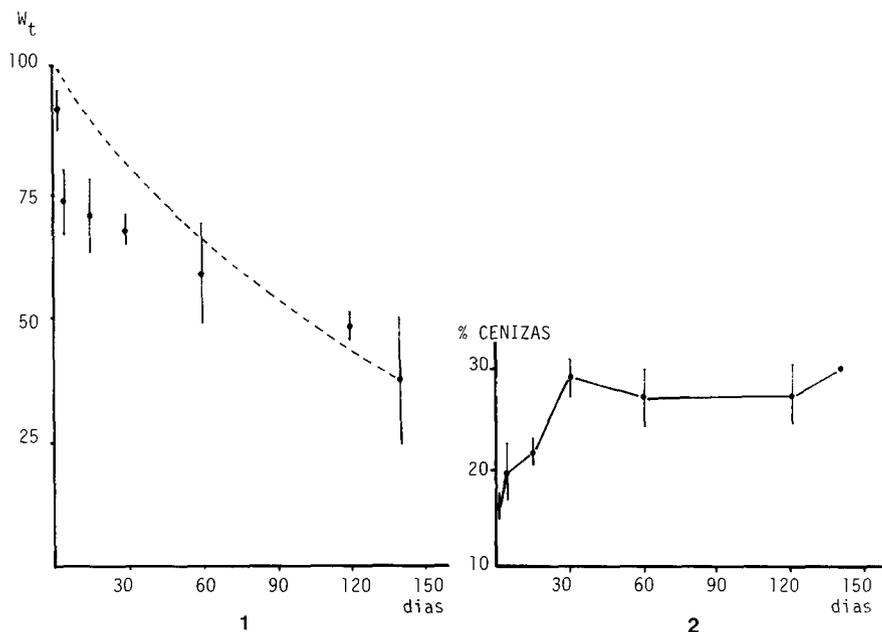


Figura 1.— Tanto por ciento de la biomasa inicial, durante el proceso de descomposición. Las líneas verticales indican la desviación estandar. La línea punteada muestra la descomposición teórica a partir del modelo exponencial de Olson (1963).
 Figura 2.— Contenido de cenizas de la paja del arroz durante el proceso de descomposición.

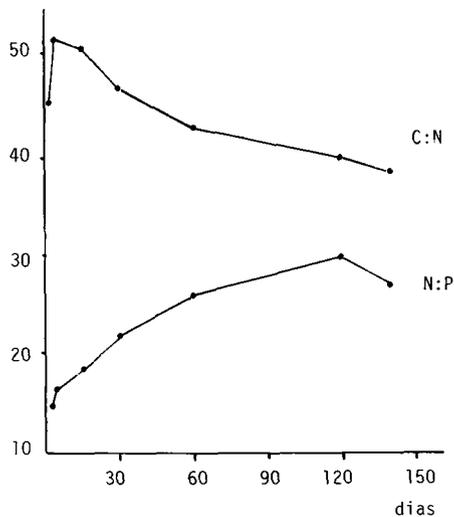


Figura 3.— Relaciones C:N y N:P de la paja del arroz durante el proceso de descomposición.

cial). Al final del proceso se han liberado el 78.1% y el 61.1% del fósforo y nitrógeno total iniciales, respectivamente. La abundancia relativa en la liberación de nutrientes sigue el orden $N < C < P$. La relación C: N y P pasa de 41:1 y 678:1 a 39:1 y 1035:1, respectivamente. La relación N:P se incrementa de 15:1 a 27:1 durante el mismo período de estudio (Fig. 3).

Las tasas de pérdida de biomasa y nutrientes para cada intervalo de tiempo, $k = (\ln(w_0/wt)/t) \cdot 100$ (HOWARTH-WILLIAMS & DAVIES 1979) se presentan en la tabla 1. Se observa que el carbono y el nitrógeno tienen unas tasas diarias de pérdida similares a la de la biomasa. Las tasas de pérdida más elevadas para el fósforo se observan durante los primeros tres días. Después va disminuyendo, pero suele ser superior a la del resto de nutrientes estudiados.

DISCUSIÓN

La pérdida de biomasa de la paja durante el proceso de descomposición se desvía de la curva teórica calculada considerando que el proceso es regido por sistemas biológicos y por tanto controlado enzimáticamente. (SAUNDERS, 1976). La diferencia entre curva teórica y real, tal como sucede en nuestro estudio, se observa en muchos estudios de descomposición de material vegetal, (NICHOLS y KEENY, 1973; HOWARD-WILLIAMS y DAVIES, 1979; NEWELL, FELL y MILLER, 1986; BASTARDO, 1979; MEYER, 1980; ATTWILL, 1968; KAUSHIK y HYNES, 1971), interpretándose como difusión de material soluble durante la lisis celular. Por ello, las diferencias más notables se producen durante los tres primeros días. Durante estos días se observó una gran abundancia de oligoquetos en las bolsas de descomposición, no observada durante el resto del proceso. Su presencia podría estar relacionada con el incremento de bacterias degradadoras de azúcares y proteolíticas, observados en este tipo de experiencias (BASTARDO, 1979).

Días	p.s.	C	N	P
0-1	8.30	10.21	23.45	31.05
1-3	11.33	13.19	9.52	20.96
3-15	0.30	0.26	1.66	0.43
15-30	0.90	0.27	0.00	2.55
30-60	0.50	0.00	0.00	0.08
60-120	0.35	0.50	0.40	0.11
120-139	1.20	1.48	1.90	1.29

Tabla 1.— Tanto por ciento diario de la tasa de descomposición (k), calculada a partir de la siguiente expresión: $k = (\ln(w_0/wt)/t) \cdot 100$, donde w_0 representa el 100% de la biomasa inicial, wt el porcentaje de biomasa inicial presente después de t horas de incubación. Se ha calculado la k para peso seco, carbono, nitrógeno y fósforo.

Según ATTIWILL (1968) y GOSZ AT AL (1973 b), si la liberación de un nutriente es paralela a la pérdida de peso seco es porque el elemento en cuestión está, en gran proporción formando parte de la estructura molecular de la pared vegetal celular, la más resistente a la descomposición. Éste sería nuestro caso para el carbono y nitrógeno, según los resultados expresados en la tabla 1. La pérdida más rápida para el fósforo se explicaría por una mayor proporción de este elemento en forma soluble. En nuestro caso, el material soluble ya ha sido translocado en gran parte a la espiga durante su formación (Forés y Comín, datos no publicados).

Aportes de nutrientes	N total (kg/ha)	P total (kg/ha)
Descomposición de la paja	31.05	1.85
Abonado fondo + foliar	62.15	20.29
TOTAL	93.20	22.14

Tabla 2.—Aportes humanos de nitrógeno y fósforo al cultivo.

La falta de diferencias significativas entre las bolsas de malla gruesa y fina, así como la falta de organismos pertenecientes a la mesofauna en las bolsas de malla gruesa hacen pensar que la descomposición por consumo no tiene una gran importancia en los arrozales, por lo que respecta al período seco en que tiene lugar (octubre a abril). En su lugar la descomposición bacteriana durante la inundación y la fúngica durante los meses de invierno cobrarían mayor importancia (YONEYAMA & YOSHIDA, 1977).

Según los datos obtenidos en nuestra experiencia, la descomposición de la paja del arroz (tallos y hojas), aporta el 33.3% del nitrógeno y el 8.4% del fósforo de los totales de nitrógeno y fósforo aportados regularmente al cultivo por el hombre (Tabla 2). Aquí no se consideran los aportes correspondientes a la raíz (3000 Kg/ha con un contenido inicial de 0.87% de N y 0.12% de P) ni la descomposición que puede tener lugar durante la inundación de los campos, aunque las condiciones anaeróbicas presentes la hagan más lenta. (ACHARYA, a, b 1935; REICE, 1974).

BIBLIOGRAFÍA

- ACHARYA, C. N. (1935a). Studies on the anaerobic decomposition of plant materials. I. The anaerobic decomposition of rice straw (*O. sativa*). *Biochem. J.* **29**: 528-541.
- (1935b). Studies on the anaerobic decomposition of plant materials. II. Comparison of the course of decomposition of rice straw under anaerobic, aerobic and partially aerobic conditions. *Biochem. J.* **29**: 1116-1120.
- ATTIWILL, P. M. (1968). The lost of elements from decomposing litter. *Ecology* **49**: 142-145.
- BASTARDO, H. (1979). Laboratory studies on decomposition of littoral plants. *Pol. Arch. Hydrob.* **26** (3): 257-256.
- BOCOCK, K. (1963). Changes in the amount of nitrogen in decomposing leaf litter of sessile oak (*Quercus petraea*) *J. Ecol.* **51**: 555-566.
- CUMMINS, K. M.; R. C. PETERSEN; F. O. HOWARD; J. C. WUYCHECK & V. I. HOLT (1973). The utilization of leaf litter by stream detritivores. *Ecology* **54**: 336-345.
- GOSZ, J. R.; G. E. LIKENS & F. H. BORMANN (1973a). Nitrogen release from decomposing leaf and branch litter in the Hubbard Brook Forest, New Hampshire. *Ecol. Monogr.* **43**: 173-191.
- (1973b). Nutrient content of litter fall on the Hubbard Brook Experimental Forest. New Hampshire. *Ecology*. **53** (5): 769-784.
- HOWARD-WILLIAMS, C. & B. R. DAVIES (1979). The rates of dry matter and nutrient loss from decomposing *Potamogeton pectinalis* in a brakish south-temperate coastal take. *Fresh. Biol.* **9**: 13-21.
- HOWARTH R. W. & S. G. FISHER (1976). Carbon, Nitrogen and Phosphorus dynamic during leaf decay in nutrient-enriched stream microecosystem. *Fresh. Biol.* **6**: 221-228.
- JACKSON, M. L. (1970). *Análisis químico del suelo*. Ed. Omega. Barcelona. 662 pp.
- KAUSHIK N. K. & H. B. H. HYNES (1971). *The fate of dead leaves that fall into the streams*. *Arch. Hydrob.* **60** (4): 465-515.
- MEYER, J. L. (1980). Dynamic of phosphorus and organic matter during leaf decomposition in a forest stream. *Oikos* **34**: 44-53.
- MIRANDA, V. B. (1963). Organic manuring and incorporation of residues for rice. *Agrochimica*. **8**: 17-24.
- NEWELL, S. Y.; J. W. FELL & C. MILLER (1986). Deposition and decomposition of Turtle-grass leaves. *Int. Rev. Ges. Hydrob.* **71** (3): 363-369.
- NICHOLS, D. S. & D. R. KEENY (1973). Nitrogen and phosphorus release from decaying Water Milfoil. *Hydrobiol.* **42** (4): 509-525.
- OLSON, J. S. (1963). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* **44** (2): 322-331.
- REICE, S. R. (1974). Environmental patchiness and the breakdown of leaf litter in a woodland stream. *Ecology* **55**: 1271-1282.
- SAUNDERS, G. W. (1976). Decomposition in freshwater. In *The role of terrestrial and aquatic organisms in decomposition processes*. J. M. Anderson and A. Macfadyen. Ed. pp.: 341-373. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- YONEYAMA, T. & T. YOSHIDA (1977). Decomposition of rice residue in tropical soils. II Immobilization of soil and fertilizer nitrogen by intact rice residue soil. *Soil. Sci. Plant Nutr.* **23** (1): 41-48.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA MALACOFAGIA DE *RATTUS RATTUS* (LINNAEUS, 1758)¹

por
F. V. FAUS²

RESUMEN

Se estudian diversos aspectos del comportamiento malacofágico de *Rattus rattus* L. en dos zonas de nidificación arbórea del litoral mediterráneo español. Los temas tratados se refieren a la composición cualitativa y cuantitativa de su dieta malacológica, las técnicas de predación (en relación con la rotura de la concha y la presencia de ejemplares con epifragma) y las diferencias de estas cuestiones entre las localidades consideradas.

Palabras clave: Malocofagia, *Rattus rattus*.

Contribution to the knowledge of the malacological feeding of *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758).

SUMMARY

Some aspects concerning the malacological feeding of the black rat, *Rattus rattus* L., are studied in two zones of arboreal nesting along the Spanish Mediterranean coast belt. Qualitative and quantitative composition of the diet, techniques of predation (related with the thickness of the shell and the presence of epiphagme) and the differences of these questions among the localities, are investigated.

Key words: Malacological feeding, *Rattus rattus*.

INTRODUCCIÓN

La tendencia predatoria de los roedores sobre determinadas especies de moluscos ya ha sido citada con anterioridad por varios autores. Así, MOHR (1954) comenta que *Elyomis quercinus* es comedor de caracoles y VESEY-FITZGERALD (1966) relata que *Acomys spinosissimus* incluye en su dieta pe-

(1) Comunicación presentada en la VI Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Santiago, 13-17 Sept. 1983).

(2) C/. Albacete, 62-5a. 46007 Valencia.

queños gasterópodos. NIEDER *et al.* (1977), NIEDER y PARISI (1978), NIEDER (1979) y NIEDER *et al.* (1982) son los autores más explícitos, refiriéndose en sus trabajos a este aspecto de la alimentación de *Rattus norvegicus* en diversos ambientes de Italia: las especies preferidas entre los bivalvos parecen ser *Mytilus galloprovincialis*, *Cerastoderma lamarcki*, *Cerastoderma glaucum* y *Unio pictorum*; y, entre los gasterópodos, *Viviparus ater*, *Theba pisana*, *Cryptomphalus aspersa*, *Helicella* sp. y *Cepaea nemoralis*.

El comportamiento malacofágico de *Rattus rattus* L. en áreas similares a las estudiadas aquí ha sido sugerido por FAUS (1979) en los naranjales de Sagunto (Valencia). En esta localidad, además de construir sus propios nidos aéreos, la rata negra emplea ocasionalmente los de *Turdus merula* a modo de comederos. Entre los restos de alimentación se hallaron productos animales y vegetales. La porción malacológica pareció importante, observándose de mayor a menor abundancia *Helicella* sp. *Cr. aspersa* y *Rumina decollata*. También CHEYLAN (1982), aunque en biotopos diferentes, reconoce restos animales y vegetales en comederos de *R. rattus* de islas e islotes de la Provenza francesa; entre la fracción malacológica identificó a *Bulimus decollata*, *Helix serpentina* y *Cyclostoma sulcatum*, destacando la abundancia de *Zonites* sp.

De lo expuesto en estos párrafos, se deduce que la inclusión de varias especies de gasterópodos terrestres en la dieta de *R. rattus* puede ser un hecho frecuente. El estudio del tema en zonas rurales tiene un interés adicional porque permitiría valorar su malacofagia como limitación de las poblaciones de moluscos perjudiciales a la agricultura. Por ello, el presente trabajo pretende aproximarnos a algunos puntos de la actividad malacofágica del roedor: la composición cualitativa y cuantitativa de su régimen malacológico, las técnicas de predación (en relación con la rotura de la concha y la presencia de ejemplares con epifragma) y las diferencias de estas cuestiones entre las localidades consideradas.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio incluye dos zonas dedicadas al cultivo de los cítricos en la región levantina: una en la provincia de Valencia y otra en la de Alicante.

La primera zona está constituida por una parcela de naranjos (*Citrus sinensis* y *Citrus reticulata*) que abarca una superficie de 1,14 ha. Se halla en la partida de Montíver (municipio de Sagunto) y su situación en coordenadas U.T.M. corresponde a la cuadrícula YJ3697 del mapa de Sagunto a escala 1:50.000. El naranjal, que tiene una altitud s.n.m. de 30 m., se encuentra a 4 km. de la línea de costa mediterránea y a 2,5 km. de aquella ciudad. Los huertos circundantes a la parcela también están ocupados por naranjos.

La segunda zona coincide con un campo de limoneros (*Citrus limon*) de 0,1 ha. de extensión, que posee nueve olivos (*Olea europaea*) a modo de cortavientos a su alrededor. Queda ubicada en la cuadrícula XH8523 del mapa U.T.M. de Orihuela, a escala 1:50.000, en el paraje llamado El Pintador (municipio de Cox). Su altitud s.n.m. es de 20 m. y la distancia a la población de Cox 0,4 km. Los cultivos de su entorno son cereales y hortalizas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material examinado comprende las conchas de moluscos halladas entre los restos de alimentación de siete nidos aéreos de *R. rattus*. De ellos, dos pertenecen a la localidad de Sagunto y se encontraron sobre sendos *C. sinensis*. En Cox, los cinco nidos restantes se descubrieron en los olivos emplazados al norte del campo de limoneros; un mismo olivo albergaba dos nidos. Este material fue resultado de la búsqueda exhaustiva de nidos en ambas parcelas (FAUS y VERICAD, 1981).

Las conchas se seleccionaron sistemáticamente de entre los restos de alimentación de los nidos, separándose los fragmentos reconocibles para cada especie. Según la rotura de la concha, se consideró cuatro tipos de fragmento:

A: conchas bastante completas en las que sólo las primeras vueltas se encuentran ausentes;

B: conchas bastante completas en las que las zonas ausentes no son apicales;

C: conchas muy incompletas que conservan únicamente la columnilla y la zona umbilical; y,

D: conchas muy incompletas que conservan solamente las primeras vueltas.

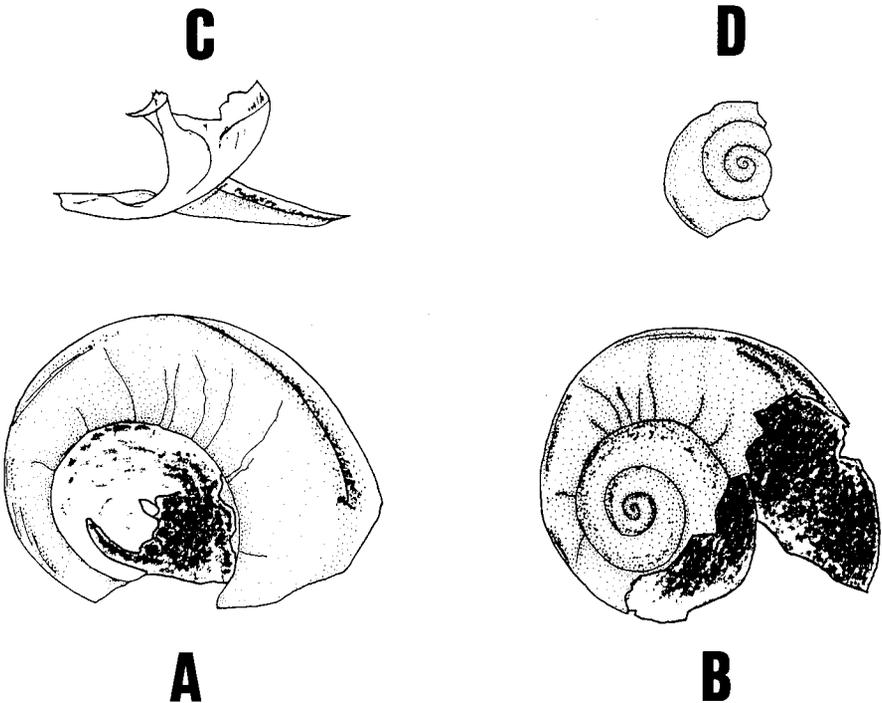


Figura 1.—Tipos de fragmento de concha en gasterópodos terrestres predados por *R. rattus*.

Para llegar a un mejor entendimiento de esta clasificación puede verse la figura 1. Debido a su mayor integridad, los tipos de fragmento A y B resultaron los más útiles en la determinación específica de los ejemplares. Para el recuento del material, la parte homologable de las conchas ha sido la columnilla y por ello el tipo D fue desechado; además, los fragmentos tipos A y D parecen ser complementarios, pudiéndose dar el caso de pertenecer ambos a un mismo gasterópodo.

Asimismo, se ha tenido en cuenta la presencia de epifragma en los caracoles para estudiar su posible relación con la actividad predatora de *R. rattus*.

RESULTADOS

Especies predadas

La predación de *R. rattus* afecta, en el conjunto de las dos localidades, a cinco especies de gasterópodos terrestres. Se determinó *Cerņuella arignonis* y *Th. pisana* en Sagunto, y *C. arignonis*, *Th. pisana*, *R. decollata*, *Otala punctata*

ESPECIES	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	TOTAL
<i>R. decollata</i>	A			0-0				0-0
	B			0-0				0-0
	C			0-1				0-1
<i>C. arignonis</i>	A	0-6	0-12	0-7		0-1	0-1	0-27
	B	1-4	0-6	0-2		0-0	0-0	1-12
	C	0-5	0-20	0-1		0-0	0-0	0-26
<i>Th. pisana</i>	A	0-2	0-1	0-1	2-2	10-16	88-147	119-212
	B	0-1	0-0	0-0	0-0	0-3	1-5	0-0
	C	0-1	0-1	0-0	0-0	0-1	3-11	0-5
<i>O. punctata</i>	A			0-37	0-3	3-16	9-13	2-2
	B			0-2	1-0	0-16	1-0	0-1
	C			0-5	0-1	0-6	1-1	0-0
<i>H. aspersa</i>	A				0-1			0-1
	B				0-0			0-0
	C				0-0			0-0
TOTAL	A	0-8	0-13	0-45	2-6	13-33	97-160	21-46
	B	1-5	0-6	0-4	1-0	0-19	2-5	0-1
	C	0-6	0-22	0-6	0-2	0-7	4-12	0-5

Tabla 1.—Cuadro general de exposición de datos. Se muestra el número de ejemplares de gasterópodos con y sin epifragma para los tipos de fragmento A, B y C según la rotura de la concha, hallados en los nidos de *R. Rattus*. Los nidos N1 y N2 corresponden al ranjal de Sagunto y los N3-N7 a los limoneros de Cox.

tata y *Helix aspersa* en Cox. Todas ellas se han citado en litoral mediterráneo del Sudeste ibérico (GASULL, 1975). La tabla 1 expone el cuadro general de datos de los gasterópodos capturados por *R. rattus*, mostrando para cada especie y nido el número de ejemplares con y sin epifragma de los tipos de rotura A, B y C de la concha. La cantidad de material recolectado por nido ha sido muy irregular, oscilando de 11 a 280 individuos (ambos casos en Cox). Las especies más predadas son *C. arionis* en la primera localidad (88,52% de los ejemplares) y *Th. pisana* en la segunda (72,71%). En contraposición, *R. decollata* y *H. aspersa* se encontraron en proporciones casi nulas.

HIPÓTESIS ANALIZADA	g.l.	G
Independencia N × SPP	24	486,934***
Independencia N × F	12	130,617***
Independencia SPP × F	8	177,044***
Interacción N × SPP × F	48	—70,262
Independencia N × SPP × F	92	664,328***

Tabla 2.—Hipótesis de independencia analizadas mediante el estadístico G entre las variables *nidos de R. Rattus* (N), *especies de gasterópodo* (SPP) y *tipos de fragmento* (F). Se indica los grados de libertad y la existencia de diferencias altamente significativas (***: $p < 0,001$).

Rotura de la concha

La rotura de la concha en los gasterópodos predados por *R. rattus* da origen a los cuatro tipos de fragmento ya explicados anteriormente. Intentando una mejor comprensión del fenómeno, se han analizado la dependencia de las variables *nidos de R. rattus* (N), *especies de gasterópodo* (SPP) y *tipos de fragmento* (F). La tabla de contingencia trifactorial fue elaborada en base a la frecuencia absoluta de los datos, sometiendo los mismos al test G de independencia entre atributos (SOKAL y ROHLF, 1979). Previamente, se realizó una transformación consistente en adicionar 0,5 a todas las frecuencias de la tabla para evitar la presencia de valores nulos. La tabla 2 muestra los resultados de la prueba de las respectivas hipótesis de independencia, los grados de libertad y los valores de G. Dicha hipótesis se rechaza en todos los casos analizados, observándose siempre diferencias altamente significativas (***: $p < 0,001$). Se concluye que la aparición de los tipos de fragmentos derivados de la rotura de la concha depende de los nidos de *R. rattus* y de las especies de gasterópodo. Estos resultados pueden ser reflejo de las distintas pautas de comportamiento del roedor en Sagunto y en Cox al incidir sobre la concha, y de que el grosor —consistencia— de la misma sea diferente para cada especie de molusco.

Siguiendo la metodología anterior, se ha probado la hipótesis de independencia entre las variables *tipos de fragmento* (F) y *grosor de la concha* (C).

La variable C se apreció según un criterio subjetivo, tomándose como especies de concha fina a *R. decollata*, *C. arigonis*, y *Th. pisana*, y como de concha gruesa a *O. punctata* y *H. aspersa* debido a la ausencia de ejemplares jóvenes de concha fina en estas dos últimas especies. El valor $G = 15,959$, con $p < 0,001$ y 2 grados de libertad, confirma la existencia de una asociación muy alta entre las variables, por lo que no se puede aceptar la hipótesis de independencia entre los tipos de fragmento originados por la rotura de la concha y el grosor relativo de la misma. La limitación de estos resultados es evidente si tenemos en cuenta que para el análisis de la primera variable se ha considerado las conchas de todos los nidos, siendo manifiesta la heterogeneidad muestral del cuadro general de datos (test de bondad de ajuste repetidos: $G = 174,348$; $p < 0,001$; 24 g.l.) (SOKAL y ROHLF, 1979). Por ello, la alternativa se centraría en el espectro de la alimentación. La revisión de la tabla 1 permite comprobar que los fragmentos tipo A resultan predominantes tanto en conchas gruesas como en finas, mientras que los de tipo B muestran una mayor abundancia entre las primeras. Este hecho, que parece condicionar las dependencias observadas, podría estar relacionado con la mayor dificultad del roedor para desmenuzar las conchas más gruesas (por ejemplo, las de *O. punctata*) en los casos en que el ataque no se inicia por el ápice. La superioridad de los fragmentos tipo A parece indicar que la incidencia sobre la concha empieza en el ápice y alcanza las primeras vueltas, siendo bajo el grado de desintegración del caparazón.

HIPÓTESIS ANALIZADA	g.l.	G
Independencia $Z \times SPP$	4	244,061***
Independencia $Z \times E$	1	21,578***
Independencia $SPP \times E$	4	47,435***
Interacción $Z \times SPP \times E$	4	—16,864
Independencia $Z \times SPP \times E$	13	296,203***

Tabla 3.—Hipótesis de independencia analizadas mediante el estadístico G entre las variables zonas de estudio (Z), especies de gasterópodo (SPP) y presencia de epifragma (E). Se indica los grados de libertad y la existencia de diferencias altamente significativas (***: $p < 0,001$).

EJEMPLARES CON EPIFRAGMA

La epifragmentación de los gasterópodos parece diferir según la biología y el hábitat de distribución de las especies (ROBLES *et al.*, 1982). Igual que en el apartado precedente, se ha aplicado el test G para averiguar la dependencia entre la aparición del epifragma y algunas variables. Por ello, se elaboró la tabla de contingencia trifactorial a partir de las frecuencias absolutas de los atributos, relacionándose zonas de estudio (Z), especies de gasterópodos (SPP) y presencia de epifragma (E). La tabla 3 resume los resultados de la prueba de las respectivas hipótesis de independencia. Se deduce diferencias altamente

significativas (***) : $p < 0,001$) que permiten concluir que el número de gasterópodos epifragmados y no epifragmados depende de las zonas de estudio, de los nidos y de las especies de molusco. De modo similar al análisis anterior, la provisionalidad de los resultados se debe a la heterogeneidad muestral hallada en la totalidad de los datos. Ello se explicaría quizás por la discordancia estacional en la recolección de las conchas de las dos localidades estudiadas, y porque el lugar de epifragmación varía para cada especie de gasterópodo (SACCHI, 1971, 1974).

DISCUSIÓN

La malacofagia de *R. rattus* en zonas rurales dedicadas al cultivo de cítricos afecta a cinco especies de gasterópodos terrestres: *Th. pisana*, *O. punctata*, *C. arionis*, *H. aspersa* y *R. decollata*. Aunque en Sagunto sólo se ha encontrado *Th. pisana* y *C. arionis*, FAUS (1979) menciona también a *H. aspersa* y *R. decollata*, mientras que la revisión de GASULL (1975) cita a las cinco en la provincia de Valencia. Considerando el total de nidos, las especies más predadas fueron *C. arionis* en Sagunto y *Th. pisana* en Cox. En cambio, *R. Decollata* y *H. aspersa* se descubrieron en porcentajes casi nulos. La cantidad de material en Sagunto representa sólo el 11,05% del total de conchas recogidas, debido posiblemente a los pocos comederos hallados y a la menor actividad malacofágica de *R. rattus* durante el invierno.

El estudio de la fragmentación de la concha como resultado de las técnicas de predación usadas por *R. rattus* ha sido uno de los principales objetivos propuestos en este trabajo. En relación con el tema, pocos autores nos hablan acerca de la rotura de la concha en moluscos capturados por roedores. BANG y DAHL STRÖM (1975) dicen que las ratas y los ratones malacófagos inciden sobre el caparazón royendo un trozo de la espira hasta el resto de las vueltas, dejando habitualmente intacta la última y mayor circunvalación de la concha. NIEDER *et al.* (1977) comentan que, para casi todos los gasterópodos ingeridos por *Rattus norvegicus*, la rata parda accede a la parte blanda incidiendo sobre el peristoma o rompiendo lateralmente la concha: el empleo de una u otra técnica estaría relacionado con la consistencia de la concha y para evitar la producción de espuma defensiva por parte del caracol. Coincidiendo con los primeros autores, se observa que *R. rattus* ataca al caparazón de los gasterópodos de un modo preferente, que parece ser general al menos en *Th. pisana* y *O. punctata*: la rotura de la concha se inicia en el ápice y suele alcanzar las primeras vueltas, siendo alto el grado de integridad de la misma. Sin embargo, algunos fragmentos de *C. arionis* aparecen bastante desmenuzados conservando sólo la columnilla y el ombligo.

La presencia de gasterópodos epifragmados ha sido casi nula en Sagunto, mientras que en Cox supuso cerca de la tercera parte del material recogido. Esta desproporción podría atribuirse, más que a la heterogeneidad del medio físico, a la diferencia estacional en la recolección de las conchas. Es decir, si la época invernal en Sagunto mantiene un clima suave con la humedad más o menos constante, la aridez del verano en Cox favorecería la formación del epifragma para evitar la desecación de los moluscos (POMEROY, 1969). Por otra parte, las tendencias de caracoles a quedarse epifragmados en uno u otro lugar difieren según las especies (SACCHI, 1971, 1974). Así, mientras que *R.*

decollata y *H. aspersa* se epifragman enterrándose en el suelo —casi superficialmente la primera y a gran profundidad la segunda—, *C. arionis*, *Th. pisana* y *O. punctata* se suben a las plantas para estivar o hibernar. La predación de estas tres últimas especies por *R. rattus* estaría facilitada por la accesibilidad de las mismas, ya que el roedor tiene costumbres preferentemente arborícolas en ambas localidades de estudio (FAUS, 1979, 1983, 1985; FAUS y VERICAD, 1981). En cambio, la captura de gasterópodos enterrados en el suelo o escondidos bajo las piedras supondría un esfuerzo adicional. De todos modos, la actividad malacofágica de *R. rattus* se ceñiría, tanto en Sagunto como en Cox, a los ejemplares disponibles en cada época del año.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del Dr. D. Fernando Robles en la determinación de los gasterópodos terrestres, así como las críticas y orientaciones recibidas del Dr. D. José-Daniel Acuña en la preparación del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- BANG, P. y DAHLSTRÖM, P. 1975: *Huellas y señales de los animales de Europa. Guía para interpretar las trazas de las aves y de los mamíferos*. Ed. Omega, Barcelona. 239 pp.
- CHEYLAN, G. 1982: *Les adaptations écologiques et morphologiques de Rattus rattus à divers environnements insulaires méditerranéennes: étude d'un cas d'évolution rapide*. Diplôme d'études approfondies, Université des Sciences et Techniques du Languedoc. 62 pp.
- FAUS, F. V. 1979: *Sobre nidos aéreos de rata negra (Rattus rattus frugivorus Rafinesque, 1814) en el naranjal saguntino (Valencia)*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Valencia. 150 pp.
- 1983: Nuevos soportes vegetales para la nidificación aérea de la rata negra, *Rattus rattus* (Linné, 1758), en el Levante ibérico. *VI Reunión Bienal de la Real Soc. Esp. Hist. Nat.* (Santiago, 13-17 Sept. 1983). Resúmenes de las Comunicaciones. Sesión Oral D, Ecología: 74.
- 1985: Estudio preliminar sobre roedores comensales en la Vega Baja del río Segura (Alicante). *VII Reunión Bienal de la Real Soc. Esp. Hist. Nat.* (Barcelona, 16-20 Sept. 1985). Resúmenes de las Comunicaciones. Sesión Oral, Zoología: 255.
- y VERICAD, J. R. 1981: Sobre nidos aéreos de rata negra *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758), en el naranjal saguntino (Valencia). *Mediterránea*, **5**: 67-96.
- GASULL, L. 1975: Fauna malacológica terrestre del Sudeste ibérico. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, **20**: 154 pp.
- MOHR, E. 1954: *Die freilebenden Nagetiere Deutschlands und der Nachbarländer*. Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 212 pp.
- NIEDER, L. 1979: Preying and social behaviour of the brown rat in natural and artificial environments. *Monitore zool. ital. (N.S.)* **13**: 208-209.
- y PARISI, V. 1978: Ricerche sulle popolazioni murine dell'area centrale della Laguna Veneta. *Atti Soc. ital. Sci. nat. Museo civ. Stor. nat. Milano*, **119** (3-4): 353-357.
- , PARISI, V. y TOSI, L. 1977: Comportamento alimentare del ratto, *Rattus norvegicus* (Berk.) in ambienti salmastri dell'alto Adriatico. *Ateneo Parmense, Acta Nat.*, **13**: 457-475.
- , CAGNIN, M. y PARISI, V. 1982: Burrowing and feeding behaviour in the rat. *Anim. Behav.* **30**: 837-844.
- POMEROY, D. E. 1969: Some aspects of the ecology of the land snail *Helicella virgata* in South Australia. *Rec. South. Austr. Mus.*, **15**: 483-494.
- ROBLE, F.; BORREDA, V. y COLLADO, M. A. 1982: *Informe ambiental para el Plan Especial de Protección del Monte de la Dehesa del Saler. Moluscos*. Ayuntamiento de Valencia (no publicado). 141 pp.
- SACCHI, C. F. 1971: Ecologie comparée des Gastéropodes Pulmonés des dunes méditerranéennes et atlantiques. *Natura, Milano*, **62** (3): 277-358.
- 1974: Points de vue d'un écologiste sur la physiologie de l'estivation chez l'Hélicéde dunicole *Euparipha pisana* (MULLER) (*Gastropode, Pulmonata*). *Ibid.*, **65** (3-4): 253-284.
- SOKAL, R. R. y ROHLF, F. J. (1979): *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Ed. Blume, Madrid. 832 pp.
- VESEY-FITZGERALD, D. F. 1966: The habits and habitats of small rodents in the Congo River catchment region of Zambia and Tanzania. *Zool. afr.*, **2** (1): 111-122.

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE *GEOTRUPIDAE* EN ÁREAS DEL OESTE ESPAÑOL: PROVINCIA DE CÁCERES

por

EDUARDO GALANTE PATIÑO¹ y JESÚS RODRÍGUEZ ROMO¹

RESUMEN

Se estudia la comunidad de *Geotrupidae* de la provincia de Cáceres, aportando datos de la distribución espacial y temporal de las especies que forman esta comunidad. También se profundiza en los hábitos de alimentación y biología de alguna de las especies estudiadas.

SUMMARY

The *Geotrupidae* guild of the Cáceres province are studied and the spacial and seasonal data of the species are given. Also some feed and biological habits of some of these species are given. Also some feed and biological habits of some of these species are adduced.

Palabras clave: *Geotrupidae*: distribución; área mediterránea.

INTRODUCCIÓN

Las especies de coleópteros coprófagos juegan un papel muy importante en el reciclaje rápido de la materia orgánica depositada por los herbívoros en forma de excrementos (FINCHER, HOWSON and BURTON, 1981). Gran parte de esta materia será rápidamente enterrada para servir de alimento a los escarabeidos (*SCARABAEIDAE* y *GEOTRUPIDAE*) adultos o bien a las futuras larvas.

Las especies de la familia *GEOTRUPIDAE* pueden tener gran importancia en la destrucción de heces y en los cambios fisicoquímicos que se producen en el medio, dado sus hábitos de alimentación y nidificación, así como su gran talla.

(1) Departamento de Zoología. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca.
37071 SALAMANCA.

Continuando con la investigación de comunidades de escarabeidos coprófagos en la Península Ibérica, se abordó el estudio de los mismos en un área poco conocida bajo el punto de vista entomológico como es la provincia de Cáceres. El conocimiento de los escarabeidos coprófagos de esta zona presentaba para nosotros gran interés tanto por su situación geográfica en plena región mediterránea, sometida a una clara influencia atlántica, así como por estar dedicada en su mayor parte a la actividad ganadera (ganado ovino y bovino fundamentalmente). Este hecho unido al conocimiento que ya teníamos de estos grupos de coleópteros en la provincia de Salamanca (GALANTE, 1981), que se encuentra separada de la de Cáceres por las estribaciones occidentales del Sistema Central (Sierras de Béjar, Peña de Francia y Gata) y que actúa como auténtica barrera natural en la distribución de diversas especies, dato que hemos podido comprobar a lo largo de la realización de este trabajo, nos indujo a elegir dicha zona como área de estudio.

Un hecho que se debe tener en cuenta al analizar los datos obtenidos, es que durante los meses estivales gran parte de la ganadería ovina y bovina del centro y sur de la provincia es trasladada a áreas montañosas, bien dentro de los límites provinciales, bien fuera de ellos, lo cual influye indudablemente en la distribución que presentan las especies cuyos imagos tienen mayor presencia y actividad en esa época del año. No obstante como ya conocemos por otras regiones y se confirma en este trabajo, los geotrópidos serán los menos afectados por este hábito, ya que la mayor parte de las especies no presentan actividad durante el verano.

ÁREA DE ESTUDIO

La provincia de Cáceres está situada entre los 39° 5' y 46° 28' de latitud Norte y 4° 56' y 7° 31' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, teniendo una extensión de 19.945 km. En el límite Norte encontramos una barrera natural, constituida por las sierras más occidentales del Sistema Central: Sierra de Gata, Sierra de Peña de Francia, Sierra de Bejar y Sierra de Gredos. En el sureste de la provincia se levantan las sierras de Guadalupe y Villuercas que constituyen el sector más occidental de los Montes de Toledo.

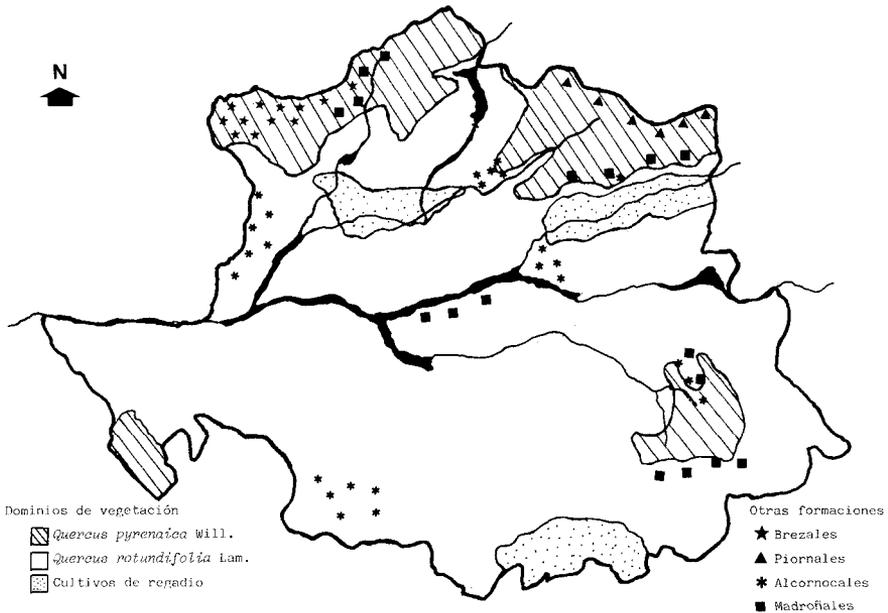
De acuerdo con GARCÍA y FORTEZA (1986), esta provincia acusa un clima de transición entre el continental de la meseta y el atlántico. El Sistema Central limita la penetración de los vientos fríos del Norte, y la altitud media, relativamente baja, unos 400 m., facilita la llegada de los procedentes del Atlántico. No obstante, las diferencias de altitud y orientación de las sierras y valles dan lugar a climas bien diferenciados.

Por su situación la provincia de Cáceres tiene como vegetación predominante la esclerófila mediterránea, representada por las grandes formaciones de durilignosa de la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.). Sus formaciones, los encinares, incluidos en la clase fitosociológica *Querceta ilicis* Br. Bl., ya sean en estado puro, ya sean adherados o mezcla con alcornoques (*Quercus suber* L.) o quejigos (*Q. faginea* Lam), cubren gran parte de la superficie provincial, siendo la formación arbórea más importante.

La otra gran formación arbórea, que se encuentra bien representada en las sierras septentrionales y en menor proporción en el sudeste (Villuercas) y

suroeste (Valencia de Alcántara), es un bosque caducifolio, constituido por la especie caducifolia o marcescente de montaña *Quercus pyrenaica* will. (roble melojo), en ocasiones sustituido por el nombre por el castaño (*Castanea sativa* Miller).

En el mapa de vegetación (Mapa 1) podemos observar estas dos grandes formaciones arbóreas, así como las distintas etapas de sustitución de éstas, y diversas formaciones arbóreas o arbustivas de menor importancia.



Mapa 1: Dominios de vegetación de la provincia de Cáceres.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los muestreos han sido realizados durante los años 1980-85, aunque el mayor número de estos se llevó a cabo en los años 1980, 1982 y 1983. En los años 1984-85 se ha efectuado un número reducido, pero selectivo, de muestreos, que han servido para aumentar la información en cuanto a la distribución y actividad anual de las diferentes especies colectadas.

Se han prospectado 98 localidades repartidas por toda la provincia (Mapa 2), pero con mayor incidencia en el área septentrional, puesto que la riqueza ganadera es mayor en esta zona. Se han considerado como unidad de muestreo cada una de las visitas realizadas en una localidad, en una fecha determi-

nada y recogiendo un tipo de excremento. En total se han efectuado 233 muestreos habiéndose colectado 268 individuos de la familia Geotrupidae. También ha sido incluido en este estudio el material que existía en el Departamento de Zoología de la Universidad de Salamanca.

Del conjunto de especies recolectadas, únicamente se ha estudiado el ritmo de actividad anual de los adultos en aquellos casos de que se disponía de un número representativo de individuos. Para calcular la actividad anual de cada especie se ha empleado un índice corregido (PÉREZ MELLADO, 1983) en el que se tiene en cuenta el número de individuos capturado en un mes, el número de muestreos realizados en el mismo y en el número total de muestreos:

$$I_m = \frac{n}{\%M} ; \qquad \%M = \frac{m}{M} \times 100$$

I_m : Índice mensual.

n : Número de individuos de la especie Y capturados en un mes.

$\%M$: Porcentaje de muestreo en el mes respecto al número total de muestreos.

m : Número de muestreos positivos de la especie Y en un mes.

M : Número total de muestreos.

La suma de los índices mensuales nos da un índice anual (I_a). El porcentaje del índice mensual respecto del anual nos da unos valores de actividad mensual corregida, referidos al número de individuos capturados de cada especie en cada mes:

$$\frac{I_m}{I_a} \times 100$$

Para estudiar la distribución altitudinal se han delimitado 12 intervalos, de 100 m. cada uno, constituyendo así 12 clases de altitud, entre las cuales se reparten las diferentes localidades muestreadas.

Intervalos de altitud	N.º de localidades
1.400-1.499	1
1.300-1.399	1
1.200-1.299	2
1.100-1.199	1
1.000-1.099	—
900-999	1
800-899	2
700-799	8
600-699	15
500-599	9
400-499	26
300-399	28
200-299	4

Para realizar el cálculo de la distribución altitudinal de aquellas especies que se disponía de un número representativo de capturas, se ha utilizado el siguiente índice de frecuencias corregidas (DAGET, 1972):

$$Fe (K) = \frac{U(K)}{R(K)} / \frac{U(E)}{N R} = \frac{U(K) \cdot N R}{R(K) \cdot U(E)}$$

Fe (K): Frecuencia corregida de la especie E en la clase K.

U (K): Número de muestras de la clase K en los que está presente la especie E.

R (K): Número de muestras en la clase K.

U (E): Número de muestreos en los cuales la especie E está presente.

N R: Número total de muestreos.

A continuación se indican aquellas localidades donde han sido encontrados ejemplares de la familia *Geotrupidae*, señalándose en cada una de ellas la altitud y las coordenadas UTM. El número que se indica delante de cada una de estas localidades corresponde a la ordenación general de las 98 localidades y que se encuentran reseñadas en el mapa 2:

LOCALIDADES	ALTITUD (metros)	COORDENADAS U. T. M.	LOCALIDADES	ALTITUD (metros)	COORDENADAS U. T. M.
1. Abadía	500	30TTK5761	51. Madrigal de la Vera (G. de Minchones)	350	30TTK9947
2. Acebo	550	29TPE9753	52. Malpartida de Plasencia	400	29SQD5329
9. Baños de Montemayor	700	30TTK556	58. Navalmillar de Ibor ...	600	30STJ9384
11. Bohonal de Ibor	300	30STK8203	59. Navalморal de la Mata	300	30STK8319
12. Cabezabellosa	650	30TQE5546	61. Nuñomoral	600	29TQE3477
13. Cabezabellosa (Pico Torno)	950	30TTK4546	63. Pantano de Borbollón	350	29TQE0644
15. Cáceres	400	29SQD2673	65. Pedroso de Acín	400	29SQE2213
15. Cadalso	500	30TQE0957	66. Pescueza	350	29SQE0121
18. Cañameros	600	30STJ9561	68. Piornal	1.250	30TTK6145
19. Carcaboso	300	29TQE3836	69. Plasencia	350	30TTK4440
24. Cilleros	450	29TPE8842	72. Puerto de Honduras ...	1.450	30TTK5656
26. Descargamaría	500	29TQE1364	73. Robledillo de la Vera ...	400	30TTK7942
27. Eljas	600	29TPE8453	74. Robledollano	650	30STJ8587
33. Grimaldo	350	29TQE4662	75. San Martín de Trevejo	800	29TPE8754
37. Hervás	600	30TTK5661	77. Santibáñez el Alto	600	29TQE0852
39. Hinojal	350	29SQD2799	78. Santibáñez el Bajo	350	29TQE3751
42. Jaráiz de la Vera	450	30TTK6638	83. Tornavacas	1.150	30TTK7361
43. Jarandilla	600	30TTK7445	86. Torrejón el Rubio	300	29SQE5806
44. Jerte	600	30TTK6355	88. Trevejo	700	29TQE8949
Jerte	900	30TTK5955	89. Trujillo	500	30STJ5271
Jerte	1.200	30TTK5956	92. Valverde del Fresno ...	500	29TPE8056
46. La Garganta	1.300	30TTK6368	94. Villanueva de la Vera	400	30TTK9145
50. Losar de la Vera (G. de Cuartos)	400	30TTK8043	96. Zarza de Granadilla ...	350	29TQE4861



Mapa 2: Localidades prospectadas en el área de estudio.

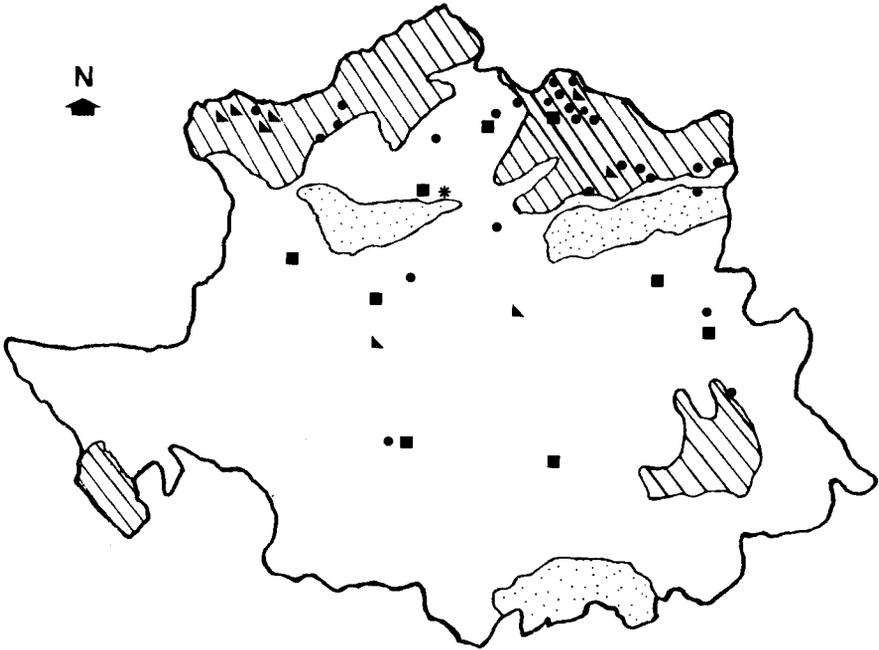
Ceratophyus hoffmannseggi Fairmaire, 1856.

Distribución: Península Ibérica y Marruecos.

Hasta la actualidad las citas más septentrionales de esta especie en la Península Ibérica son Burgos y Valladolid (BAGUENA, 1967; GALANTE, 1983).

Se han estudiado un total de 23 ejemplares de los que 11 se han encontrado en heces de vacuno, 1 en excremento de ovino y 3 fueron atraídos mediante un foco de luz. El número de capturas ha sido escaso aunque es una especie que parece encontrarse bien distribuida por toda la provincia. Se ha capturado en las siguientes localidades: Bohonal de Ibor, Cáceres, Carcaboso, Hervás, Navalморal de la Mata, Pedroso de Acín, Pescueza, Trujillo y Zarza de Granadilla (Mapa 3). En todos los casos aparecen en altitudes inferiores a los 600 m., en áreas de clara influencia mediterránea en el dominio del encinar (*Quercus rotundifolia* Lam.) (Gráfica 1).

Los imágos se han encontrado desde finales del invierno (Marzo) hasta mediados de la primavera (Mayo), detectándose en el otoño otro período de actividad. Si bien el número de ejemplares capturados no permite confeccionar la gráfica de fenología, se observa que los datos obtenidos están de acuerdo con los aportados por GALANTE, 1981 en el área situada al Norte de las sierras de Gata y Peña de Francia (Provincia de Salamanca).



Mapa 3: Distribución geográfica de: ● *Typhoeus typhoeus* (L.). ► *Thorectes nitidus* Jekel.
* *Trypocopris pyrenaicus* Charpentier. ■ *Ceratohyus hoffmannseggii* Fairmaire.

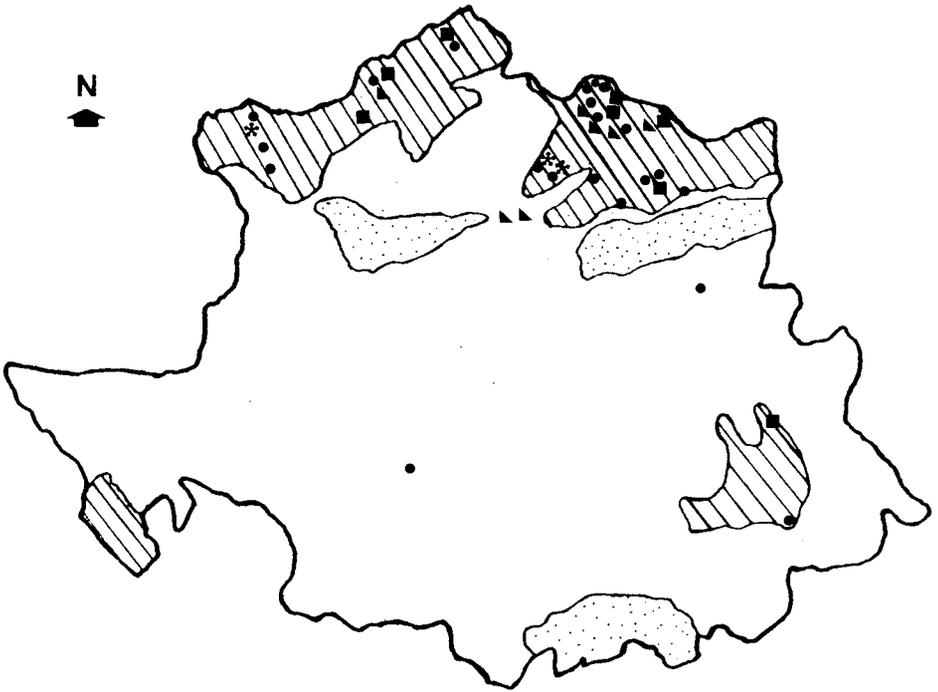
Typhoeus typhoeus (Linné, 1758)

Distribución: Europa occidental hasta Suecia y Norte de Marruecos.

El total de ejemplares estudiados fue 120, de los cuales 46 se colectaron en excrementos de ovino, 26 en heces de equino, 21 en excrementos de caprino, 13 en excrementos de vacuno, 12 en heces de conejo y 1 en excremento humano. Esta especie parece ser más abundante en heces con bajo contenido hídrico como las de ovino y caprino.

La mayor parte de las localidades donde ha sido encontrada esta especie, se sitúan en el Norte de la provincia (Sierra de Gata, Montes Tras la Sierra y cara Sur de Gredos). Las localidades donde se ha efectuado capturas de la misma son: Abadía, Baños de Montemayor, Cáceres, Cadalso, Collado, Hervás, Jaraíz de la Vera, Jarandilla, Jerte 1.100 m., La Garganta, Losar de la Vera, Madrigal de la Vera (Garganta de Minchones), Malpartida de Plasencia, Navalmillar de Ibor, Pantano de Borbollón, Puerto de Honduras, Robledillo de la Vera, Robledollano, San Martín de Trevejo, Santibáñez el Alto, Santibáñez el Bajo, Villanueva de la Vera y Zarza de Granadilla. (Mapa 3).

Esta especie se ha recogido en altitudes que oscilan entre los 400 m. y los 1.500 M. (Gráfica 2) en puntos donde la vegetación predominante es arbórea o arbustiva. Su área de distribución nos indica que es más abundante en la mitad Norte del área estudiada.



Mapa 4: Distribución geográfica de: ► *Geotrupes mutator* Marsham. * *Geotrupes niger* Marsham. ■ *Thorectes escorialensis* Jekel. ● *Geotrupes ibericus* Baraud.

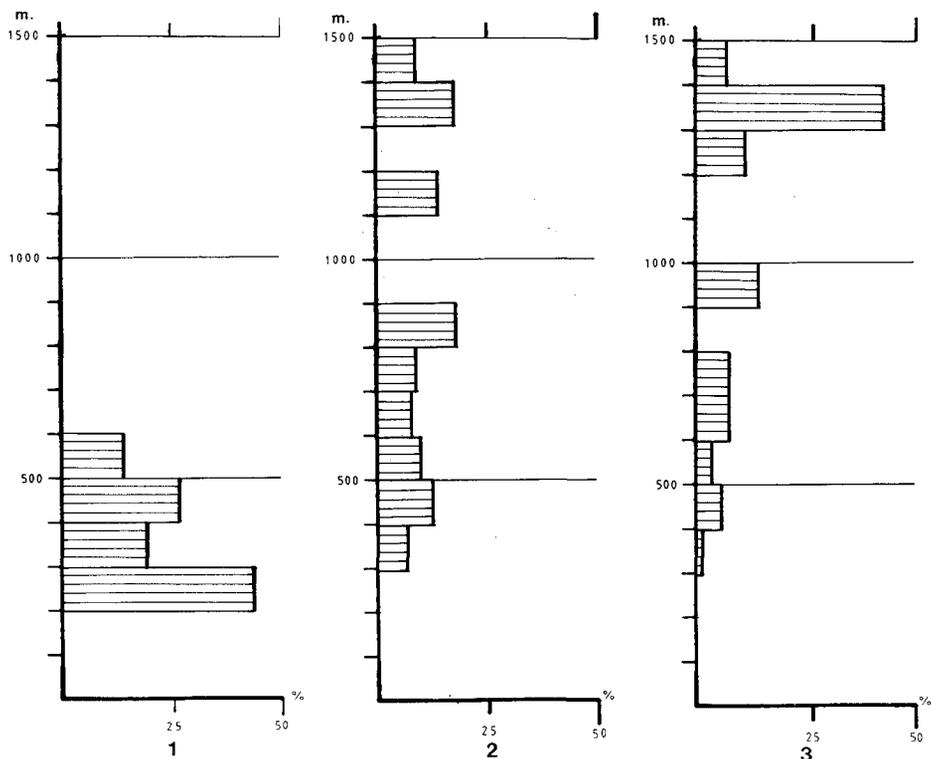
Los adultos aparecen en otoño y están presentes hasta mediada la primavera, como se deduce de la gráfica de fenología (Gráfica 4), estando estos datos de acuerdo con los aportados por BRUSSAARD, 1983.

Geotrupes mutator Marsham, 1802.

Distribución: Europa hasta el Cáucaso.

Se han estudiado 15 ejemplares de los cuales 4 se colectaron en excrementos de vacuno y 8 en heces de equino, excremento este último por el que muestra preferencia esta especie según PAULIAN y BARAUD (1982).

De las capturas realizadas, la mayor parte se localizan en altitudes superiores a los 1.000 m. y en un área determinada (Montes Tras la Sierra) correspondiendo a las localidades de: Hervás, Jerte, Plasencia, Puerto de Honduras y Tornavacas. Sólo en un caso se colectó esta especie más al Oeste, en Descargamaría (Mapa 4). En las dos zonas la influencia atlántica es patente y la vegetación predominante son los piornales *Cytisium purgantis* R. Tx. en altitudes superiores a los 1400 m. y el roble melojo (*Quercus pyrenaica* Will.) por debajo de los mismos.



Distribución altitudinal de: 1.—*Ceratophyus hoffmannsegi* Fairmaire. 2.—*Typhoeus typhoeus* (L.). 3.—*Geotrupes ibericus* Baraud.

Los adultos se han recogido desde el otoño hasta la primavera, período durante el cual presentan actividad los imagos según PAULIAN 1959. Tan sólo un ejemplar fue encontrado en el mes de julio, época en la que pueden aparecer esporádicamente, como indica GALANTE (1981).

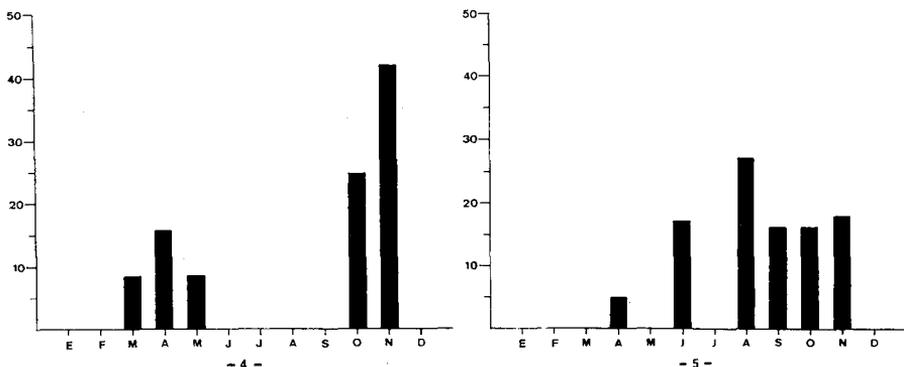
Geotrupes niger Marshan, 1802.

Distribución: Europa Occidental y parte occidental del Norte de África.

Se colectaron 5 ejemplares en heces de equino, 10 en heces de vacuno y 2 en heces de perro.

Como la especie anterior, se localiza en las sierras más septentrionales de la provincia, Montes Tras la Sierra y Sierra de Gata. Estas sierras están sometidas a una clara influencia oceánica, lo cual está en concordancia con lo expuesto por LUMARET (1979) que la considera como una especie ligada a zonas de montaña con influencia atlántica. Ha sido capturada en las siguientes localidades: Cabezabellosa, Cabezabellosa (Pico Torno), Eljas, Jarandilla, Jerte y Puerto Honduras (Mapa 4).

Es una especie cuyos imagos presentan actividad desde comienzos del verano (junio) hasta mediados el otoño (noviembre) de acuerdo con los datos obtenidos.



Actividad anual de: 4.—*Typhoeus typhoeus* (L.). 5.—*Geotrupes ibericus* Baraud.

Geotrupes ibericus Baraud, 1958.

Distribución: Península Ibérica.

Se colectaron 74 ejemplares en heces de vacuno, 25 en excrementos de equino y 1 en excrementos de perro.

Esta especie que parece ser más abundante en la parte septentrional de la provincia, también se ha capturado en el Sur y Sureste de la misma. Las localidades donde se han recogido fueron: Baños de Montemayor, Cabezabellosa, Cabezabellosa (Pico Torno), Cáceres, Cañameros, Cilleros, Descargamaría, Eljas, Jaraíz de la Vera, Jarandilla, Jerte, La Garganta, Navalmoral de la Mata, Nuñomoral, Piornal, Puerto de Honduras, Robledillo de la Vera (Mapa 4).

El intervalo altitudinal en el que se ha capturado es amplio, desde los 400 m. hasta los 1.500 m., lo cual confirma los datos aportados por BARAUD (1958, 1977), BOGGETTI et ZUNINO (1977) en cuanto al habitat de la especie que se diferencia del *G. spiniger* Marsh., en que ésta vive en altitudes no elevadas.

Como se observa en la gráfica de fenología los imagos se encuentran desde agosto hasta noviembre, período durante el cual se realiza la puesta (Gráfica 5). Los individuos que aparecen en primavera, aunque en bajo número, son probablemente individuos invernantes, y los ejemplares que se encuentran a principios del verano proceden probablemente de los huevos que eclosionaron antes del invierno, de acuerdo con BAGUENA (1959).

Thorectes escorialensis Jekel, 1865.

Distribución dentro de la Península Ibérica presenta una típica distribución atlántica: Sistema Central, Norte de Portugal y Galicia (GALANTE, 1984).

Durante la realización de este trabajo fueron colectados 30 ejemplares, de los cuales 24 fueron encontrados en heces de cabra.

Se ha capturado en las siguientes localidades: Cadalso, Casares de las Hurdas 1.020 m., La Garganta, Jarandilla, Navalmillar de Ibor, Puerto de Honduras y Tornavacas.

De acuerdo con GALANTE (op. cit.) es una especie que se encuentra únicamente en las áreas de influencia atlántica (Mapa 4), como son las sierras ubicadas al Norte de la provincia de Cáceres. La única captura realizada al sureste del área de estudio (Navalmillar de Ibor) se localiza también en una zona de influencia oceánica que corresponde a la Sierra de Guadalupe y Sierra de la Palomera.

Thorectes nitidus Jekel, 1865.

Distribución: Península Ibérica.

Se han estudiado un total de 13 ejemplares de los cuales 8 fueron recolectados en excrementos de ovino. Se ha podido observar que el modo de trasladar el excremento de oveja hasta la galería es similar al descrito por LÓPEZ COLÓN (1985) para esta especie, así como el descrito por LUMARET (1978) para *T. albarracinus* Wagner. Los individuos sujetan con las tibias, la cabeza y los tarsos anteriores la hez, mientras que con las patas posteriores se apoyan en el suelo y caminan hacia atrás.

Parece ser una especie que se encuentra en el Noroeste del área de estudio, aunque también se ha colectado en el centro y Norte de la misma (Mapa 3). Las localidades donde se ha capturado son las siguientes: Acebo, Hervás, Hinojal, San Martín de Trevejo, Torrejón el Rubio, Trevejo y Valverde del Fresno.

No se puede relacionar con ningún dominio de vegetación, ya que aparece en áreas de influencia atlántica donde la vegetación predominante son los brezales como etapa de sustitución de los robledales (San Martín de Trevejo, Trevejo, Valverde del Fresno) y en zonas de encinares de clara influencia mediterránea (Torrejón el Rubio). En ningún caso sobrepasan los 800 m. de altitud.

Trypocopris pyrenaicus Charpentier, 1825

Distribución: Europa occidental.

Se ha estudiado un macho capturado en Carcaboso el 3-IV-85 (P. Conejero Leg.) depositado en el Departamento de Zoología de la Universidad de Salamanca.

Durante la realización de este trabajo no se ha capturado esta especie, si bien ya había sido citada de Cáceres por BAGUENA (1967), lo cual induce a suponer que es una muy especie escasa y esporádica en el área de estudio.

DISCUSIÓN

Todas las especies estudiadas tienen como características común la preferencia por habitats cerrados que posean un adecuado dosel arbóreo o bien un matorral de porte elevado resultado de la aparición de etapas de sustitución de encinar o robledal. No obstante, en ocasiones, algunas especies como *Geotrupes mutator* Marshan pueden aparecer en pastizales abiertos.

Dentro de la comunidad de *Geotrupidae* de la zona prospectada, encontramos dos especies, *Ceratophyus hoffmannseggii* Fairmaire y *Thorectes nitidus* Jekel, que se distribuyen en áreas de poca altitud. En particular la especie beticorrifeña *C. hoffmannseggii* Fairm. es mucho más frecuente entre 300 m. y 400m., no sobrepasando los 600 m., mientras el elemento ibérico *Th. nitidus* Jek, sin superar los 800 m., tiene como intervalo altitudinal preferente de 500 a 700 m. Al contrario, la especie paleártica occidental *G. niger* Marsh. y el

elemento lusitánico *Th. escorialensis* Jek., se han encontrado siempre por encima de los 600 m. de altitud, pudiendo ser considerada dentro del área de estudio como propias de zonas montañosas. Así mismo encontramos dos especies que están presentes desde los 350 a los 1.450 m., y son el endemismo ibérico *G. ibericus* Bar. y la especie paleártica occidental *T. typhoeus* (L.).

Por último la especie europea *G. mutator* Marsh., si bien ha sido localizada a 350 m. de altitud, es más frecuente a partir de los 800 m., llegando a los 1.450 m., siendo ésta una de las cotas más elevadas del área.

Dentro de la distribución que presentan las diferentes especies, encontramos que *C. hoffmannseggi* Fairm. se localiza únicamente en las áreas fitoclimáticas de *Q. rotundifolia* Lám. que coincide con las cotas de menor altitud de la provincia de Cáceres.

Localizadas únicamente en el área fitoclimática de *Q. pyrenaica* Will., están presentes tres especies: *G. mutator* Marsh., *G. niger* Marsh., *Th. escorialensis* Jek.

Existe por otra parte un conjunto de otras tres especies formado por *T. typhoeus* (L.), *G. ibericus* Bar., *Th. nitidus* Jek. que aparecen tanto en las áreas de encinar (*Q. rotundifolia* Lam.) como de robledal (*Q. pyrenaica* Will.); si bien son más abundantes en esta última.

Se observa en general una mayor concentración de todas las especies del género *Geotrupes* y *Thorectes* en el tercio Norte de la provincia de Cáceres, coincidiendo en general con las estribaciones montañosas y sus áreas adyacentes, que en gran parte están incluidas en el área fitoclimática de *Q. pyrenaica* Will. Vemos así mismo que *T. typhoeus* (L.) presenta una mayor tendencia a la concentración en localidades de la mitad Norte del área estudiada.

Esta distribución viene condicionada por los requerimientos de las diferentes especies. De acuerdo con LUMARET (1978) *G. mutator* Marsh. y *T. typhoeus* (L.) necesita un cierto grado de humedad y un suelo que permita la elaboración de galerías más o menos profundas, para lo cual el terreno debe estar capacitado para la retención de agua. Esta es probablemente la causa de que ambas especies se encuentren dentro de un amplio intervalo altitudinal. En áreas de baja altitud estas dos especies se localizan donde el matorral suele ser espeso o bien existe un dosel arbóreo propicio que concentre la humedad. Así mismo ambas especies penetran ampliamente en las sierras, donde son más abundantes, ya que es en estas zonas donde se da el grado de humedad y profundidad del suelo más acorde con las necesidades de las mismas.

Probablemente el endemismo ibérico *G. ibericus* Bar. tenga unos requerimientos semejantes a los mencionados, de ahí que aparezca dentro de un amplio espectro altitudinal y tanto en áreas fitoclimáticas de encinar como de robledal. Al igual que la especie europea *G. spiniger* Marsh., muestra preferencia por terrenos de cierta humedad y posibilidad de excavación profunda, si bien se diferencia por el rango altitudinal que colonizan.

La provincia de Cáceres está constituida en su mayor parte por una gran penillanura, cuya altitud media se sitúa alrededor de los 400 m. Estos terrenos abiertos, con influencia mediterránea, cubiertos en parte por un dosel arbóreo de encinar (*Q. rotundifolia* Lam.) están sometidos a una gran sequía durante casi todo el año. Probablemente ésta es la causa de que la mayor parte de las especies se encuentren acantonadas en el Norte de la provincia, en las sierras

y áreas limítrofes, que coinciden con las zonas de influencia atlántica (Zona fitoclimática de *Q. pyrenaica* Will.).

La única especie que claramente vive en terrenos secos, si bien aparece en pastos con vegetación arbórea o arbustiva, no penetrando en el área fitoclimática de *Q. pyrenaica* Will., es la especie beticorribeña *C. hoffmannseggi* Fairm.

Por todo esto podemos concluir que en el Sistema Central se establece el límite de distribución de alguna de las especies estudiadas. Parece constituir el extremo meridional de distribución en el Oeste de la Península Ibérica, de *G. mutator* Marsh., *G. niger* Marsh., *Th. escorialensis* Jek. Esta última es una especie de clara distribución atlántica que se encuentra en toda Galicia y mitad Norte de Portugal, penetrando en el interior de la Península Ibérica a través del Sistema Central (GALANTE, 1984).

También en el caso de *C. hoffmannseggi* Fairm., parece que en el Sistema Central coincide aproximadamente su límite de distribución septentrional en el Oeste peninsular, si bien puede encontrarse al Norte de esta barrera natural (GALANTE, 1981, 1983), no obstante es escasa en estas áreas.

Este conjunto de especies puede llegar a tener una eficaz actuación en la degradación de excrementos del ganado, a excepción de *Th. escorialensis* Jek. y *Th. nitidus* Jek. que se alimentan de heces con muy bajo contenido hídrico como son las de oveja y cabra fundamentalmente, el resto de las especies acuden a otro tipo de excremento vacuno, equino u ovino. En concreto las diversas especies de *Geotrupes* muestran claras preferencias por las heces de vacuno o equino, mientras *T. typhoeus* (L.) es atraído con mayor eficacia por las de ovino y equino.

Como ya se indicó anteriormente, dada la sequía imperante en la provincia de Cáceres durante toda la época estival, es práctica habitual durante este período el traslado del ganado ovino y vacuno fundamentalmente a las montañas del centro y Norte de la Península Ibérica. En la provincia de Cáceres durante el verano únicamente quedará ganado en algunas partes de las sierras.

Si examinamos la fenología de las diferentes especies observaremos que todas ellas son activas durante el otoño, época del regreso del ganado. Así mismo durante la primavera presenta una gran actividad *C. hoffmannseggi* Fairm. en áreas de encinar y *G. Mutator* Marsh. en áreas de robledal, actuando ambas sobre excrementos de ganado vacuno y equino. También durante la primavera tiene importancia *T. typhoeus* (L.), si bien actúa tanto en áreas de encinar como robledal y fundamentalmente sobre las heces de ovino.

Ninguna de estas especies presenta actividad estival, al igual que ocurre en otras áreas de la Península Ibérica (GALANTE, 1981). En el verano se inicia la actividad de los imagos de *G. ibericus* Bar. y *G. niger* Marsh., si bien, en ocasiones, puede encontrarse algún ejemplar aislado en primavera probablemente invernante del año anterior. Estas dos especies actúan principalmente sobre las heces de ganado vacuno y equino y durante el verano se encuentran lógicamente en las zonas de pastoreo de las sierras cacereñas.

También durante el verano encontramos *Th. escorialensis* Jek. y *Th. nitidus* Jek., si bien la incidencia de estas dos especies en la destrucción de excrementos es mínima, dado sus hábitos alimenticios. Por otra parte, *Th. escorialensis* Jek. permanece activo gran parte del año.

Vemos, por tanto, que se establece una gradación anual en la comunidad de *Geotrupidae* de la provincia de Cáceres, aunque en conjunto pueden ser considerados como coleópteros coprófagos típicos del otoño.

APÉNDICE

A continuación, se indican las fechas, localidades y número de ejemplares capturados de cada una de las especies estudiadas. La localidad viene determinada por el número de orden que se señala en la relación de las mismas.

C. hoffmannseggi Fairm.

11: 5-IV-83, 1 h (*). 15: abril-76, 1 m (*). 19: 3-IV-85, 1 h. 37: 19-III-82, 1 h; 12-IV-83, 1 m, 2 h. 59: 16-V-76, 1 h. 65: 26-XI-85, 4 m, 5 h. 66: 26-XI-85, 1 m, 1 h. 89: 17-IV-83, 1 m, 2 h. 96: 30-XI-84, 1 h.

(*) *m* significa macho, y *h*, hembra.

T. typhoeus (L.)

1: 30-XI-84, 1 h. 9: 30-IV-83, 1 m. 15: IV-76, 1 h. 16: 24-IV-82, 1 h. 33: 26-XI-85, 2 m, 1 h. 37: 21-III-82, 1 m. 42: 8-V-82, 1 h; 28-XI-84, 3 m. 43: 15-IV-82, 4 m, 1 h; 28-XI-85, 17 m, 15 h. 44 (1.100 m.): 17-V-80, 1 h; 12-V-84, 1 h. 46: 28-X-80, 1 m, 1 h. 51: 29-XI-85, 1 m, 1 h. 52: 28-XI-84, 1 h. 58: 29-XI-84, 6 m, 4 h. 63: 11-IV-83, 1 m. 72: 28-IV-80, 1 m. 73: 28-XI-85, 3 m, 1 h. 74: 29-XI-84, 15 m, 14 h. 75: 7-III-81, 1 m. 77: 16-IV-82, 1 m. 78: 11-IV-83, 1 m. 94: 29-XI-85, 2 m, 2 h. 96: 30-XI-84, 1 h.

G. mutator Marsh.

26: 27-IX-80, 1 m. 37: 19-IV-82, 1 m. 44 (1.200 m.): 29-IX-80, 1 h. 69: 1-V-82. 1 h. 72: 17-V-80, 1h; 28-X-80, 4 m, 1 h; 4-VII-82, 1 h. 83: 1-X-82, 2 m, 2 h.

G. niger Marsh.

12: 27-VI-80, 2 m, 1 h. 13: 14-VIII-84. 1 m. 27: 26-IX-80, 1 h. 43: 28-XI-85, 1 m. 44 (600 m.): 25-VIII-80, 1 m, 7 h; 27-VI-80, 2 h. 72: 4-VII-82, 1 h.

G. ibericus Bar.

9: 16-VIII-84, 3 m, 4 h. 12: 27-VI-80, 5 m, 1 h. 13: 16-VIII-84, 9 m, 8 h. 15: 20-VIII-83, 1 h. 18: 15-VIII-84, 1 m. 24: 12-IV-83, 1 m. 26: 27-IX-80, 1 m, 1 h. 27: 26-IX-80, 4 m, 2 h; 29-IX-80, 2 m, 3 h. 42: 28-XI-84, 6 m, 3 h. 43: 28-XI-85, 1 m. 44: 25-VIII-80, 3 m, 2 h; 27-VI-80, 1 m. 46: 28-X-80-, 1 h; 14-VIII-84, 15 m, 10 h; 5-VIII-84, 1 h. 59: 15-VIII-84, 1 m. 61: 28-IX-80, 2 m. 68: 15-VIII-84, 2 m, 1 h. 72: 28-X-80, 1 m, 3 h. 73: 28-XI-85, 1 h.

Th. escorialensis Jek.

16: 1 h. 43: 15-IV-82, 1 h. 46: 1 m, 2 h. 58: 29-XI-84, 1 h. 72: 17-V-80, 2 m, 3 h; 28-X-80, 1 m, 2 h; 14-V-82, 1 m, 5 h; 4-VII-82, 6 h. 83: 1 m, 2 h.

Th. nitidus Jek.

1: 7-II-82, 1 h. 37: 20-III-82, 1 m. 39: 27-XI-85, 3 m, 4 h. 75: 5-X-81, 1 m. 86: 27-VI-83, 1 m. 88: 22-IV-8, 1 m. 92: 7-II-85, 1 h.

Trypocopris pyrenaicus Charp.

19: 3-IV-85, 1 m.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento al doctor Enrique Rico Hernández por la elaboración del apartado de vegetación.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLUE ANDRADE, J. (1966). *Subregiones fitoclimáticas de España*. Ministerio de Agricultura. Inst. Forestal de Invest. y Experim. Madrid, 57 p.
- BÁGUENA CORELLÁ, L. (1959). Notas sobre ecología y etología de los *Scarabaeoidea* ibéricos de interés en Edafología (*Coleóptera*). Graellsia XVII (1-3): 29-45.
- (1967). *Scarabaeoidea de la fauna Ibero-Balear y Pirenaica*. C.S.I.C. Madrid. 559 p.
- BARAUD, J. (1958). Un nouveau *Geotrupes* Latr. d'Espagne. *Soc. Ent.* Lyon, 8: 2, 19-221.
- (1977). Coléoptères *Scarabaeidae*. Faune de l'Europe Occidentale. Belgique, France, Grande Bretagne, Itale, Peninsula Iberique. *Publications de la Nouvelle Revue d'Entomologie*. IV. Toulouse. 351 p.
- BOGGETI, C. et ZUNINO, M. (1977). Il rango tassonomico e la distribuzione geografica de *Geotrupes ibericus* Baraud (*Col. Scarabaeoidea*). *Boll. Soc. Entom. Italiana*, 109 (1-3): 31-34.
- BRUSSAARD, L. (1983). Reproductive behaviour and development of the dung beetle. *Thyphoeus typhoeus* (L.) (*Col. Geotrupidae*). *Tijdschrift Voor Entomologie*, 126 (10): 203-231.
- DAGET, Ph. M., GUILLERM, J. L. (1972). Profils ecologiques et information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques. *Grand. Meth. Pflanz, Int. Symp. Veget.* Rinteln 1970: 121-149.
- FINCHER, G. T., HOWSON, W. G. and BURTON, G. W. (1981). Effects of cattle feces rapidly buried by dung beetles on yield and quality of Coastal Bermudoprass. *Agronomy Journal*, 73: 775-779.
- GALANTE, E. (1981). Los *Scarabaeoidea* (*Col.*) de las heces de vacuno de la provincia de Salamanca. IV. *Geotrupidae*. *Bol. Asoc. Esp. Entom.* 4 (1980): 173-177.
- (1983). Sobre los escarabeidos (*Col. Scarabaeoidea*) de la Península Ibérica (I). *Bol. Asoc. Esp. Entom.* 7: 55-68.
- (1984). Los *Thorectes* del grupo «*escorialensis*» en la Península Ibérica. (*Col. Scarabaeoidea*). *Bol. Asoc. Esp. Entom.* 8: 271-281.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, A., y FORTEZA BONNIN, J. (1970). *Mapa de suelos de la provincia de Cáceres*. C.S.I.C. Centro de Biología y Edafología Aplicada de Salamanca. 122 p.
- LÓPEZ COLÓN, J. I. (1985). Contribución al género *Thorectes* Mulsant. VI. Las especies de la provincia de Madrid (*Col. Geotrupidae*). *Nouv. Rev. Ent.* (N. S.) 2 (2): 221-225.
- LUMARET, J. P. (1978). *Biogéographie et écologie des Scarabeides coprophages de sud de la France*. Tesis Doctoral. Montpellier. Vol. I. 253 p.
- (1979). Biogéographie et écologie des Scarabeides coprophages de sud de la France. I. Méthodologie et modes de repartition. *Vie et Milieu*, 1978-1979. Vol. XXVIII-XXIX, Fasc. 1, Ser. C: 1-34.
- (1979). Biogéographie et écologie des Scarabeides coprophages de sud de la France. II. Analyse synocologique des repartitions. *Vie et Milieu*, 1978-1979. Vol. XXVIII-XXIX, Fasc. 2, Ser. C: 179-201.
- PAULIAN, R., y BARAUD, J. (1982). *Faune des coléoptères de France. Lucanoidea et Scarabaeoidea*. Editions Le Chevalier. Paris. 477 p.
- PÉREZ MELLADO, V. (1983). Activity and thermoregulation patterns in two species of *Lacertidae*: *Podarcis hispanica* Stenbacher, 1870 and *Podarcis bocagei*. (1984). *Cienc. Biol. Ecol. Syst.* (Portugal), 5: 5-12.

UNA FUNCIÓN DE CRECIMIENTO FLEXIBLE PARA DESCRIBIR DIFERENTES TIPOS DE SERIES DENDROCRONOLÓGICAS: GENERALIZACIÓN DE LA FUNCIÓN DE RICHARD

por
C. A. GRACIA¹ Y J. J. IBÁÑEZ¹

RESUMEN

Se proponen modificaciones a la función de Richard (1959), de manera que resulta posible describir el crecimiento indeterminado de los árboles. En el trabajo se discute el modelo biológico que constituye la base teórica de la función propuesta. Se presentan numerosos ejemplos de aplicación que sirven, al mismo tiempo, para discutir la relación existente entre los parámetros de la función así como la estabilidad de las estimaciones que se consiguen en el algoritmo que utiliza el programa GROWTH desarrollado por uno de los autores.

Palabras clave: crecimiento, función de Richard, dendrocronología.

SUMMARY

A flexible growth function to describe dendrochronological series: a generalization of the Richard's function.

Some modifications to the Richards function are proposed in order to make it suitable for the description of undeterminate growth. The biological model which remains in the basis of the proposed function is discussed. Some practical cases allows us to present the relationships among the parameters of the function as well as the stability of the estimations obtained with GROWTH, a computer program implemented by one of the authors.

Key words: growth, Richard's function, dendrochronology.

INTRODUCCIÓN

El espesor de los anillos de crecimiento de los árboles se puede considerar como el resultado de la interacción de dos tipos de componentes sobre la plan-

(1) Departamento de Ecología, Facultad de Biología. Universidad de Barcelona.

ta. Por un lado las componentes endógenas, controladas por la propia planta, que responden a patrones genéticos y por otra parte las componentes exógenas principal, pero no exclusivamente, de tipo climático que fluctúan irregularmente y a las que cada planta responde con más o menos inercia.

El grosor de un anillo de crecimiento formado en un año particular t , dependerá de los factores externos a los que el árbol se ha visto sometido durante el año anterior (y eventualmente los años anteriores) de modo que condiciones favorables se traducen en una mayor acumulación de productos resultantes de la fotosíntesis y, por lo tanto, en un mayor espesor del anillo. Pero además de estos factores externos juegan un papel importante los factores que hemos llamado endógenos. En efecto, en el año particular t , los árboles más jóvenes que se encuentran en su fase juvenil, presentan una tendencia mayor al crecimiento de la que presentan árboles más maduros de la misma población, exactamente igual que ocurre con otros muchos organismos, animales o plantas.

La varianza de los espesores de los anillos no es homogénea en el tiempo ya que, en ausencia de perturbaciones externas, tiende a decrecer al incrementarse la edad del árbol. El espesor medio de los anillos, la desviación respecto de la media y la estructura de autocorrelación varían marcadamente dependiendo de las condiciones de su lugar de implantación, así como de la edad del árbol. (FRITTS, 1976).

En consecuencia, la correcta interpretación de una serie dendrocronológica requiere diferenciar los efectos debidos a estos dos grupos de componentes. El procedimiento habitual consiste en ajustar la curva de crecimiento del árbol a alguna función matemática conocida para, más tarde, calcular los índices de crecimiento como cociente entre los valores reales (medida del espesor del anillo) y los estimados (valor en la función de ajuste elegida).

Este procedimiento, conocido como estandarización, permite la comparación de las distintas series cuyos valores, transformados en índices, presentan una varianza más homogénea en el tiempo, un valor análogo para todos los índices medios, la mínima desviación de los índices respecto del valor medio, además de haber eliminado la parte de autocorrelación debida a la tendencia impuesta por el crecimiento.

Una gran variedad de funciones tales como exponenciales negativas (FRITTS 1976, BERGER ET AL 1979, GRAYBILL 1981, GÉNOVA 1987), logarítmicas (ANIOL 1983, ZUCHINI y HIEMSTRA 1983), de medias móviles (STOKES y SMILEY 1968, BAILLIE 1982), polinomiales (FRITTS 1976, BAILLIE 1982) y multitud de otras transformaciones (GUTIÉRREZ, 1987) se han utilizado con el fin de recoger la función de crecimiento de las distintas poblaciones de diferentes especies.

Las funciones matemáticas utilizadas son, con frecuencia, funciones empíricas que se ajustan a los datos pero, cuyos parámetros, carecen de sentido biológico. Un problema accesorio es que, con frecuencia, se han de utilizar distintas funciones para ajustar árboles de una misma especie e incluso de una misma población. Por otra parte, la correcta aplicación de algunas de estas funciones obliga a desechar en numerosos casos, y siempre de forma subjetiva, una parte de los valores que no son aptos para el ajuste seleccionado. Un buen ejemplo lo constituye el caso de los valores —años— iniciales en los ajustes a funciones exponenciales negativas (GÉNOVA, 1987).

Una consecuencia negativa que se deriva de tal proceder es la pérdida de la información contenida en las curvas de crecimiento de los diferentes árboles. El estudio comparativo de curvas de individuos que viven en una misma masa forestal, nos aporta información sobre los efectos de la competencia intraespecífica (GRACIA E IBÁÑEZ, 1985) a condición de que la función utilizada para el ajuste sea la misma en todos ellos, a fin de hacer posible la comparación entre los parámetros.

RICHARD (1959) propuso una función de tipo muy general, capaz de describir el crecimiento de organismos muy diferentes. Esta función que engloba a otras tan conocidas como la de Gompertz, la logística o la de Von Bertalanffy como casos particulares tiene, sin embargo, el inconveniente de que está acotada por una asíntota superior horizontal (crecimiento determinado) que la hace poco adecuada para describir el crecimiento de tipo indeterminado que presentan los árboles al añadir nuevos anillos por la parte externa del xilema. Desde el punto de vista matemático esta función ha sido estudiada exhaustivamente por CAUSTON ELIAS y HADLEY (1978) y por CAUSTON y VENUS (1981).

En el presente trabajo presentamos una generalización de la función de Richard, de tal modo que se suprime la limitación de la asíntota horizontal y la hace especialmente adecuada para describir el crecimiento de los árboles.

LA FUNCIÓN DEL CRECIMIENTO

RICHARD (1959) propone definir el crecimiento de un organismo mediante una función del tipo:

$$R_t = \alpha \cdot [1 \pm e^{(\beta - kt)}]^{-1/v} \quad (1)$$

donde R_t es el tamaño del individuo en el instante t . En el caso particular del crecimiento de los árboles, y por comodidad en la exposición posterior, consideraremos como tamaño el radio del tronco, medido a la altura estándar de 1.30 metros. α , β , k y v son los cuatro parámetros de ajuste de la función tales que:

$$\alpha \text{ y } k > 0 \quad \text{y} \quad -1 \leq v < \infty \quad v \neq 0$$

El parámetro α representa el valor de la ordenada en el origen de la asíntota superior que señala el límite del crecimiento (figura 1). El valor del parámetro β se relaciona estrechamente con la localización de la curva en el eje del tiempo y resulta, en consecuencia altamente informativo a pesar de la opinión contraria de CAUSTON y VENUS (op. cit. pág. 145). En particular, podemos afirmar que, a medida que la curva se desplaza en dicho eje y, por ejemplo, el punto de inflexión se localiza más tarde, el valor de β aumenta como queda de manifiesto comparando las funciones de la figura 2 cuyos parámetros estimados se resumen en la tabla 1.

Cuando $v = -1$ la función representa el caso particular de la función de Gompertz, en tanto que el valor de $v = 1$ representa el caso particular de la función logística. Así mismo la función de von Bertalanffy puede considerarse

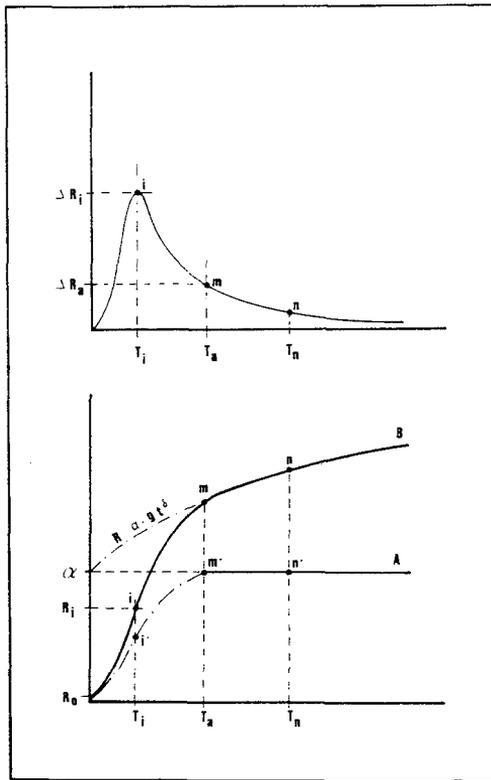


Figura 1.—El crecimiento de un árbol puede representarse como una serie de incrementos anuales (parte superior) o como una serie de crecimientos acumulados (parte inferior) que es la forma utilizada por la función de Richard (función A, parte inferior). En este caso el máximo incremento anual (i) se transforma en un punto de inflexión. La función (B), que corresponde a un crecimiento indeterminado, exige la introducción de los parámetros g y δ para describir la función alométrica que limita el crecimiento.

CORE	α	β	γ	δ	κ	ν	T_i
A: PS-11-PB2	22.93	-0.29	3.77	0.85	0.48	0.46	1.01
B: PU-24-M	23.50	-0.09	1.65	0.91	0.11	-0.67	2.82
C: PS-13-PB2	22.38	0.04	1.12	0.78	0.21	-0.56	2.95
D: PS-3-PB2	26.56	1.45	0.80	0.76	0.27	0.66	6.91
E: PP-17-GV	18.89	10.59	2.50	0.92	0.63	3.08	15.02
F: PU-9-M	7.51	20.93	0.99	0.97	1.02	4.33	19.08

Tabla 1.—Valores estimados de los parámetros de la función de crecimiento de los árboles representados en la figura 2. Compárese en particular el momento en el que se produce la inflexión en el crecimiento T_i con el valor del parámetro β . A, C y D: *Pinus sylvestris*, Puertos de Beceite, Tarragona. B. y F: *Pinus uncinata*, Masella, Gerona. E: *Pinus pinea*, Gavarres, Gerona.

TABLA 2

ESPECIE	LOCALIDAD	EDAD	g	δ	
<i>Pinus sylvestris</i>	Beceite Parcela 1	23	0.711	0.859	
		25	1.281	0.945	
		26	1.250	0.950	
		27	1.207	0.962	
		27	1.232	0.976	
		27	1.599	0.992	
		27	2.198	0.920	
		Beceite Parcela 2	41	0.086	0.961
			45	0.184	0.976
			46	0.097	0.952
	47		1.651	0.521	
	48		0.121	0.949	
	51		2.008	0.920	
	52		0.603	0.994	
	52		0.913	0.988	
	52		2.664	0.577	
	53		0.359	0.996	
	Cebollera	53	0.801	0.934	
		53	0.912	0.989	
		53	1.221	0.998	
		53	2.547	0.815	
		54	0.421	0.981	
		54	0.478	0.963	
		54	0.735	0.973	
		54	0.955	0.995	
		54	1.007	0.987	
		54	1.214	0.994	
		54	1.738	0.679	
		55	0.331	0.947	
		55	0.827	0.901	
	55	1.283	0.823		
	55	0.331	0.947		
	56	0.460	0.969		
56	0.821	0.991			
257	0.848	0.910			
258	0.886	0.973			
265	1.206	0.920			
<i>Pinus uncinata</i>	Masella	51	3.397	0.690	
		52	3.445	0.938	
		61	1.355	0.931	
		62	1.042	0.979	
		78	0.828	0.997	
		78	2.063	0.857	
		79	1.189	0.954	

ESPECIE	LOCALIDAD	EDAD	g	δ
		79	1.994	0.988
		86	0.599	0.936
		87	0.557	0.977
		87	0.987	0.971
		88	1.013	0.977
		89	1.296	0.997
		93	0.518	0.992
		95	1.305	0.844
		97	0.459	0.977
		100	1.570	0.914
		100	1.073	0.957
		107	1.127	0.979
		108	0.691	0.991
		108	1.261	0.951
		110	0.595	0.985
		111	0.691	0.991
	Molina	44	2.589	0.969
		49	1.306	0.935
		51	0.300	0.966
	Vallibierna	50	2.599	0.972
		51	1.309	0.998
	Gossol	91	0.448	0.786
<i>Pinus halepensis</i>	Salou	23	0.223	0.959
		23	0.390	1.000
<i>Pinus pinea</i>	Gavarres	62	2.500	0.922
<i>Pseudotsuga menz.</i>	Montseny	15	5.214	0.826
<i>Quercus pubescens</i>	Tavertet	58	1.741	1.001
		60	2.735	0.919
<i>Quercus ilex</i>	Cáceres	91	1.651	0.933
<i>Fagus sylvática</i>	Grevulosa	107	2.540	0.988

Tabla 2.—Valores de los parámetros g y δ , que describen el crecimiento asintótico, en árboles de diferentes especies y edades. Nótese que prácticamente todos los valores de δ quedan comprendidos entre 0.5 y 1, como corresponde al modelo propuesto.

como un caso particular de esta función como han demostrado CAUSTON y VENUS (1981).

Los parámetros β , k y v presentan un grado notable de correlación entre ellos, como veremos más adelante, pero permiten una flexibilidad notable y, en consecuencia, la función resulta muy sensible cuando se ajustan series de crecimiento reales. Sin embargo, a pesar de las particulares propiedades de la función de Richard, resulta difícil describir el crecimiento indeterminado que presentan los árboles, ya que al añadir cada año los anillos de crecimiento por la parte exterior del xilema se produce un permanente crecimiento del radio. En realidad este incremento de anillos funcionales por la parte externa del xilema viene compensado por la paralización de la actividad conductora de los

anillos interiores, más viejos, que dejan de ser funcionales, dando origen al duramen. No obstante, puesto que el diámetro del tronco constituye un parámetro fundamental en el estudio de las relaciones alométricas del árbol, una correcta descripción de su incremento resulta fundamental a la hora de elaborar planes de ordenación y aprovechamiento forestal sin contar con el problema específico y bien definido de la estandarización en dendrocronología al que hemos hecho referencia en la introducción. Éstas son algunas de las razones que justifican el introducir modificaciones en la función de Richard de modo que permita describir patrones de crecimiento indeterminado.

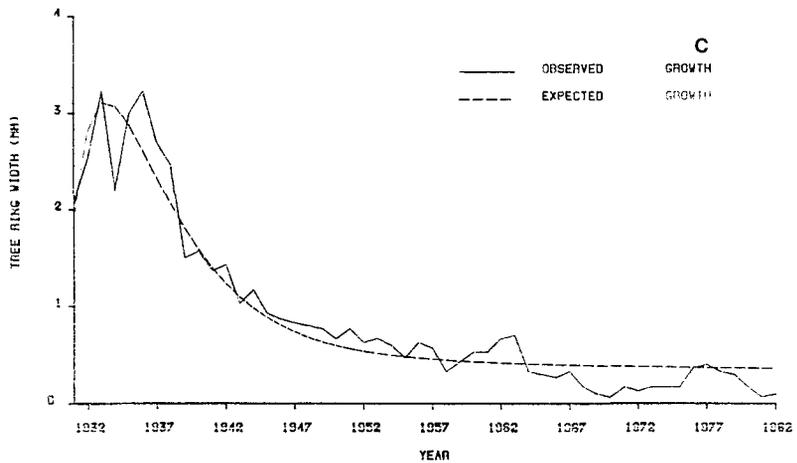
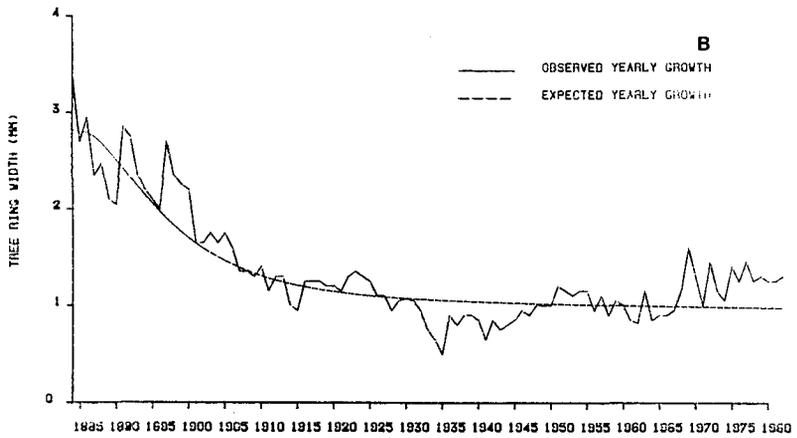
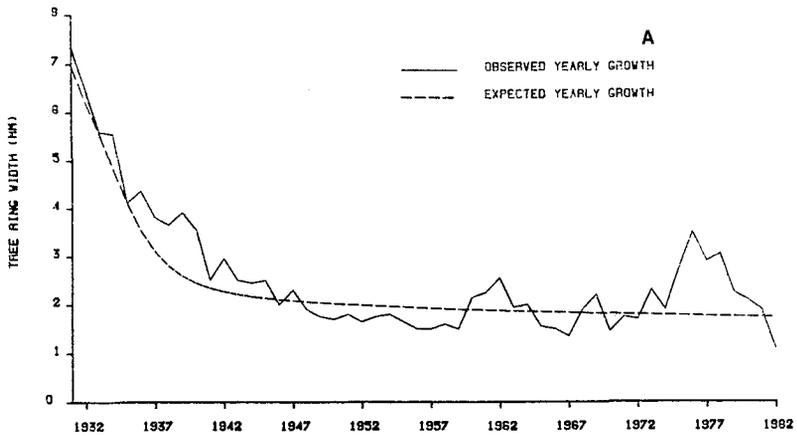
Para entender el sentido de la función que proponemos consideraremos, de modo intuitivo, que el crecimiento de un árbol se puede explicar como el efecto aditivo de dos componentes. Por una parte el árbol se ve sometido a un patrón de crecimiento sigmoide que se manifiesta en función de la edad de los individuos y que viene impuesto por el desfase que se produce entre la formación del aparato radicular y la formación del aparato asimilador. Como consecuencia, el crecimiento potencial de los individuos aumenta progresivamente hasta alcanzar un máximo incremento radial. En realidad, puesto que el xilema está constituido en su mayor parte por células muertas, es fácil entender que, una vez que se alcanza un desarrollo de las copas —si se prefiere, un índice foliar— tal que la capacidad evaporativa de la planta se equilibra con su disponibilidad hídrica y/o la extinción de la luz ya no permite la acumulación de mayor superficie foliar, se alcanza un equilibrio evaporativo tal que la sección transportadora de agua a un nivel determinado del tronco, ha de mantenerse aproximadamente constante.

Puesto que los nuevos anillos se añaden por la parte exterior del tronco y los que dejan de ser funcionales son los que se localizan más hacia el centro, es fácil darse cuenta de que, puesto que un anillo externo representa más superficie que uno interno de igual espesor, la constancia de la sección transportadora de agua se consigue reduciendo el espesor de cada nuevo anillo. En realidad equivale a considerar que el árbol fabrica la misma sección de madera cada año —fluctuaciones impuestas por el clima y otros factores externos aparte— pero la dispone en anillos más estrechos y de mayor radio. Si aceptamos provisionalmente este modelo de crecimiento, el espesor de los sucesivos anillos $t + 1$, $t + 2$, ..., $t + n$ a partir del año t en el que el bosque alcanza su equilibrio evaporativo, se ajusta a una función del tipo:

$$R_t = K + gt^{0.5} \quad (2)$$

donde la constante K representa el crecimiento del árbol hasta el momento en el que éste alcanza la asíntota y que no es otra cosa que la función de Richard.

En realidad, puesto que asociado al aumento del diámetro se produce un incremento de la altura del árbol, existe una dificultad suplementaria para transportar el agua a una mayor altura, que se compensa aumentado proporcionalmente el área de la sección transportadora. Esto equivale a decir que el espesor del anillo tiende a ser tal que el área incrementada cada año es ligeramente superior a la del año anterior.



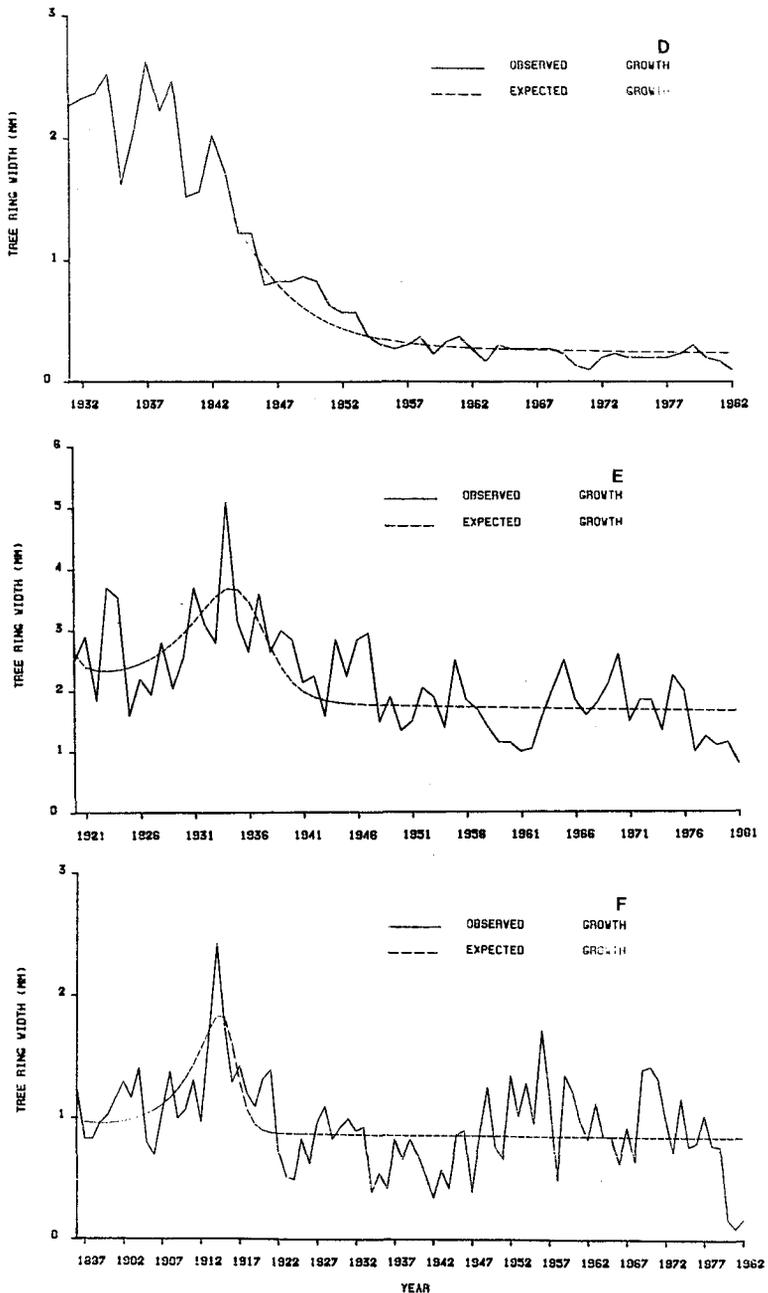


Figura 2.—Curvas de crecimiento anual de seis árboles del NE de España. Las diferencias en la «forma» de las diferentes curvas queda bien recogida en los parámetros de la función ajustada. (Ver tabla 1). A, C y D: *Pinus sylvestris*, Puertos de Beceite, Tarragona. B y F: *Pinus uncinata*, Masella, Gerona. E: *Pinus pinea*, Gavarres, Gerona.

	α	β	φ	δ	κ	ν	SM	VM	IND.
S-PB-A1	48.637	-0.437	1.297	0.962	0.315	-0.183	0.202	0.220	0.953
S-PB-A2	64.750	-0.010	1.149	1.000	0.215	-0.419	0.184	0.299	1.029
S-PB-A4	22.733	0.297	2.000	1.000	0.505	-0.490	0.209	1.114	1.377
S-PB-A5	22.216	3.149	0.187	1.000	0.713	1.346	0.274	0.143	1.141
S-PB-A6	25.390	2.099	0.230	1.000	0.608	0.716	0.258	0.094	1.185
S-PB-A7	43.066	0.054	1.281	0.945	0.334	0.199	0.230	0.398	1.034
S-PB-A8	43.100	-0.283	1.650	1.000	0.276	-0.250	0.199	0.344	1.035
S-PB-A46	52.280	-0.992	0.230	1.000	0.304	0.081	0.242	0.154	1.075
S-PB-A47	68.217	0.033	1.517	1.000	0.169	-0.445	0.170	0.206	1.008
S-PB-A48	40.327	-1.919	1.233	0.976	0.336	0.027	0.203	0.996	1.027
S-PB-A49	38.840	-0.114	0.520	1.000	0.322	0.179	0.221	0.253	1.140
S-PB-A50	31.083	-0.468	0.267	1.000	0.352	0.153	0.259	0.224	1.017
S-PB-A51	32.216	-0.299	0.062	1.281	0.367	-0.247	0.275	0.075	1.133
S-PB-A80	41.350	0.146	1.450	1.000	0.175	-0.684	0.165	0.159	1.040
S-PB-A82	27.701	-1.184	1.257	1.003	0.412	0.059	0.214	0.185	0.964
S-PB-A83	26.031	2.856	1.599	0.992	0.574	0.986	0.164	0.198	1.016
S-PB-A85	34.804	5.025	0.896	1.008	0.602	2.249	0.281	0.254	1.053
S-PB-A86	36.427	-0.481	0.263	1.000	0.368	0.098	0.356	0.127	0.955
S-PB-A86	14.541	0.764	0.711	0.859	0.698	0.265	0.262	0.077	0.997
S-PB-A88	33.697	0.120	0.267	1.000	0.291	-0.471	0.259	0.033	1.086
S-PB-A120	54.483	0.094	1.333	1.000	0.167	-0.665	0.204	0.254	1.032
S-PB-A121	44.607	0.110	2.198	0.920	0.183	-0.645	0.163	0.276	1.076
S-PB-A3	33.358	1.217	0.199	1.003	0.220	1.580	0.212	0.072	1.063
S-PB-A7	21.017	-1.011	0.912	0.989	0.382	-0.116	0.209	0.111	0.980
S-PB-A11	33.902	0.195	1.770	1.017	0.242	-0.749	0.169	0.258	1.014
S-PB-A13	36.005	-0.140	0.188	1.031	0.161	-0.389	0.255	0.060	1.075
S-PB-A14	22.728	0.112	0.487	0.976	0.228	-0.709	0.201	0.035	1.040
S-PB-A15	49.339	-0.102	0.098	0.952	0.221	-0.373	0.273	0.036	1.016
S-PB-A19S	51.839	-1.494	0.422	0.981	0.300	0.050	0.238	0.140	1.124
S-PB-A19	38.488	0.079	0.476	0.966	0.138	-0.821	0.275	0.183	0.965
S-PB-A22	29.505	0.672	0.827	0.901	0.285	-0.164	0.699	0.155	1.076
S-PB-A23	31.656	0.145	1.008	0.987	0.183	-0.668	0.185	0.088	0.972
S-PB-A25	39.730	-0.899	1.061	1.013	0.257	-0.113	0.198	0.188	1.022
S-PB-A28	34.262	-0.806	0.359	0.996	0.395	0.092	0.217	0.040	1.022
S-PB-A30	42.843	-0.432	0.808	1.001	0.234	-0.254	0.173	0.102	1.124
S-PB-A31	18.337	1.561	0.110	1.052	0.540	0.550	0.296	0.045	1.182
S-PB-A32	41.111	-1.215	0.331	0.947	0.233	-0.073	0.250	0.063	1.110
S-PB-A33	40.320	-0.211	0.060	1.000	0.179	-0.396	0.195	0.105	1.024
S-PB-A34	30.069	0.130	1.214	0.994	0.287	-0.361	0.141	0.073	1.005
S-PB-A36	36.170	-0.076	0.955	0.995	0.270	-0.412	0.214	0.128	1.029
S-PB-A38	56.661	-0.010	0.121	0.949	0.163	-0.516	0.208	0.165	1.420
S-PB-A39	44.764	-0.864	0.735	0.973	0.242	-0.160	0.218	0.523	1.188
S-PB-A27	35.739	0.392	1.283	0.823	0.433	0.262	0.276	0.137	1.170
S-PB-A5	26.111	0.362	0.460	0.969	0.405	0.190	0.213	0.055	1.075
S-PB-A4	24.817	-2.029	0.185	0.976	0.391	0.041	0.281	0.057	1.157
S-PB-A16	27.397	-0.460	0.086	0.961	0.445	0.107	0.307	0.043	1.119

Tabla 3.—Valores estimados de los parámetros de la función de crecimiento, sensibilidad media (SM), varianza residual media de la serie ajustada (VM) y valor del índice (IND) en 46 individuos de *Pinus silvestris* de una parcela del área de Refalgueri (Puertos de Beceite, Tarragona).

	ALFA	BETA	GAMMA	DELTA	k
Beta	-0.178				
Gamma	0.123	-0.032			
Delta	-0.106	0.015	-0.221		
k	-0.592	0.558*	-0.177	0.006	
v	-0.329	0.691*	-0.252	0.021	0.748*

Tabla 4.—Matriz de correlación entre los valores estimados de los seis parámetros de la función de crecimiento para los 46 árboles de la parcela de Refalgueri (Puertos de Tortosa).
* = $p > 0.001$.

Si este sencillo modelo conceptual fuera válido, equivaldría a transformar la ecuación (2) en la:

$$R_t = K + gt^\delta \text{ con } \delta > 0.5 \quad (3)$$

la mayor parte de los valores estimados para el parámetro δ en una amplia gama de individuos pertenecientes a diferentes especies (tabla 2) se sitúan en el rango de 0.50-1.

Introduciendo el término de crecimiento alométrico final, la función (1) pasa a convertirse en:

$$R_t = \alpha \cdot [1 \pm e^{(\beta-kt)}]^{-1/v} + gt^\delta \quad (4)$$

que permite ajustar las curvas de crecimiento indeterminado.

ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN

La función (4) así resultante se ha utilizado para ajustar las series de crecimiento de los 46 árboles (*Pinus silvestris*) presentes en una parcela de 25 x 25 m. en el área de Refalgueri en los Puertos de Beceite (Tarragona). Los valores obtenidos en las estimaciones de los parámetros se presentan en la tabla 3. A partir de estos datos estimados, se ha calculado la matriz de correlaciones entre los parámetros (tabla 4).

Esta matriz muestra unos valores de correlación moderados. Las correlaciones más altas, entre k y v ($r = 0.748$, $p > 0.001$), entre β y v ($r = 0.691$, $p > 0.001$) y entre β y k ($r = 0.558$, $p > 0.001$) son, no obstante, muy inferiores a las obtenidas por CAUSTON y VENUS (1981) al describir el crecimiento de hojas individuales de trigo.

Un análisis de componentes principales sobre los seis parámetros de la función pone de manifiesto una clara estructura entre los mismos. La primera componente (figura 3) agrupa los parámetros β , k y v en la parte positiva del eje y el parámetro α cargando en la parte negativa del mismo (compárese con la correlación entre α y k $r = -0.592$). Esta componente explica el 68.7 por cien-

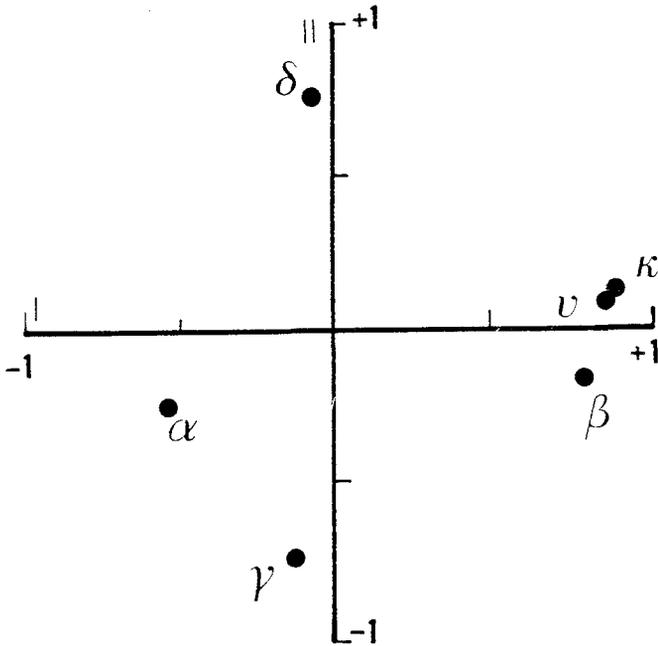


Figura 3.—Proyección en el espacio de las dos primeras componentes principales de los seis parámetros de ajuste de la función de crecimiento para la parcela de *Pinus sylvestris* de Refalgueri (Puertos de Beceite). La primera componente, que explica un 68.7 por ciento de la varianza, pone de manifiesto la interdependencia entre los valores de beta, κ y ν principalmente. Sobre la segunda componente, que explica el 31.3 por ciento restante de la varianza, se asocian los parámetros gamma y delta que definen la forma del crecimiento asintótico. Puesto que ambos bloques de variables cargan sobre dos componentes ortogonales de modo manifiesto, se puede considerar que la función describe el crecimiento como suma de dos componentes aproximadamente independientes.

to de la varianza en tanto que una segunda componente, que recoge los efectos de los parámetros g y δ , que describen el crecimiento asintótico del final de la serie, explica un 31.3 por ciento de la varianza. Aceptando el resultado del análisis y llevando la interpretación más allá, podemos tratar de entender la función como la suma de dos componentes que se representan por los dos términos del segundo miembro de la función. El primer término explicaría el crecimiento de la fase inicial, hasta que el árbol llega a alcanzar una estructura funcional en equilibrio con el medio. De esto depende su crecimiento inicial, el momento en el que se alcanza el punto de inflexión y el tiempo necesario para alcanzar la asíntota. Una vez alcanzada ésta, el segundo término de la ecuación describe básicamente el crecimiento a partir de dicho punto que se puede aproximar bien por una función potencial del tipo de la función (3) con δ muy próxima a la unidad (ver tablas 1, 2 y 3).

La figura 1 ayudará a comprender el sentido de la función (4) y de la base conceptual del algoritmo utilizado para estimar los valores de los parámetros que presentaremos más adelante. Supongamos que los valores acumulados de la serie que queremos ajustar vienen representados por la curva (A). El primer término de la ecuación (4) —que constituye la función de Richard propiamente dicha para un crecimiento de tipo determinado— describe en realidad un crecimiento del tipo representado por (B). El valor de α , por lo tanto, corresponde al radio del árbol en el momento T_a en el que el árbol alcanza el crecimiento asintótico a partir del cual, y puesto que el valor del primer término de la función se hace constante, el crecimiento viene definido por el segundo término que representa el crecimiento alométrico que hemos discutido previamente.

El punto de inflexión se alcanza en el instante T_i que viene dado por:

$$T_i = \frac{\beta - \ln(\pm v)}{k} \quad (5)$$

La tasa de crecimiento r se estima como:

$$r = \frac{k}{v + 1} \quad (6)$$

y la tasa de crecimiento absoluto R viene dada por:

$$R = \frac{\alpha \cdot k}{2(v + 2)}$$

que es una estima promediada del incremento anual de los anillos de crecimiento.

ESTABILIDAD DE LAS ESTIMACIONES DE LOS PARÁMETROS

La utilización de la función requiere conocer su comportamiento en las estimaciones de los parámetros y, muy en particular, la estabilidad de tales estimaciones. En términos sencillos diremos que las estimaciones son estables si obtenemos valores estimados aproximadamente constantes, independientemente de la longitud de la serie utilizada siempre y cuando ésta haya alcanzado el crecimiento asintótico. En otras palabras, si al crecer el árbol y añadir nuevos anillos a la serie, una vez alcanzada la asíntota, se lograran valores estimados diferentes para los parámetros, estaríamos ante un algoritmo de estimación de dudosa utilidad.

El procedimiento seguido para evaluar la estabilidad ha consistido en estimar sucesivamente los valores de los parámetros que corresponden a una serie (la del core S-PB-A7) de 52 años. Las estimaciones se han repetido sucesivamente suprimiendo cada vez un año del final de la serie hasta quedar reducida a sólo 20 años. Los resultados obtenidos en las 33 estimaciones sucesivas

	α	β	φ	δ	κ	ν	SM	VM	IND.	Ti	Ta
S-PB-52	20.995	-1.031	0.909	0.990	0.383	-0.113	0.21	0.11	0.99	0.43	2.13
S-PB-51	20.977	-1.044	0.907	0.991	0.383	-0.111	0.20	0.10	1.00	0.43	2.13
S-PB-50	20.965	-1.052	0.907	0.992	0.384	-0.110	0.20	0.10	1.00	0.43	2.13
S-PB-49	20.954	-1.058	0.907	0.992	0.384	-0.110	0.20	0.11	1.00	0.43	2.13
S-PB-48	20.940	-1.064	0.907	0.992	0.384	-0.109	0.20	0.11	1.00	0.43	2.13
S-PB-47	20.926	-1.070	0.908	0.993	0.358	-0.108	0.20	0.11	1.00	0.43	2.13
S-PB-46	20.909	-1.076	0.908	0.993	0.385	-0.107	0.20	0.11	1.01	0.43	2.13
S-PB-45	20.893	-1.080	0.909	0.993	0.385	-0.107	0.19	0.11	1.01	0.43	2.13
S-PB-44	20.837	-1.075	0.912	0.992	0.385	-0.107	0.18	0.11	1.01	0.43	2.13
S-PB-43	20.874	-1.074	0.914	0.991	0.385	-0.107	0.19	0.12	1.02	0.43	2.13
S-PB-42	20.866	-1.068	0.917	0.990	0.385	-0.108	0.19	0.12	1.02	0.43	2.13
S-PB-41	20.865	-1.056	0.920	0.989	0.385	-0.110	0.19	0.12	1.02	0.43	2.12
S-PB-40	20.871	-1.039	0.924	0.987	0.384	-0.112	0.19	0.12	1.02	0.43	2.12
S-PB-39	20.872	-1.026	0.928	0.986	0.384	-0.113	0.17	0.12	1.01	0.43	2.12
S-PB-38	20.842	-1.029	0.931	0.985	0.384	-0.113	0.17	0.12	1.02	0.43	2.12
S-PB-37	20.823	-1.024	0.935	0.984	0.384	-0.113	0.17	0.12	1.02	0.43	2.12
S-PB-36	20.825	-1.003	0.941	0.982	0.384	-0.116	0.17	0.13	1.03	0.43	2.12
S-PB-35	20.835	-0.977	0.948	0.979	0.383	-0.119	0.18	0.13	1.03	0.43	2.12
S-PB-34	20.851	-0.947	0.955	0.976	0.382	-0.123	0.18	0.14	1.03	0.44	2.12
S-PB-33	20.870	-0.916	0.963	0.972	0.380	-0.128	0.18	0.14	1.03	0.44	2.12
S-PB-32	20.884	-0.887	0.972	0.969	0.379	-0.132	0.18	0.14	1.04	0.44	2.12
S-PB-31	20.953	-0.843	0.981	0.964	0.377	-0.139	0.18	0.15	1.04	0.44	2.12
S-PB-30	21.016	-0.789	0.991	0.958	0.374	-0.148	0.18	0.15	1.05	0.44	2.12
S-PB-29	21.116	-0.736	1.001	0.952	0.370	-0.158	0.18	0.16	1.04	0.44	2.12
S-PB-28	21.184	-0.698	1.010	0.947	0.368	-0.165	0.19	0.16	1.04	0.44	2.12
S-PB-27	21.256	-0.662	1.019	0.942	0.365	-0.172	0.19	0.17	1.04	0.44	2.12
S-PB-26	21.324	-0.631	1.027	0.938	0.363	-0.179	0.20	0.17	1.04	0.44	2.13
S-PB-25	21.395	-0.600	1.035	0.933	0.361	-0.186	0.20	0.18	1.05	0.44	2.13
S-PB-24	21.496	-0.567	1.043	0.928	0.358	-0.194	0.21	0.19	1.04	0.44	2.13
S-PB-23	21.535	-0.550	1.049	0.925	0.357	-0.198	0.21	0.20	1.04	0.44	2.13
S-PB-22	21.523	-0.543	1.055	0.923	0.356	-0.199	0.22	0.21	1.04	0.45	2.13
S-PB-21	21.454	-0.545	1.062	0.922	0.357	-0.199	0.22	0.22	1.05	0.45	2.13
S-PB-20	22.636	-0.719	0.805	0.989	0.355	-0.168	0.23	0.23	1.06	0.43	2.19

Tabla 5.—Valores estimados de los parámetros de la función de crecimiento, sensibilidad media (SM), varianza residual media (VM), índices medios (IND), tiempo de inflexión (Ti) y tiempo en el que se alcanza la asíntota (Ta) de un árbol de 52 años de la parcela de Refalguerí al que se le suprimen sucesivamente los anillos de crecimiento finales hasta dejar la serie reducida a 20 años.

así realizadas se presentan en la tabla 5. Como, los valores estimados para el parámetro α , que representa el valor del radio del árbol en el momento de alcanzar la asíntota, varía ligeramente desde 21.00 mm con la serie completa de 52 años a 22.6 cuando la serie se reduce a 20 años. Los valores del núcleo formado por los parámetros β , k y v , que como vimos están fuertemente correlacionados, se comprenden mejor si consideramos el valor de los parámetros secundarios T_i , T_a , R_i y D_a (siendo $D_a = 2R_a$, es decir el diámetro del árbol sin corteza en el momento de alcanzar el crecimiento asíntótico). En todos los casos que resultan de la combinación de los parámetros, la estabilidad de los valores estimados es muy notable, a pesar de que, al reducir la longitud de la serie, los primeros valores, siempre más fluctuantes aumentan la varianza media de la serie que pasa de 0.11 con 56 valores a 0.23 con 20 valores.

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE CRECIMIENTO

El programa GROWTH desarrollado por uno de los autores en dos versiones diferentes (PL/1 y BASIC), permite estimar los valores de los parámetros de la función a partir de los espesores de los anillos de crecimiento anual. El procedimiento utilizado en el algoritmo de estimación se resume brevemente a continuación.

Se comienza estimando el valor de la curva alométrica asíntótica por mínimos cuadrados aplicados sobre las transformaciones logarítmicas de ambos ejes, el del tiempo y el de los valores acumulados de crecimiento. Una vez conocidos los valores de g y de δ , la función original se transforma haciendo:

$$Q(t) = R(t) - gt^\delta \quad (8)$$

de modo que la nueva función $Q(t)$ tenga una asíntota horizontal. GROWTH comprueba si la pendiente de esta función es 0 y, si es necesario, corrige el valor de g . Además, ningún valor de $Q(t)$ puede ser igual o inferior a 0. De ser así, el valor de g se considera sobreestimado y se somete a una nueva corrección.

Conocido el valor de g se busca el valor de α que no es otro que la ordenada en el origen de la función alométrica haciendo:

$$\alpha = R(n) - gt^\delta \quad (9)$$

donde n es el número de años que cubre la serie experimental cuyos parámetros se buscan.

El valor de v se obtiene mediante un proceso iterativo de aproximaciones sucesivas, buscando el valor que soluciona la ecuación:

$$R(i) = \alpha (v + 1)^{(-1/v)} + gt^\delta \quad (10)$$

siendo $R(i)$ el valor del radio del árbol en el momento de la inflexión.

Conocido v se calcula k resolviendo:

$$\frac{INC(R(i))}{INC(T(i))} = \frac{k \cdot R(i)}{v \cdot \alpha v} (\alpha v - R(i)v) + g \quad (11)$$

donde $INC(R(i))$ es el incremento del radio en el momento de la inflexión.

El valor de β se obtiene directamente resolviendo:

$$T(i) = \frac{\beta - \log v}{k} \quad (12)$$

Información más detallada sobre GROWTH se puede obtener directamente de los autores.

AGRADECIMIENTOS

Algunas muestras de las que se han obtenido una parte de las series presentadas en la tabla 2, fueron recogidas en el campo y analizadas por el Dr. R. Génova a quien quedamos profundamente agradecidos.

BIBLIOGRAFÍA

- ANIOL, R. 1983: Procedures and statistics in dendrochronology. En: *Dendrochronology and Archaeology in Europe*. (Eckstein, D et al. Eds.) Wiedebusch, Hamburg. pp.: 21-30.
- BAILLIE, M. G. R. 1977: An oak chronology for South Central Scotland. *Tree-ring Bulletin*, **37**: 33-44.
- BERGER, A.; GUIOT, J.; MATHIEU, L. y MUNAUT, A. V. 1979. Tree-rings and climate in Morocco. *Tree-ring Bulletin*. **39**: 61-76.
- CAUSTON, D. R.; ELIAS, C. O. y HADLEY, P. 1978: Biometrical Studies of plant growth. I. The Richards function and its application in analysing the effects of temperature on leaf growth. *Plant, Cell and Environment*, **1**: 163-168.
- CAUSTON, D. R. y VENUS, J. C. 1981: *The Biometry of plant growth*. Edward Arnold (Publishers). Londres. 307 pp.
- FRITTS, H. C. 1976: *Tree-rings and climate*. Academic Press. Londres.
- GÉNOVA, R. 1987: *Análisis y significado de los anillos de crecimiento de dos especies forestales: Pinus uncinata y Pinus sylvestris, en la Península Ibérica*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona.
- GRACIA, C. A. e IBÁÑEZ, J. J. 1986: Efectos de la competencia sobre la producción de masas forestales. En: *Bases ecológicas per a la gestió ambiental*. Diputació de Barcelona. pp.: 56-57.
- GRAYBILL, D. A. 1982: Chronology development and analysis. En: *climate from tree-rings*. (Hughes M. K. et al. edits.) Cambridge Univ. Press. pp: 2^a-28.
- GUTIÉRREZ, E. 1987: *Dendrocronología de Fagus silvatica, Pinus uncinata y Pinus sylvestris en Cataluña*. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona.
- RICHARDS, F. J. 1959: A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany*, **10**: 290-300.
- STOKES, M. A. y SMILEY, T. L. 1968: *An introduction to tree-ring dating*. University of Chicago Press.
- ZUCCHINI W. y HIEMSTRA, L. A. V. 1983: A note on the relationship between annual rainfall and tree-ring indices for one site in South Africa. *Water* **4**: 153-154.

BALANCES DE NUTRIENTES EN PEQUEÑAS CUENCAS DE ENCINAR. II. QUIMISMO DE LA PRECIPITACIÓN Y APORTES DE ORIGEN ATMOSFÉRICO

por
JUAN BELLOT¹ y ANTONIO ESCARRÉ²

RESUMEN

Durante un período de tres años, se ha estudiado el quimismo del agua de lluvia y se han estimado los aportes de nutrientes en la deposición global a una cuenca de encinar en la serra de Prades (Tarragona, España). En ninguno de los iones analizados se ha observado diferencia significativa entre las muestras colectadas en dos altitudes distintas: 700 y 950 m. s. n. m.

La precipitación es moderadamente ácida ($\text{pH} = 4.96$) y los iones más importantes en la lluvia son SO_4^{2-} y Ca^{2+} , que representan el 23.6 y el 18.4% del total, respectivamente. La influencia marina se hace patente por las elevadas proporciones de Cl y Na. En Prades, más del 95% de estos iones son, presumiblemente, de origen marino.

El seguimiento de series de lluvias producidas en un corto lapso de tiempo ha permitido poner de manifiesto la existencia de elementos neutralizadores en el polvo y aerosoles atmosféricos, que se agotan en las primeras precipitaciones. Consiguientemente, en un 84% de las series estudiadas ha sido posible observar un descenso del pH en las muestras de lluvias sucesivas.

El aporte total de SO_4^{2-} (20 kg/ha) es más del doble de los aportes de otros iones (Cl^- , NO_3^- , Ca^{2+} , ...). La entrada de nitrógeno se ha estimado en 5 kg/ha/año, lo que viene a representar algo menos del 20% del nitrógeno que se acumula anualmente en la vegetación.

SUMMARY

The chemical characteristics of rain water and the amount nutrients received from the atmosphere were studied for three years in an evergreen-oak forest (*Quercus ilex* ssp. *ilex*) in the Prades mountains (Tarragona, Spain). Statistical treatment of data makes possible to confirm the lack of significative differences between the rainfall chemistry in two altitudes: 700 and 950 m. o.s.l.

The precipitation is moderately acid ($\text{pH} = 4.96$) and the most importants ions in rainfall are SO_4^{2-} and Ca^{2+} , which represent 23.6 and 18.4% of total. Both ions reflect the importance of

(1) Instituto Agronómico Mediterráneo, Zaragoza.

(2) Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Universidad de Alicante.

continental dust in the dry deposition at Prades. The marine influence is indicated by high proportions of Cl^- and Na^+ . In Prades more than 95% of them have this source.

The monitoring of series of continuous rainfalls seems to reflect that the neutralization capacity of the «washout» is limited in this region. In 84% of the studied series two or three events are sufficient to reduce the initial pH level to the acidity theoretically characteristic of the «rainout».

The annual input of SO_4^{2-} (20 kg/ha) is more than twice as much as the input of other (Cl^- , NO_3^- , Ca^{2+} , ...). The nitrogen input was evaluated in 5 kg/ha/yr and probably represents less than 20% of annual accumulation in plants.

INTRODUCCIÓN

En un trabajo previo con el mismo título preliminar (ESCARRÉ *et al.* 1982) se trataba el proceso seguido para la selección del complejo de cuencas de encinar del Monte Poblet (Serra de Prades) como las más aptas para su estudio biogeoquímico, y también el sistema utilizado para la instrumentalización de una de ellas, el barranc de l'Avic.

Desde la publicación de aquel estudio se han producido interesantes aportaciones al conocimiento de los ciclos de nutrientes en el encinar mediterráneo, tanto en la dehesa salmantina (ESCUADERO *et al.* 1985), como en un bosque montano del Montseny (La Castanya), en el que el desfronde y la descomposición han sido tratados por VERDÚ (1984) y la producción primaria y el almacenamiento de nutrientes en la vegetación por FERRÉS (1984). Los aspectos referentes a los aportes externos con la precipitación han merecido especial atención por parte de RODÁ (1983) y ÁVILA (1986). Un intento de síntesis de todos estos procesos en el encinar y su comparación con otros ecosistemas forestales se presenta en FERRÉS *et al.* (1984) y ESCARRÉ *et al.* (1986).

También sobre el encinar del Monte Poblet, que presenta rasgos de mediterraneidad más acusados que el de la Castanya, han aparecido algunos trabajos preliminares que lo estudian en una unidad cuenca, el barranc de l'Avic [ESCARRÉ *et al.* 1983; ESCARRÉ *et al.* 1984; LLEDÓ y ESCARRÉ (1984), ESCARRÉ *et al.* (1986) y PIÑOL *et al.* (en prensa)].

A pesar de los precedentes citados en el estudio de la química de la precipitación, la cantidad de información existente en este tema referida al área mediterránea es, aún hoy, muy reducida, por lo que resulta difícil valorar por este medio la importancia que la contaminación atmosférica de fondo tiene en esta área. El presente estudio pretende contribuir en este sentido a un mejor conocimiento de la química atmosférica y de su interacción con los ecosistemas forestales. Con él se contribuye en primer lugar a la descripción de las características más relevantes del quimismo de la precipitación en la estación experimental de l'Avic (grado de acidez, influencia marina, importancia de la deposición seca). En segundo lugar, se destacan las principales interrelaciones entre los iones presentes en el agua de lluvia, y por último se cuantifica la importancia de los aportes atmosféricos de los diferentes elementos en la precipitación.

ALTITUD m. s.n.m.	COND. $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	ALCALI- NIDAD		F	Cl	NO ₃	SO ₄	PO ₄	NH ₄ $\mu\text{eq./l}$	Ca	Mg	Na	K	H	Σcat-Σan	E.S. Dif. (%)
		pH	NIDAD													
Cumbre	25.26	4.86	27.15	4.32	37.34	17.30	71.50	1.29	32.00	68.86	12.99	29.60	12.02	13.76	10.33	3.1
Base	700	22.37	4.99	31.34	38.14	17.90	62.90	2.87	23.49	60.03	12.01	29.71	12.02	10.11	8.62	2.8
Deposición global	22.16	4.96	32.61	3.15	35.54	17.90	72.24	0.63	27.70	56.38	12.01	28.70	8.18	10.82	-18.28	5.9

Tabla 1.—Concentraciones medias ($\mu\text{eq./l}$) ponderadas por volumen, en la deposición global de l'Avic. Valores promedio de cada una de las estaciones de muestreo dentro de la cuenca (indicadas como cumbre y base) y valores globales para el conjunto de la cuenca según el test de homogeneidad.

COND. $\mu\cdot\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$	ALCALI- NIDAD	F	Cl	NO ₃	SO ₄	PO ₄	NH ₄ mg./l	Ca	Mg	Na	K	H	Vol.	
														μ. s.cm ⁻¹
CUMBRE \bar{X}	42.22	4.76	1.55	2.46	6.45	0.06	1.55	2.53	0.30	0.75	0.87	16.36	20.36	
σ	30.30	3.63	0.24	1.43	6.00	0.20	1.36	2.78	0.28	0.61	1.66	23.84	29.43	
E.S.	3.78	0.55	0.03	0.18	0.78	0.02	0.22	0.35	0.03	0.07	0.20	2.98	3.67	
n	64	43	63	62	58	62	37	61	64	62	64	64	64	
BASE \bar{X}	44.26	6.19	1.90	2.83	6.43	0.07	1.47	2.87	0.30	0.83	0.66	11.95	20.36	
σ	33.46	6.18	0.31	2.68	4.95	0.28	1.56	2.97	0.29	0.85	0.91	17.56	29.72	
E.S.	4.21	0.94	0.04	0.34	0.65	0.03	0.25	0.37	0.03	0.10	0.11	2.21	3.74	
n	63	43	59	61	58	56	37	62	63	63	61	63	63	
ANÁLISIS DE LA VARIANTE DEL FACTOR ALTITUD	F	0.13	3.74	0.02	0.81	0.58	0.001	0.07	0.04	0.43	0.008	0.37	0.73	1.40
		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 2.—Media aritmética, desviación típica y error standar de las concentraciones de los iones analizados en la deposición global en las dos estaciones de l'Avic entre las que media un intervalo de altitud de 150 m. Los valores de F no son significativos al nivel de $p < 0.05$.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está situada en el Monte Poblet (Sierra de Prades, Tarragona), en el complejo de cuencas descrito por ESCARRÉ *et al.* (1982). Los datos aquí aportados se tomaron en una cuenca de 55.5 ha. (Barranc de L'Avic), cuyas cotas altitudinales oscilan entre los 650 y 1.100 m. s. n. m. La vegetación está constituida por un encinar sometido a carboneo 40 años atrás, lo que le confiere una estructura típica de rebrotes de zoca. Las especies arbóreas dominantes son la encina (*Quercus ilex*), el madroño (*Arbutus unedo*) y la falsa aladierna (*Phillyrea media*). Mayor información sobre las características del bosque y de la cuenca pueden encontrarse en ESCARRÉ *et al.* (1986).

MATERIAL Y MÉTODOS

Las entradas por precipitación se han controlado en dos estaciones situadas a 700 y 950 m.s.n.m. En cada una de ellas se disponía de 5 pluviómetros y 4 colectores de agua para análisis químicos, además de un pluviógrafo de registro continuo en la parte más baja. Los colectores para fines analíticos estaban formados por embudos de 30 cm. de diámetro, situados a 1 m. del suelo, y conectados a los depósitos a través de un bucle para evitar la evaporación (BORMANN *et al.* 1977). En todos los colectores se utilizó una malla plástica para evitar la deposición de insectos u otros materiales, y timol como biocida (SZABÓ, 1977). Los muestreos se realizaban tras cada precipitación, lavando los colectores «in situ» con abundante agua desionizada.

Como métodos analíticos, se han utilizado los electroquímicos para conductividad y pH, y colorimétricos para alcalinidad y amonio (valoración con H_2SO_4 , 0.0002 N, y reactivo de Nessler, respectivamente). Después, la muestra era filtrada con membrana de 45 μm y se analizaban los aniones F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y PO_4^{3-} por cromatografía iónica (Dionex 10), en tanto que los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ se medían por espectrofotometría de absorción atómica (Perkin Elmer Corporation, 1973).

Las concentraciones medias diarias se calculan mediante un análisis de homogeneidad entre las 8 muestras del día, tal como se describe en ESCARRÉ *et al.* (1986). Los valores mensuales y anuales de concentración se calculan ponderando las concentraciones por el volumen del período correspondiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la precipitación

El volumen de precipitación anual en la cuenca de L'Avic se ha medido entre los años 1981 y 1986, y se obtiene un valor medio de 553 mm. El período es evidentemente corto para un clima mediterráneo, en el que la variación in-

teranual es importante. Durante los dos años hidrológicos que cubrió este estudio las medidas de precipitación anual en la cuenca fueron 841 y 415 mm.

La estación del Servicio Meteorológico Nacional más próxima al barranco de L'Avic es la de Riudabella, que está situada a 570 m s.n.m. y dista 3 km de la cuenca. Para esta estación el valor medio de los registros de precipitación en 20 años es de 590 mm. En otras dos estaciones próximas, Montblanc y La Pena, situadas respectivamente a 350 y 875 m s.n.m., y a 12 y 5 km de L'Avic, las precipitaciones anuales medias durante 8 años son 560 y 800 mm, respectivamente (FOLCH y VELASCO, 1974).

Aunque de estos datos se podría inferir la existencia de un claro gradiente altitudinal, la observación simultánea de dos estaciones en la misma cuenca de L'Avic, situadas a 700 y 950 m s.n.m., no han dado diferencias significativas mediante un test no paramétrico de Wilcoxon.

Para la descripción de los aspectos químicos de la precipitación, dada la importante relación existente en la concentración de los iones solubles en el agua de lluvia y el volumen de precipitación (por ej. GORHAM *et al.*, 1958; LEMÉE, 1974), resulta una práctica usual reflejar la concentración promedio de cada ión, como la media ponderada por el volumen correspondiente al período de tiempo elegido. En la tabla 1, se presenta esta concentración iónica media, para todos los iones analizados, además de la conductividad en el agua de deposición global en l'Avic. Los iones dominantes son el SO_4^{2-} y el Ca^{2+} , que constituyen el 23.6% y 18.4% de los equivalentes totales. El resto, suponen porcentajes inferiores, y entre ellos destacan Cl^- , alcalinidad, Na^+ y NH_4^+ . En general, las precipitaciones promedio en L'Avic, son de aguas poco cargadas en sales solubles (cond = 22.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y moderadamente ácidas. El pH medio es de 4.96, aunque se han registrado valores extremos de 3.9 y 7.45.

Diferencias altitudinales

Es importante el grado de representatividad que los valores de deposición global, obtenidos en estaciones concretas, tengan para todo el conjunto de la cuenca estudiada si el objetivo final es establecer balances de nutrientes a su nivel o definir los flujos de los mismos en el ecosistema.

En la tabla 1, se muestran los valores medios ponderados por volumen de las precipitaciones registradas en las dos estaciones establecidas. No se observan más que ligeras diferencias en las concentraciones, sobre todo los valores superiores de SO_4^{2-} , NH_4^+ y F^- en la estación a mayor altura, y la alcalinidad y Cl^- , algo superiores en la base de la cuenca.

REYNOLDS (1984), y ALTWICKER *et al.* (1986), abordan el problema de la representatividad mediante la comparación de las concentraciones medias calculadas en diferentes estaciones de muestreo en una o más cuencas, y en base a los errores standars de dichas medias. En la Tabla 2, se muestran los resultados obtenidos y se comprueba que las diferencias entre las concentraciones medias de ambas estaciones carecen de significación. Un análisis de la varianza, que utiliza la altitud como factor principal proporciona el mismo resultado (tabla 2). Estos resultados son relevantes ya que permiten utilizar concentraciones medias, estimadas con los datos de ambas estaciones, para caracterizar la química de la precipitación en la cuenca de l'Avic. En el caso con-

trario, las estimas de trascolación y escorrentía cortical netas, se deberían calcular en base a concentraciones de precipitación tomadas a la altitud correspondiente de los árboles estudiados.

Importancia de la deposición seca gravitacional en l'Avic

EATON *et al.* (1980), SWANK (1984) y LINDBERG *et al.* (1986) entre otros, ponen de manifiesto que la contribución atmosférica a los ecosistemas terrestres, no sólo se efectúa por vía húmeda, sino que la deposición seca tiene una gran importancia cuantitativa como vía de entrada al ecosistema, que varía en función de los iones, las características topográficas, y la localización geográfica de la zona con respecto a fuentes emisoras. Sin embargo y a pesar de que para nutrientes tan importantes como $P-PO_4^{2-}$, $N-NO_3^-$ y K^+ , la vía seca puede llegar a representar entre el 64 y 90% del total anual (SWANK y HENDERSON, 1976), sólo en los últimos años ha proliferado los estudios que consideran por separado ambas entradas.

Aunque en este estudio no se ha podido muestrear la deposición húmeda con colectores especiales (GALLOWAY y LIKENS, 1976, 1978) se ha tratado de evaluar la importancia de la vía seca mediante una aproximación indirecta que parte de considerar que los recolectores abiertos no recogen todos los tipos de partículas atmosféricas posibles (MESZAROS, 1981). Sólo la deposición gravitacional tendría lugar sobre estos colectores y no la impactación horizontal de aerosoles, cuyo diámetro oscila entre 0.1 y 10 μ . Estos últimos, que se desplazan por difusión y coagulan frente a obstáculos (MESZAROS, 1981), son captados con eficacia con los colectores de pantalla utilizados por MILLER y MILLER (1980). Con la finalidad de controlar este tipo de entradas, se instaló una antena con 4 de estos colectores. Durante el tiempo que permaneció instalada, se han podido calcular las tasas de incremento en las concentraciones iónicas con respecto a la deposición global. Estos valores indican que en l'Avic, las partículas que se impactan en esa pantalla y posteriormente son arrastradas y disueltas por el agua de lluvia, incrementan hasta 4.4 veces el valor del Cl^- , 3 veces el del NO_3^- , y entre 1.9 y 2.6 el del resto de iones, (K^+ , F^- , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Na^+ y Ca^{2+}). SCHLESINGER y REINERS (1974), encuentran tasas entre 4.9 y 8.3 con procedimientos muy similares, y atribuyen un gran protagonismo a la existencia de vientos, nieblas o nubes a baja altura.

La importancia de la deposición seca, tiene especial interés si se intentan estimar los flujos de trascolación y escorrentía cortical netos (SCHLESINGER y HASEY, 1980), ya que se requiere para distinguir si los iones provienen del interior o exterior del sistema.

Contribución marina a la precipitación

Desde los trabajos pioneros de GAMBELL y FISHER (1966) y FISHER (1968), hasta el presente, son muchos los estudios que intentan determinar en qué medida el agua marina es responsable de la química de la precipitación. Las concentraciones de Na^+ y Cl^- en la precipitación pueden usarse a modo de índices de la importancia relativa del mar, como fuente de iones disueltos en la lluvia, y de aerosoles para los núcleos de las gómulas (GRANAT, 1978).

	Cl/Na	Mg/Na	K/Na	Ca/Na	SO ₄ /Na	Ca/Mg	REFERENCIA
L'AVIC	1.23	0.41	0.28	1.96	2.51	4.69	Presente estudio
MONTSENY	1.20	0.49	0.13	2.62	2.25	5.35	Ávila (com. verb.)
MAR	1.13	0.23	0.021	0.044	0.08	0.19	Krauskop (1979)

Tabla 3.—Cocientes iónicos en el agua de la precipitación en las sierras de Prades y Montseny, junto a su valor en el agua del mar.

La concentración de Na⁺ es con frecuencia ligeramente inferior a la que correspondería al Cl⁻ presente, si se mantuviera la proporcionalidad marina. LIKENS *et al.* (1977) justifican esta diferencia porque parte del Cl⁻ se deriva también de fuentes continentales generalmente antropogénicas. Si se admite que no existe un fraccionamiento de los iones de los aerosoles marinos durante su formación y penetración en el continente, y que todo el Na⁺ presente en la lluvia proviene únicamente de dichos aerosoles, es posible estimar la contribución marina en otros iones, ya que con las suposiciones anteriores se mantendrían las proporciones iónicas del agua marina (GRANAT, 1978; SCHLESINGER *et al.*, 1982; RODÁ, 1983).

Para l'Avic los cocientes entre la mayoría de los iones analizados y el Na⁺, figuran en la tabla 3. Se observa en todos ellos un enriquecimiento de origen continental en el agua de lluvia. Los cocientes Ca²⁺/Na⁺, y SO₄²⁻/Na⁺, indican claramente la existencia de una fuente continental de ambos.

En la fig. 1 se han representado los valores de la concentración de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, SO₄²⁻ y Cl⁻, frente al Na⁺. Se puede ver que en todos los casos, excepto en el Cl⁻, hay un aumento de estos iones frente a su nivel en el agua marina. El exceso de SO₄²⁻, es atribuido a descomposiciones orgánicas, las actividades antropogénicas (SCHLESINGER *et al.*, 1982; LIKENS, 1981), y a las emisiones de dimetil sulfuro, producidas por el fitoplacton oceánico (BATES *et al.*, 1987; CHARLSON *et al.*, 1987). Los valores de Mg²⁺ y K⁺, frente al Na⁺ y sus cocientes, indican también enriquecimientos continentales en estos iones, aunque más moderados. Mientras que gran parte del Mg²⁺ es atribuido a los aerosoles marinos, el K⁺ cuyo origen predominante es continental, puede deberse a fuentes antrópicas de carácter local (fertilizantes agrícolas por ejemplo), a partículas de suelo transportadas por el viento, a las cenizas (fly-ash) de combustión de carbones, o a los aerosoles biológicos (GOSZ, 1980).

Los valores de los cocientes encontrados en L'Avic son semejantes a los que RODÁ (1983) y ÁVILA (1986) citan para el encinar montano del Montseny, y que aparecen en la tabla 3.

Como se ha indicado antes, si se supone que todo el Na tiene procedencia marítima, se puede estimar qué proporción de los iones presentes en el agua de lluvia proceden del mar. La Tabla 4 presenta esta proporción para l'Avic y el Montseny. Las diferencias apenas merecen mencionarse y en general se aprecia que en ambas estaciones casi todo el Cl⁻ (95%) procede del mar, que

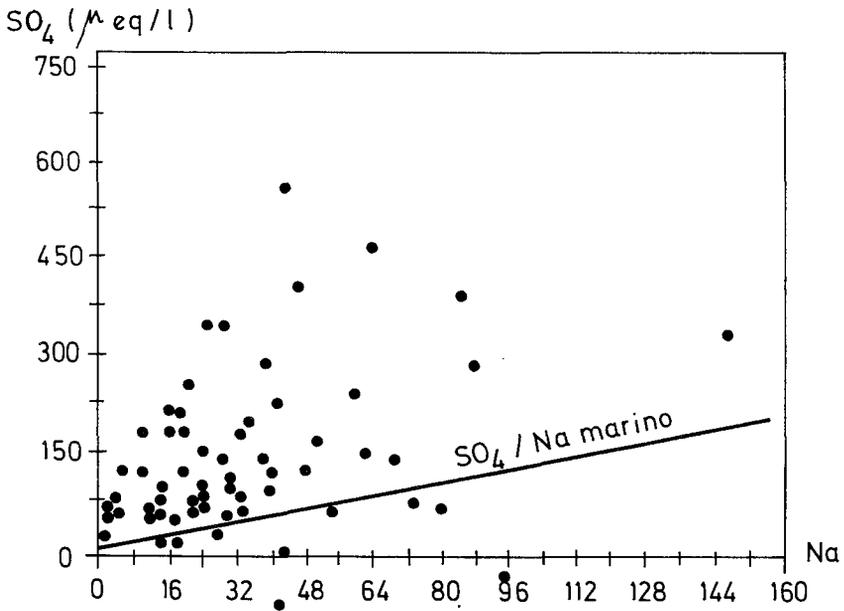
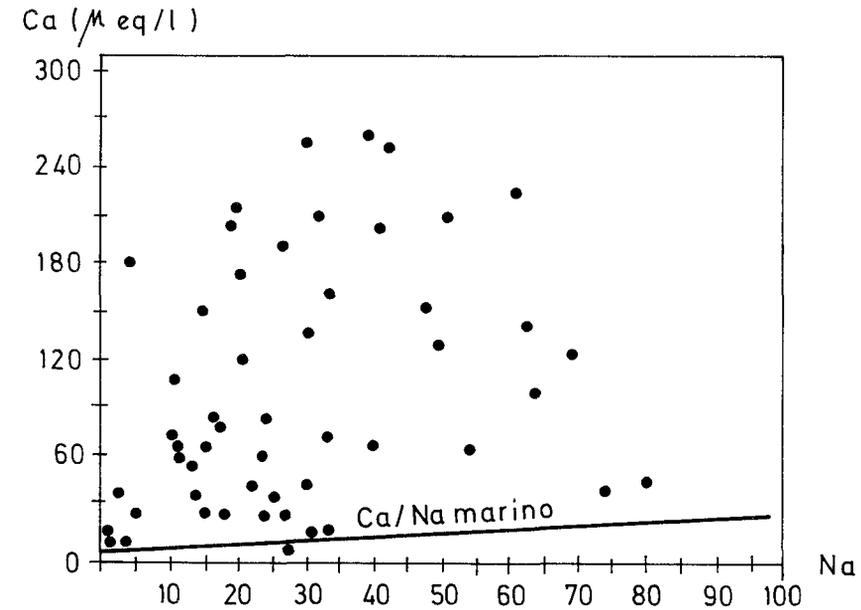


FIGURA 1a

Figura 1 (a, b, c).—Concentraciones ($\mu\text{eq/l}$) de Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , K^+ y Cl^- , representadas respecto a la de Na^+ en la deposición global en cada una de las precipitaciones recolectadas. En trazo continuo aparece la relación entre cada par de iones correspondiente al agua del mar.

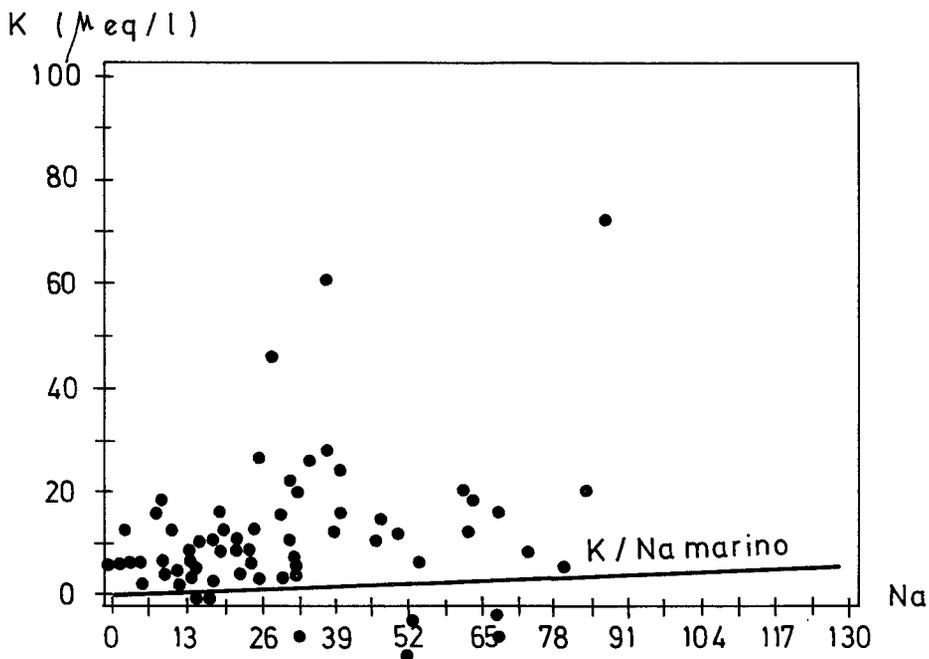
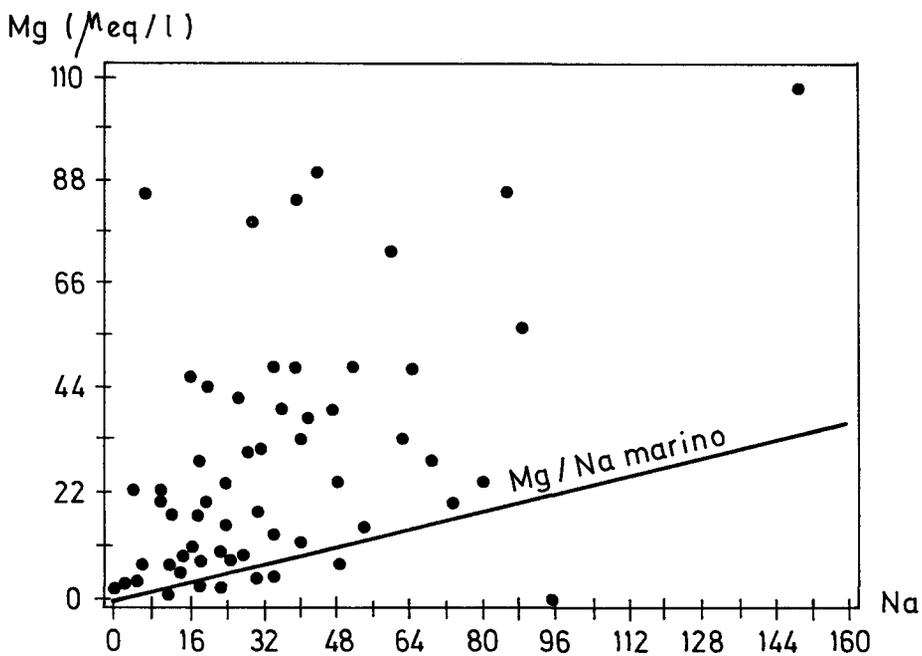


FIGURA 1b

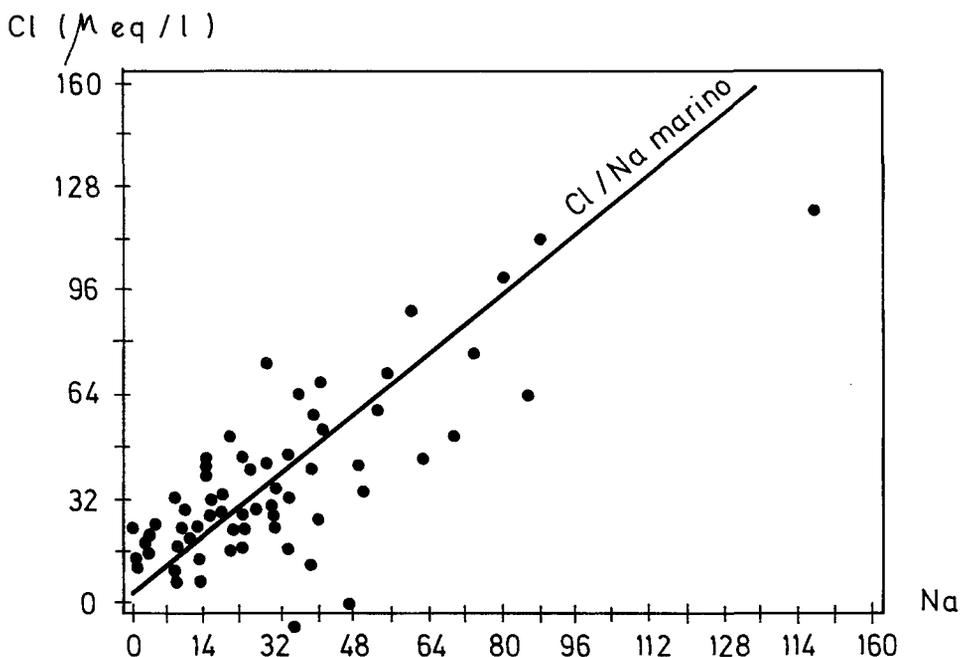


FIGURA 1c

la mitad del Mg^{2+} tiene la misma procedencia, que sólo es atribuible a esta fuente el 14% del K^+ y menos del 10% del $S-SO_4^{2-}$, en tanto que del Ca^{2+} sólo tiene este origen un 2% del total. Aunque con tasas muy diferentes, SCHLESINGER *et al.* (1982), atribuyen al mar porcentajes similares de los iones analizados en las precipitaciones de Santa Ynez Mountains (California).

Análisis de la acidez de las precipitaciones

La precipitación ácida ($pH < 4.5$) es un conocido fenómeno que afecta a extensas regiones de Europa y Norte América. Sus causas se deben al aumento del SO_4H_2 , NO_3H y ClH en la atmósfera, que se originan por precursores emitidos en una amplia variedad de actividades humanas (GALLOWAY, 1979). Las primeras referencias al tema, datan de los años 50 para Europa, (GORHAM, 1955) y de los 60 para Norte América (FISHER *et al.*, 1968) y hasta ahora a pesar de las fluctuaciones temporales y regionales, el problema persiste en múltiples localidades.

En España, son escasos los datos acerca de la acidez de las precipitaciones. En 1978, Gracia y Elejalde, estudian el problema, circunscribiéndolo a

	Na	Cl	Mg	K	S-SO ₄	Ca
L'AVIC	100	95.1	56.1	14.3	9.5	2.0
MONTSENY ..	100	95.5	42.5	13.5	6.0	1.7

Tabla 4.—Porcentajes de los iones presentes en la precipitación atribuibles a origen marino, si se acepta como referencia el 100% de Na marino.

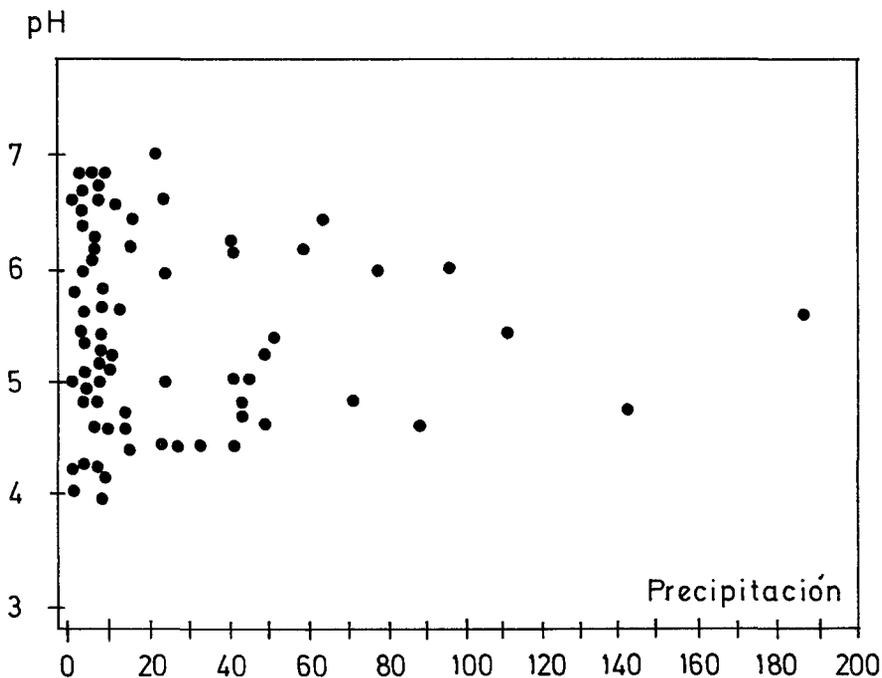


Figura 2.—Valores del pH del agua de lluvia en función del volumen de precipitación.

las áreas urbanas de Bilbao y Barcelona. Más adelante, se detectan lluvias ácidas en zonas naturales (ESCARRÉ *et al.*, 1982; RODÁ, 1983). En l'Avic, en tres años de estudio, el pH medio es de 4.96, por lo que la precipitación en la zona debe considerarse como moderadamente ácida.

Frecuentemente se ha encontrado una relación directa entre la acidez y volumen de precipitación. En L'Avic esta correlación negativa no es tan evidente. En la fig. 2, se muestra que es clara la gran dispersión en los valores

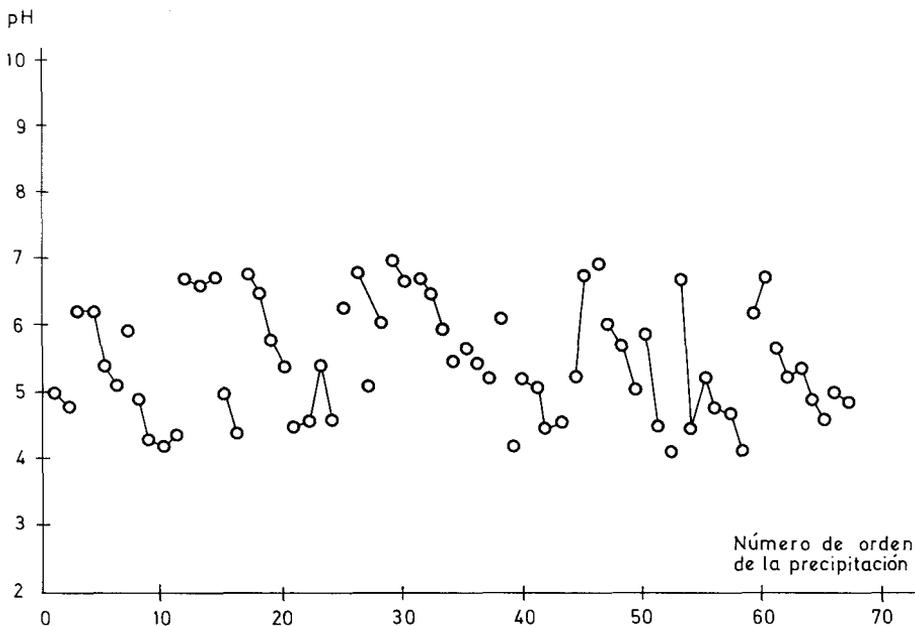


Figura 3.—Variaciones del pH de la deposición global en las muestras ordenadas cronológicamente y que aparecen separadas en el eje horizontal por intervalos regulares. Se han unido por trazos continuos todas las series de lluvias producidas en intervalos no mayores de 48 horas.

de pH con lluvias de menos de 20 mm. En tanto que las más cuantiosas tienden a estabilizar el pH entre 4.5 y 6. El valor más bajo de pH registrado fue de 3.9, en una precipitación de 0.5 mm., en tanto que el más básico (pH = 7.4) correspondió a una precipitación de 4 mm. Posteriormente se han medido valores de pH de hasta 8 (Rovira y Piñol, com. verbal).

Si la cantidad de precipitación no es un claro condicionante del pH de la lluvia ($r = -0.089$, n.s.), en cambio sí es posible observar un cierto descenso de pH cuando se controlan series de lluvias sucesivas en cortos períodos de tiempo. En la fig. 3, se ha representado el valor de pH en cada día de precipitación. Se unen con líneas aquellas lluvias producidas a intervalos de horas o de como máximo 1 ó 2 días, quizás procedentes de un mismo frente desestabilizador. Aunque se observan bastantes puntos aislados, en el 84% de las agrupaciones efectuadas se aprecia que el pH disminuye desde la primera a la última precipitación. La interpretación más plausible sería atribuir esta disminución del pH, al lavado que se efectúa en la baja atmósfera por las primeras lluvias caídas. Éstas arrastrarían las sales neutralizantes acumuladas allí (wash-out), y posteriormente la lluvia tendría la acidez propia del agua de la alta atmósfera (rainout), por lo general más ácida (HENIKSEN, 1979; FOWLER, 1980). También podría deberse en parte a que la deposición seca, de este tipo de sales, sobre los colectores es menos importante cuando las precipitaciones se repiten en un corto intervalo de tiempo.

La importancia de la acidez en una zona como l'Avic se puede valorar en base a lo que representan las lluvias ácidas frente al volumen anual del agua caído en la zona. Una distribución de todas las lluvias según pH y volumen dió como resultado que sólo el 7.50% del volumen anual tiene $\text{pH} < 4.5$, presentando la mayor parte del agua (48%) un pH entre 4.5 y 5.5. El resto de agua tiene pH entre 5.5 y 7 (42%), en tanto que por encima de 7, sólo se da en el 2% restante.

Esta distribución de acidez en la lluvia, es muy similar a la detectada por RODÁ (1983) en Montseny. Sin embargo, es muy diferente a la encontrada en dos zonas de ámbito más agrícola, la Violada, SW de la provincia de Huesca, (Aguinaco, com. verb.) y Albatera, S de la provincia Alicante, (Sánchez y Chirino com. verb.) En estas últimas, dominan con claridad las lluvias no ácidas, con el 100% de los valores de pH por encima del 5.5 y el 50% por encima de 7, con pH medio de 6.82 para La Violada y 6.42 para Albatera. Este comportamiento tan diferente podría corresponder a zonas de mayor aridez, con escasa vegetación y con mucha actividad agrícola, donde se producen frecuentes remociones de tierra que generan la incorporación, a las capas más bajas de la atmósfera, de polvo con capacidad neutralizante.

GORHAM *et al.* (1984) y GRANAT (1972) proponen un sencillo sistema para averiguar qué porcentaje de H^+ presente, está justificado por cada uno de los iones SO_4^{2-} , NO_3^- y alcalinidad. Según este modelo y por medio de regresiones múltiples, se ha calculado que sólo el 10% de los H^+ estaban asociados al SO_4^{2-} , que el 24% lo están al NO_3^- , y el 28% a la alcalinidad. En total estas tres posibles fuentes de acidez, sólo capturan en l'Avic algo más de la mitad de los hidrogeniones presentes en el agua de lluvia. De todas formas, la fiabilidad de estos porcentajes debe tomarse con precaución, ya que el modelo supone que las variables no están relacionadas entre sí, lo que no es cierto al tratarse de agua de precipitación. El 39% de los H^+ presentes en l'Avic deben atribuirse a otras fuentes. GALLOWAY *et al.* (1976) definen diversas sustancias químicas que pueden actuar como creadoras de acidez en la lluvia (ácidos débiles y ácidos Bronsted) al margen de la acidez libre debida a los ácidos fuertes (sulfúrico y nítrico).

Correlaciones iónicas en el agua de precipitación

La naturaleza de las relaciones entre los iones presentes en la precipitación de l'Avic, se ha investigado de dos maneras: mediante regresiones lineales, y con una aproximación multivariante. GORHAM *et al.* (1984) y ALT-WICKER *et al.* (1986) ponen en evidencia la idoneidad de estas técnicas de análisis estadístico para determinar el grado de conexión mutua entre los iones de la lluvia.

En la tabla 5, se muestra la matriz de coeficientes de correlación lineal, calculados entre todos los iones analizados, conductividad y volumen de precipitación con todos los datos y sin previa agrupación por fechas o tipos de lluvias. Destaca el gran número de correlaciones significativas existentes para un nivel de probabilidad del 95%. El H^+ y alcalinidad son los iones que presentan menor número de correlaciones significativas.

	COND.	H	ALCALI- NIDAD	F	Cl	NO ₃	SO ₄	PO ₄	NH ₄	Ca	Mg	Na	K	VOL.
COND.	68	68	46	64	63	64	68	68	68	61	66	62	62	68
H	-0.123	68	46	64	63	64	68	68	68	61	66	62	62	68
HCO ₃	0.591 X	-0.423 X	46	43	43	42	46	46	46	41	45	46	43	46
F	0.738 X	-0.120	0.254	64	60	60	64	64	64	58	62	59	59	64
Cl	0.921 X	-0.195	0.372 X	0.699	63	61	63	63	63	58	61	59	60	63
NO ₃	0.935 X	0.034	0.544 X	0.803	0.834	64	64	64	64	60	62	58	59	64
SO ₄	0.948 X	-0.079	0.426 X	0.758	0.895	0.949	68	68	68	61	66	62	62	68
PO ₄	0.656 X	-0.018	-0.067	0.437	0.684	0.612	0.662	68	68	61	66	62	62	68
NH ₄	0.648 X	-0.257 X	0.564	0.424	0.580	0.643	0.569	0.365	68	61	66	62	62	68
Ca	0.888 X	-0.243	0.726	0.521	0.651	0.767	0.792	-0.067	0.584	61	61	56	58	61
Mg	0.898 X	-0.150	0.517	0.585	0.761	0.790	0.820	0.354	0.605	0.839	66	60	60	66
Na	0.798 X	-0.239	0.328	0.579	0.877	0.730	0.753	0.479	0.417	0.555	0.586	62	59	62
K	0.909 X	-0.091	0.324	0.586	0.875	0.872	0.883	0.669	0.507	0.743	0.737	0.753	62	62
VOL.	-0.365 X	-0.089	-0.297	-0.385	-0.174	-0.372	-0.344	-0.172	-0.273	0.349	-0.409	-0.151	-0.235	68

Tabla 5.—Matriz de coeficientes de correlación lineal entre los parámetros físicos y químicos de la deposición global así como el volumen de la precipitación. Los valores de r aparecen en el triángulo inferior y en el superior se dan el número de parejas de valores consideradas en cada caso.

AÑO	COND.	H	ALCALI- NIDAD	F	Cl	NO ₃	SO ₄	PO ₄	NH ₄	Ca	Mg	Na	K	PRECIP. (mm)
1981	17.3	1272	18.81	1.52	23.75	6.19	73.18	2.37	34.70	51.29	8.55	19.74	7.98	154
1982	20.6	8.08	39.39	2.05	27.55	19.48	49.92	0.34	31.93	49.95	10.12	26.31	6.21	841
1983	27.9	16.62	39.98	4.68	41.57	22.70	92.85	1.32	11.86	72.90	16.86	38.01	13.52	415

Tabla 6.—Concentraciones medias anuales (µeq/l) ponderadas por volumen en el agua de precipitación de J'Avic.

El volumen de lluvia afecta negativamente a la concentración de todos los iones excepto Cl^- y Na^+ . El origen marino de ambos y el predominio de lluvias procedentes del levante justifica este hecho.

La emisión de sustancias a la atmósfera se hace en mezclas de compuestos, de los que en muchas ocasiones las proporciones son muy constantes. Es por esto que determinadas relaciones iónicas que se observan en el agua de lluvia por métodos de análisis multivariante, pueden atribuirse a la procedencia común de los iones. De esta forma GORHAM *et al.* (1984) consiguen reflejar por medio de una clasificación multivariante que los tres factores que determinan el quimismo de la precipitación en el este de los EE. UU. son la contaminación de aire, la agricultura y sprays marinos.

En L'Avic, los resultados de un análisis multivariante de componentes principales, aparecen en la fig. 4. En ella se observa la situación de 10 iones del agua de lluvia en el espacio reducido a los tres primeros ejes, que absorben más del 65% de la varianza total. El eje I representa el grado de concentración de las lluvias, mientras que el II parece recoger la influencia marina y acidez, ambas claramente opuestas.

Variación temporal de la química de la precipitación

La concentración media mensual de la mayoría de los iones muestra una cierta pauta estacional (fig. 5). Todos excepto Cl^- y Na^+ , aparecen con máximos más o menos patentes en el verano y con tendencia a tener menores concentraciones en invierno y otoño. En el Cl^- y Na^+ , al margen de los grandes valores de julio, se observa una tendencia a máximos invernales. La pauta reseñada no parece que se pueda atribuir a la contaminación atmosférica o agrícola, como ocurre en otras zonas (SWANK y HENDERSON, 1976; ROSÉN, 1982; GRANAT, 1978). El ritmo de precipitaciones en la zona mediterránea con mínimos estivales, y la intensa actividad agrícola en estos meses pueden ser las causas de estos máximos de verano. El predominio de Cl^- y Na^+ en primavera y otoño pudiera deberse a la abundancia de lluvia de origen marino, dada la frecuencia de vientos de levante en dichas épocas (TERRADAS y ESCARRE, 1983).

La variabilidad intermensual se comprobó mediante un análisis de la varianza. El resultado indica que el factor temporal es significativo para los iones NO_3^- , PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y los hidrogeniones. Para el resto (K^+ , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- y alcalinidad) las diferencias mensuales en la concentración carecían de significación.

A escala anual, los valores medios, ponderados por volumen, para los 3 años de estudios (en 1981 sólo 5 meses), indican una enorme variabilidad en todos los iones (tabla 6). Excepto para el NH_4^+ , 1983 es el año con concentraciones más elevadas, que llegan a doblar en diversos iones la concentración media de éstos para 1981. Sólo el Ca^{2+} presenta diferencias moderadas entre uno y otro año. Sin embargo, a pesar de las diferencias interanuales, observamos que los iones dominantes son siempre SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Cl^- y alcalinidad.

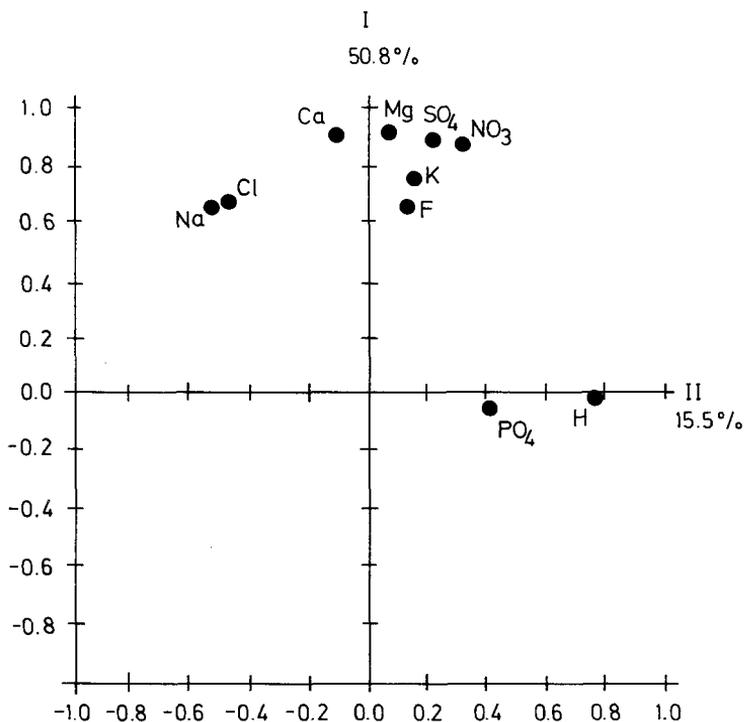


Figura 4.—Localización de los iones de la deposición global en el espacio definido por los ejes I y II de un análisis de componentes principales realizado con sus concentraciones en $\mu\text{eq/l}$.

Aportes anuales por precipitación

La gran variabilidad interanual observada a nivel de concentraciones, no se aprecia tan claramente cuando comparamos los aportes anuales. En la tabla 7, se muestran dichos aportes para los dos años completos estudiados, y las entradas anuales para 583 mm. de precipitación media.

La diferencia entre la cantidad de precipitación de los dos años, hace que en los aportes se reduzcan las diferencias apreciadas en las concentraciones, e incluso que se invierta el orden de los años según la magnitud de las entradas.

Destacan por su constancia interanual los aportes de K^+ , Mg^{2+} , F^- y los hidrogeniones. En cambio NO_3^- y Na^+ presentan diferencias en el primer año que casi igualan el valor de 1983. El resto de iones presentan diferencias más moderadas, aunque siempre con valores mayores para 1982. Los aportes anuales de S-SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Cl^- y NO_3^- son semejantes (tabla 7), y varían entre 6.3 y 6.8 Kg./ha. El Na^+ , NH_4^+ y K^+ entran en cantidades moderadas (3.8, 2.8 y 1.9 kg/ha, respectivamente), en tanto que P-PO_4^{3-} , F^- y Mg^{2+} no alcanzan 1 Kg/ha/año.

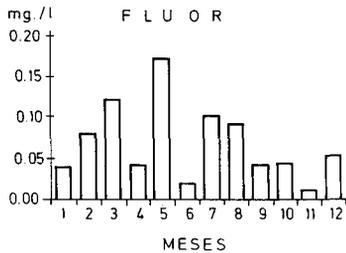
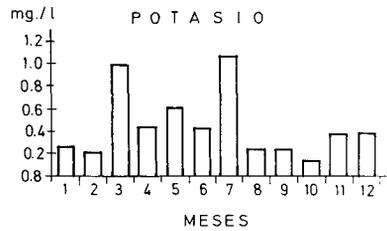
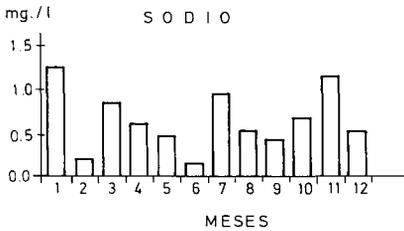
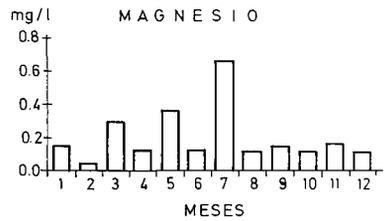
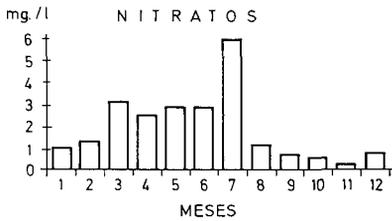
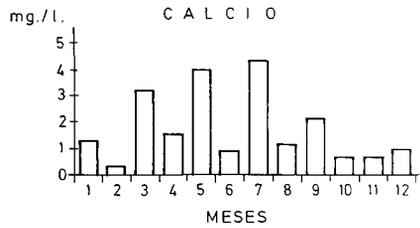
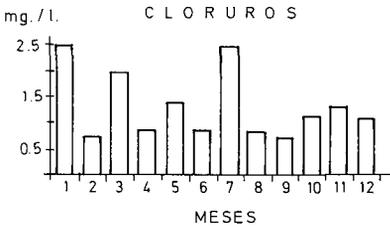
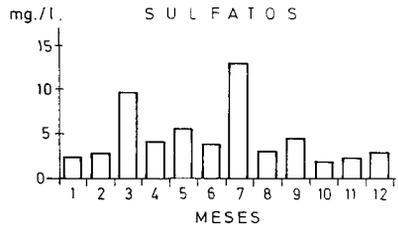
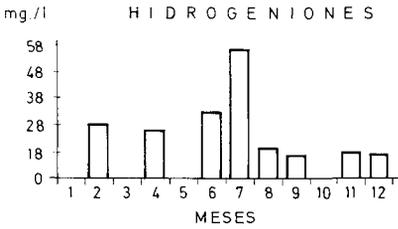


Figura 5.—Variaciones medias mensuales de las concentraciones en mg/l de los principales iones analizados en la deposición global de l'Avic.

Se aprecia que la magnitud de las entradas es similar a las de otras zonas (tabla 8). Observamos mayor similitud entre l'Avic y Montseny (RODÁ, 1983), que entre éstas y el resto. A pesar de que las estaciones de Montseny, Violada y Albatera, están situadas también en el área mediterránea, las dos últimas se sitúan en zonas cuyos alrededores desarrollan una intensa actividad agrícola. Las mayores diferencias entre las dos estaciones de montaña Prades y Montseny, se deben a los importantes aportes recibidos por el Montseny en NO_3^- y Ca^{2+} (10 kg/ha), en tanto que el resto son más parecidos.

Las dos zonas agrícolas presentadas, Violada y Albatera (Sánchez y Chirino, com. verbal; Aguinaco, com. verbal) presentan algunas características comunes que las diferencian del resto, especialmente sus reducidos aportes en iones H^+ y los relativamente altos aportes de iones en proporción a la baja precipitación.

La estación de Galicia (CALVO DE ANTA *et al.*, 1979) manifiesta las características de una zona natural, antropizada y con mucha influencia marina. Las entradas anuales de NO_3^- , que se citan son sorprendentemente elevadas, aunque podrían ser justificables por la existencia de alguna fuente industrial en las proximidades.

Como referencia de zonas más alejadas, se citan los datos de dos sistemas naturales: los robledales húngaros (SZABÓ, 1985), y la estación experimental de Hubbard Brook (USA) (LIKENS *et al.* 1977). La comparación con los datos de Hungría es más clara, dada la similar precipitación de dicha zona con las españolas. La falta de datos en Na^+ , no permite evaluar la influencia marina, ya que los considerables aportes de Cl^- , pueden tener en parte origen continental (LIKENS *et al.*, 1977; SCHLESINGER *et al.*, 1982). A juzgar por los aportes en Ca^{2+} , NO_3^- y sobre todo en S-SO_4^{2-} , se constata la fuerte influencia continental en la química de la precipitación en esta zona del norte de Hungría.

Los aportes por precipitación en Hubbard Brook son claramente diferentes al resto de la tabla 8: la mayor acidez de la lluvia, junto a los grandes aportes de NO_3^- y SO_4^{2-} , responsables de la misma (GALLOWAY, 1979; LIKENS *et al.* 1977), son sus características más sobresalientes.

Importancia de los aportes atmosféricos para el encinar

Es frecuente comparar la magnitud de los aportes atmosféricos con la incorporación anual de los mismos que se produce en la vegetación perenne. SWANK (1984) indica que en Walker Branch y Coweeta, el nitrógeno de la precipitación global representa el 70% del incorporado anualmente por la biomasa aérea, en tanto que las entradas de Ca^{2+} y K^+ , suponen entre el 20 y 40% del incorporado, según la zona. Sin embargo, como indica este autor las estimas atmosféricas por deposición global son subestimadas ya que la deposición de gases y aerosoles no se suele cuantificar.

En l'Avic el nitrógeno se analizó en dos de sus tres formas más frecuentes, NO_3^- y NH_4^+ , sin embargo el N orgánico no se estimó. MATZNER *et al.* (1982) calcula que en Solling las entradas de N total son de 24.7 kg/ha/año, de los que 4.8 kg/ha corresponden al N orgánico. Si comparamos las proporciones dadas por estos autores, a las formas de nitrógeno estimadas en l'Avic

	H	ALC	F	Cl	NO ₃	SO ₄	PO ₄	NH ₄	Ca	Mg	Na	K	PRECIP. (mm)
1982	0.068	20.19	0.32	8.21	10.15	24.37	0.08	4.84	8.41	1.03	5.08	2.04	841
1983	0.068	10.12	0.37	6.11	5.84	18.51	0.17	0.88	6.06	0.85	3.62	2.19	415
	0.063	11.60	0.29	7.34	6.47	20.23	0.11	2.91	6.58	0.82	3.84	1.86	583

Tabla 7.—Aportes anuales (kg/ha) de nutrientes a la cuenca de l'Avic por la precipitación durante los años 1982 y 1983 y el estimado para una precipitación media anual de 583 mm.

ESTACIONES	PR. (mm)	H	Cl	N-NO ₃	N-NH ₄	S	P	Ca	Mg	Na	K
L'AVIC (1)	583	0.063	7.34	1.46	2.26	6.75	0.035	6.58	0.82	3.84	1.86
MONTSENY (2)	857	0.17	9.6	2.49	3.24	8.48	0.05	11.80	1.34	5.14	1.17
ALBATERA (3)	288	0.001	5.99	1.91	—	3.66	—	12.52	0.92	2.96	3.84
LA VIOLADA (4)	498	0.0001	4.28	2.39	—	6.08	—	8.01	0.74	2.69	2.98
GALICIA (5)	627	—	9.09	8.08	—	—	—	7.14	1.25	25.58	3.76
HUNGRÍA (6)	549	—	13.39	2.57	—	18.05	0.10	14.65	1.75	—	4.17
HUBBARD BROOK (7)	1.320	0.96	6.20	4.45	2.25	12.81	0.03	2.20	0.60	1.60	0.90

Tabla 8.—Aportes anuales (kg/ha) de nutrientes en el agua de precipitación en diferentes estaciones experimentales españolas. A título comparativo se incluyen una localidad europea y otra de Estados Unidos. (1) presente estudio; (2) Avila (1986); (3) Sánchez y Chirino (com. verb.); (4) Aguinaco (com. verb.); (5) Calvo de Anta *et al.* (1979); (6) Szabó (1985) y (7) Likens *et al.* (1977).

observamos una gran coincidencia, por lo que no sería muy erróneo evaluar la cantidad de N orgánico esperable, si se mantienen las proporciones relativas. De este modo se estimaría una entrada adicional de 1 kg/ha/año, lo que elevaría los aportes de N total hasta 5 kg/ha/año.

ÁVILA (1986) indica que los 6 kg/ha/año recibidos por deposición global en el Montseny, suponen el 33% de N acumulado anualmente en la biomasa aérea del encinar. Si se compara con los aportes para l'Avic, y se supone una producción similar para este encinar, probablemente los aportes atmosféricos de N, no alcanzarían ni el 20% de los acumulados anualmente.

Desde la óptica de la gestión ambiental de los bosques, los aportes atmosféricos por deposición son importantes dada la falta de fertilización como práctica forestal. Como indica SWANK (1984), la extracción total o parcial de los árboles talados y la frecuencia de las talas se podrían regular mejor si se conociesen con mayor precisión los flujos de nutrientes en los ecosistemas, y en particular los aportes externos de aquellos nutrientes escasos o limitantes para los mismos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a doña María José Lledó por su importante participación en el proyecto de investigación en que se incluye el presente estudio. En segundo lugar damos las gracias a don Juan Rafael Sánchez, don Esteban Chirino y doña Maite Aguinaco por habernos proporcionado datos inéditos de sus zonas de estudio. A los profesores Jaume Terradas y Ferrán Roda les quedamos reconocidos por haber realizado una revisión del manuscrito original y por las valiosas sugerencias aportadas al mismo.

Para la realización de esta investigación se ha contado con medios económicos del Proyecto Cooperativo Hispano-Norteamericano n.º 370, con la ayuda de CAICYT n.º 770 y una financiación adicional del proyecto LUCDEME.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTWICKER, E. R.; P. E. SHANAGHAN & A. H. JOHANNES 1986: Atmospheric deposition to remote receptors. III. Statistical analysis of precipitation data from the ILWAS-NETWORK. *Water, air and soil pollution*, **28**: 71-88.
- AVILA, A. 1986: Composición química de la lluvia en el Montseny, en: Bases ecológicas para la gestión del medio ambiente. Montesquieu, Diputación de Barcelona.
- BATES, T. S.; R. J. CHARLSON & R. H. GAMMON 1987: Evidence for the climatic role of marine biogenic sulphur. *Nature* **329**: 319-321.
- CALVO DE ANTA, P. GONZÁLEZ & J. DÍAZ 1979: Nuevos datos sobre la influencia de la vegetación en la formación del suelo en Galicia. II. Aportes de elementos por lavado de cubierta y tronco. *Anal. Edaf. y Agrobiología* 1675-1691.
- CHARLSON, R. J.; J. E. LOVELOCK; M. O. ANDREAE & S. G. WARREN 1987: Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate. *Nature* **326**: 655-661.
- EATON, J. S.; G. E. LIKENS & F. H. BORMANN 1980: Wet and dry deposition of sulphur at Hubbard Brook, in Hutchinson & Havas (eds.) *Effects of acid precipitation on terrestrial ecosystems*. Plenum Publ. Co. pp. 69-75.
- ESCARRE, A.; J. BELLOT; M. J. LLEDÓ; J. HERVAS; E. PUJALTE & P. GARRIDO 1982: Balance de nutrientes en pequeñas cuencas de encinar. I. Selección de la zona de estudio e instalación de instrumentos para la recogida de datos. *Mediterranea, Ser. Biol.* **6**: 141-165.
- ESCARRE, A.; J. BELLOT; M. J. LLEDÓ; A. CLEMENTE; J. R. SÁNCHEZ & A. ESCLÁPES 1983: Nutrient budgets in a forested mediterranean watershed. MAB-5 Workshop, Budapest.
- ESCARRE, A.; M. J. LLEDÓ; J. R. SÁNCHEZ; A. CLEMENTE; J. BELLOT; A. ESCLÁPES & A. ROVIRA 1984: Compartimentos y flujos biogeoquímicos en un encinar, distinto predominio de factores físicos y biológicos en su control. *Revista del Jardín Botánico Nacional, La Habana*, vol. V, **13**: 65-80.
- ESCARRE, A.; J. BELLOT; M. J. LLEDÓ; J. MARTÍN; A. ESCLÁPES; E. SEVA; A. ROVIRA & J. R. SÁNCHEZ 1986: *Balance hídrico, meteorización y erosión en una pequeña cuenca de encinar mediterráneo*. Monografías ICONA **47**: 54-115.
- ESCARRE, A.; L. FERRÉS; R. LÓPEZ; J. MARTÍN; F. RODA & J. TERRADAS 1987: Nutrient use strategy by evergreen-oak (*Quercus ilex* ssp. *ilex*) in NE Spain, en J. D. Tenhunen et al. (eds.) *Plant response to stress*. NATO ASI Series vol. G 15, Springer-Verlag.
- ESCUDERO A.; B. GARCÍA; J. M. GÓMEZ & E. LUIS 1985: The nutrient cycling in *Quercus rotundifolia* and *Quercus pyrenaica* ecosystems («dehesas») of Spain. *Oecol. Plant.* **6**: 73-86.
- FERRÉS, L. 1984: *Biomasa, producción y mineralomas del encinar montano de La Castanya (Montseny)*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
- FERRÉS, L.; F. RODA; A. M. C. VERDÚ & J. TERRADAS 1984: Circulación de nutrientes en algunos ecosistemas forestales del Montseny. *Mediterranea Ser. Biol.* **7**: 139-166.
- FISHER, D. W. 1968: Annual variations in chemical composition of atmospheric precipitation in eastern North Carolina and Southeastern Virginia. *Geochemistry of water. Geological survey water-supply, paper 1535-M*, 21 pp.
- FISHER, D. W.; A. W. GAMBELL; G. E. LIKENS & F. H. BORMANN 1968: Atmospheric contributions to water quality of streams in the Hubbard Brook experimental forest, New Hampshire. *Water Resources Research* **4** (5): 1115-1126.
- FOLCH, R. & E. VELASCO 1974: Dades cartogrífiques per a l'estudi de la vegetació de les Muntanyes de Prades. XVIII Asambleu intercomarcal d'estudiosos. L'Espluga de Francolí.
- FOWLER, D. 1980: Removal of sulphur and nitrogen compounds from the atmosphere in rain and by dry deposition En *International Conference on the ecological impact of acid precipitation*, Norway, pp. 32.
- GALLOWAY, J. N. 1979: Acid precipitation: spacial and temporal trends. Workshop on Acid Rain, ASCE/Boston, Massachusetts, April 2-6, 20 pp.
- GALLOWAY, J. N. & G. E. LIKENS 1976: Calibration of collection procedures for the determination of precipitation chemistry. *Water, air and soil pollution*, **6**: 241-258.
- 1978: The collection of precipitation for chemical analysis. *Tellus*, **30**: 71-82.
- GALLOWAY, J. N.; G. E. LIKENS & E. S. EDGERTON 1976: Hydrogen ion speciation in the acid precipitation of the northeastern United States, en *Proceeding of the firts International Symposium on acid precipitation and the forest ecosystem*. USDA, Technical Report NE-23: 383-396.
- GALLOWAY, J. N. & G. E. LIKENS 1978: The collection of precipitation for chemical analysis. *Tellus* **30**: 71-82.

- GAMBELL, A. W. & D. W. FISHER 1966: Chemical composition of rainfall eastern North Carolina and southeastern Virginia. Geochemistry of water. Geological survey water-supply, paper 1535-k, 41 pp.
- GORHAM, E. 1955: On the acidity and salinity of rain. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 7: 231-239.
- 1958: The influence and importances of daily weather conditions in the supply of chloride, sulphate and other ions to fresh waters from atmospheric precipitation. *Freshwater Biological Association*, 241, B-679; 147-178.
- GORHAM, E.; F. B. MARTIN & J. T. LITZAU 1984: Acid rain: ionic correlations in the Eastern United States, 1980-1981. *Science* 225: 407-409.
- GOSZ, J. R. 1980: Nutrient budgets studies for forest along an elevational gradient in New Mexico. *Ecology* 61: 515-521.
- GRACIA, I. & C. ELEJALDE 1978: Estimación de la contaminación atmosférica en el agua de lluvia.
- GRANAT, L. 1972: On the relation between pH and the chemical composition in atmospheric precipitation. Report AC-18/UDC-551-510.4. Institute of meteorology. University of Stockholm, 29 pp.
- 1978: Sulphate in precipitation as observed by the european atmospheric chemistry network. *Atmospheric Environment*, 12: 413-424.
- HENIKSEN, A. 1979: A simple approach for identifying and measuring acidification of freshwater. *Nature* 278: 542-545.
- LAKHANI, K. H. & H. G. MILLER 1980: Assessing the contribution of crown leaching to the element content of rainwater beneath trees, en Hutchinson & Haves (eds.) *Effect of acid precipitation of terrestrial ecosystems*. Plenum Pub. Co.: 161-172.
- LEMEE, G. 1974: Recherches sur les écosystèmes des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. IV. Entrées d'éléments minéraux par les précipitations et transfert au sol par le pluviolavage. *Oecol. Plant* 9 (3): 733-735.
- LIKENS, G. E. (ed.) (1981): *Some perspectives of the major biogeochemical cycles*. SCOPE 17, J. Wiley & Sons, 175 pp.
- LIKENS, G. E.; F. H. BORMANN; R. S. PIERCE; J. S. EATON & N. M. JOHNSON (1977): *Biogeochemistry of a forested ecosystem*. Springer-Verlag, 146 pp.
- LINDBERG, S. E.; G. E. LOVETT; D. D. RICHTER & D. W. JOHNSON 1986: Atmospheric deposition and canopy interactions of major ions in a forest. *Science* 231: 141-145.
- LLEDÓ, M. J. & A. ESCARRE 1984: Datos preliminares de la exportación de materia disuelta y particulada en una cuenca de encinar. *Cuadernos de Investigación Geográfica XI*, 1 y 2: 52-63.
- MATZNER, E.; P. K. KHANNA; K. J. MEIWES; M. LINDHEIM; J. PRENZEL & B. ULRICH 1982: Elementflüsse in Waldökosystemen in Solling. Datendokumentation. *Göttinger Bodenkundliche Berichte* 71: 1-267.
- MESZAROS, E. 1981: *Atmospheric chemistry. Fundamental aspects*. Studies in environmental science 11. Elsevier Scientific pub., 193 pp.
- MILLER, H. G. & J. D. MILLER 1980: Collection and retention of atmospheric pollutants by vegetation. Proc. Int. conf. ecol. impact acid. precip. Norway, SNSF. Project pp. 33-40.
- PIÑOL, J.; M. J. LLEDÓ; J. BELLOT; A. ESCARRE & J. TERRADAS (en prensa). Evapotranspiration estimation and runoff response of two Mediterranean forested watersheds. MEDCOS, Montpellier.
- REYNOLDS, B. 1984: An assessment of the spatial variation in the chemical composition of bulk precipitation within and upland catchment. *Water Resources Research* 20 (6): 733-735.
- RODA, F. 1983: *Biogeoquímica de les aigües de pluja i de drenatge d'alguns ecosistemes forestals del Montseny*. Tesi Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- ROSEN, K. 1982: *Supply, loss and distribution of nutrients in three coniferous forest watersheds in central Sweden*. Sveriges Lantbruksuniversitat. Uppsala, 71 pp.
- SCHLESINGER, W. H. & W. A. REINERS (1974): Deposition of water and cations on artificial foliar collectors in Fir Krummholz of New England Mountains. *Ecology* 55: 378-386.
- SCHLESINGER, W. H. & M. M. HASEY 1980: The nutrient content of precipitation of southern California. *The American Midland Naturalist*, 103: 114-122.
- SCHLESINGER, W. H.; J. T. GRAY & F. S. GILLIAM 1982: Atmospheric deposition in a chaparral ecosystem of southern California. *Water Resources Research* 18 (3): 623-629.
- SWANK, W. T. 1984: Atmospheric contributions to forest nutrient cycling. *American water resources association* 20 (3): 313-321.

- SWANK, W. T. & G. S. HENDERSON 1976: Atmospheric input of some cations and anions to forest ecosystems in North Carolina and Tennessee. *Water Resources Research* **12** (3): 541-546.
- SZABO, M. 1977: Nutrient content of throughfall and stemflow water in an oak-forest (*Quercetum petraea-cerris*) ecosystem. *Acta Agronomica Academia Scientiarum Hungaricae* **26** (3-4): 241-258.
- 1985: Ecology of an oak-forest in Hungary, en Jakucs (ed.) *Results of Sikfokut project*. Akademi Kiado, Budapest.
- TERRADES, J. & A. ESCARRE (eds.) (1983): *Ciclos de nutrientes en ecosistemas terrestres (bosques) estudiados en cuencas de pequeña extensión*. Memoria final del proyecto cooperativo 370, 1979-1983, 4 volúmenes, Bellaterra.
- VERDÚ, A. M. C. 1984: *Circulació de nutrients en tres ecosistemes forestals del Montseny: caiguda de virosta i descomposició de la fullaraca*. Tesi Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO
DE LOS NEURÓPTEROS DE CASTELLÓN**
(*Insecta, Neuropteroidea, Planipennia*)¹

por
MONSERRAT, V. J.² y DÍAZ-ARANDA, L. M.²

INTRODUCCIÓN

Continuando con el estudio faunístico de los neurópteros españoles, el objetivo del presente trabajo es dar a conocer la fauna neuropterológica de la provincia de Castellón.

Dicha provincia presenta una extensión de 6.679 kilómetros cuadrados. Su relieve es accidentado, con altitudes del terreno que oscilan entre el nivel del mar y los 1.183 metros del Peñagolosa en la Sierra de Espadán. La orografía y climatología, típicamente mediterránea, crean un sistema fluvial muy característico, cuya representación más típica son las «ramblas».

En lo que a la vegetación se refiere, las especies arbóreas más representativas son las coníferas, ocupando el pino carrasco (*Pinus halepensis* Miller) y el pino rodeno (*Pinus pinaster* Aiton) las cotas comprendidas entre el nivel del mar y los 1.200 metros de altitud. El pino laricio (*Pinus nigra* Arnold) y el silvestre (*Pinus sylvestris* L.), mucho menos abundantes, cohabitan en las zonas altas del Maestrazgo, por encima de los 1.200 m. De menor importancia son los enebros (*Juniperus oxycedrus* L.), y sabinas (*Juniperus thurifera* L.), que aparecen en manchas aisladas.

Entre las frontodas, menos representadas que las coníferas, la encima (*quercus rotundifolia* Lam.) se encuentra repartida por toda la provincia. Existe una mancha de alcornoque (*Quercus suber* L.) en la Sierra de Espadán y pequeñas cantidades de quejigo (*Quercus faginea* Lam.) en las zonas altas del Maestrazgo.

(1) El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación PB85-0236 de la C.I.C.Y.T.
(2) Departamento de Biología Animal. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid.

Por último, otras especies de frontodas, aunque menos representativas que debemos citar son el algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.), la pistacea (*Pistacia lentiscus* L.), el chopo (*Populus pyramidalis* Rozan), etc.

MÉTODO

Para la toma de datos se eligieron 14 localidades de la provincia que pudieran resultar representativas de los distintos biotopos existentes en la misma. Cada localidad fue visitada 2 veces en primavera y 2 en verano de 1987.

Con el fin de uniformizar y en posteriores trabajos poder cuantificar los datos obtenidos durante los muestreos, se estableció una unidad de esfuerzo de 25 «golpes de manga» en cada especie arbórea existente en cada una de las localidades, para poder así recolectar las especies de neurópteros que presentan hábitos nocturnos y pasan el período de insolación entre la vegetación mencionada. Así mismo, para capturar las especies que aunque poseen actividad nocturna, pasan el período de insolación entre la vegetación herbácea o para aquellas otras que presentan hábitos diurnos, la unidad de esfuerzo establecida fue de 20 minutos en cada localidad.

Por otro lado, para tratar de recolectar las especies de biología menos generalizada, se utilizó durante la noche trampa de luz negra e incandescente.

Se han colectado ejemplares en todas las localidades elegidas como puntos de muestreo, su altitud y coordenadas UTM se indican a continuación:

1. ALCALA DE CHIVERT - 290m - 31TBE6465
2. BARRACAS - 950m - 30TXK9632
3. BARRANCO DE SURRACH - 300m - 31TBE7588
4. BENASAL - 800m - 30TYK4373
5. CASTILLO DE VILLAMALEFA - 740m - 30TYK2345
6. CORTES DE ARENOSO - 770m - 30TYK0951
7. CUESTAS DE RAGUDO - 820m - 30SXX9828
8. MONASTERIO DE VALLIVANA - 600m - 31TBE4696
9. POBLETA, La - 1.030m - 30TYL4612
10. RIBESALBES - 320m - 30TYK3233
11. SAN MIGUEL DE LA PUEBLA - 1.300m - 30TYK2882
12. TALES - 280M - 30TYL4806
13. TORRE MIRO - 1.080m - 30TYL4806
14. VILAFRANCA DEL CID - 1.120m - 30TYK3278

MATERIAL ESTUDIADO

Se han recolectado durante los muestreos 556 ejemplares pertenecientes a 42 especies de neurópteros, de las que se anotan las referencias existentes en la bibliografía. De dichas especies, 31 han resultado ser nuevas para la fauna de Castellón, indicándose este hecho en el texto mediante un asterisco.

Con el fin de completar los datos obtenidos, se incluyen aquellas especies no colectadas por nosotros y que han sido citadas en la provincia por otros autores, incrementándose así a 51 el número de especies recogidas en este trabajo.

Para anotar el material colectado se indican las localidades según la numeración establecida en la lista anterior y se señala la fecha de recolección el número de ejemplares machos (m) y hembras (h) y en su caso, la planta sobre la cual fueron capturados.

El material colectado por los autores queda depositado en la colección del Departamento de Biología Animal de la Universidad de Alcalá de Henares.

PLANIPENNIA Handlirsch, 1908

MYRMELEONTIDAE Latreille, 1803.

Myrmeleon (Myrmeleon) formicarius Linnaeus, 1767.

Especie de distribución paleártica conocida en la provincia por las citas de NAVAS (1913, 1923).

Myrmeleon (Moter) hyalinus Olier, 1811.

Elemento holomediterráneo del que la única cita existente en la provincia se debe a NAVAS (1922).

Myrmeleon (Moter) inconspicuus Rambur, 1842.

VIDAL y LOPEZ (1943) y NAVAS (1922) citan esta especie, de distribución holomediterránea, en la provincia.

Macroemurus appendiculatus (Latreille, 1807).

Especie de distribución mediterránea occidental, citada por NAVAS (1921, 1922) y MONSERRAT (1985). 1: 4-VIII-87, 3h. 5: 5-VIII-87, 2m, 1h. 6: 5-VIII-87, 7h. 9: 5-VIII-87, 1h. 12: 20-VI-87, 1m.

Neuroleon nemausiensis (Borkhausen, 1791).

Especie holomediterránea citada como *Nelees nemausiensis* por NAVAS (1922) en la provincia. 6: 5-VIII-87, 1h.

Neuroleon ocreatus (Navas, 1904).

Especie de distribución mediterránea occidental, conocida en la provincia por las citas de NAVAS (1913) y VIDAL y LOPEZ (1943).

Neuroleon arenarius (Navas, 1904).

Elemento distribuido por la región holomediterránea, citado en la provincia por navas (1922, 1923) y VIDAL y LOPEZ (1943).

Nemoleon notatus (Rambur, 1842).

Especie conocida de la región etiópica, extendiéndose al Norte de Africa, Baleares y Este y Sur de la Península Ibérica. NAVAS (1922) y MONSERRAT (1985) la citan en la provincia.

* *Creoleon lugdunensis* (Villers, 1789).

Elemento del mediterráneo occidental, característica de praderas soleadas y pedregosas. 2: 20-VI-87, 2m. 12: 20-VI-87, 1m.

ASCALAPHIDAE Rambur, 1842.

* *Libelloides longicornis* (Linnaeus, 1764).

Especie de distribución mediterránea occidental, característica de zonas altas y frescas. 2: 20-VI-87, 2m, 1h. 14: 19-VI-87, 1m, 2h.

Libelloides baeticus (Rambur, 1842).

Elemento ibérico característico de zonas bajas, donde es frecuente observarlo posado sobre gramíneas. 4 19-VI-87, 2m. 2: 20-VI-87, 2m, 2h.
Libelloides cunii (Seyls-Longchamps, 1880).

Especie endémica del cuadrante Noroeste de la Península Ibérica, citada en la provincia por NAVAS (1921, 1923, 1934) y VIDA y LOPEZ (1943). AISTLEITNER (1980) la citada como *L. baeticus cunii*. La localidad donde fueron colectados los ejemplares parece estar situada en el área común a los límites de distribución de *L. baeticus* y *L. cunii*, donde ambas especies son simpátricas. 4: 10-VI-87, 4m, 3h.

Bubopsis agrioides (Rambur, 1842).

Especie conocida del mediterráneo occidental, citada en la provincia por MONSERRAT (1985).

DILARIDAE Newman, 1853.

* *Dilar meridionalis* Hagen, 1886.

Elemento de distribución mediterránea occidental del que se han capturado 2 ejemplares, uno a la luz y otro sobre *J. thurifera*. 2: 20-VI-87, 1m. 9: 18-VI-87, 1m.

Dilar dissimilis navas, 1903.

Especie ibérica cuya cita en la provincia se debe a MONSERRAT (en prensa).

HEMEROBIIDAE Latreille, 1803.

* *Wesmaelius (Kimminsia) subnebulosus* (Stephens, 1836).

Distribuida por la región holártica, parece tratarse de una especie euroica, habiéndose colectado 2 ejemplares sobre *J. thurifera* y *P. sylvestris* y 1 en *P. lentiscus* y *Q. rotundifolia*. 2: 20-VI-87, 1m; 20-VI-87, 1h. 3: 28-VI-87, 1h. 11: 19-VI-87, 1h; 4-VIII-87, 1m. 14: 4-VIII-87, 1h.

Wesmaelius (Kimminsia) navasi (Andreu, 1911).

Esta especie, distribuida por las zonas xéricas del límite meridional de la región paleártica occidental, está escasamente citada en nuestra fauna, donde presenta una marcada tendencia litoral. 10: 13-IX-87, 2m, sobre *C. siliqua*. MONSERRAT (1983) cita esta especie en la provincia.

* *Symphorobius (Sympherobius) elegans* (Stephens, 1836).

Especie ampliamente distribuida en el continente europeo, de la que hemos capturado 6 ejemplares sobre *J. thurifera* y 1 en *P. lentiscus* y *C. siliqua*. 2: 20-VI-87, 1m, 1h; 5-VIII-87, 1m, 3h. 3: 28-IV-87, 1m. 10: 20-IV-87, 1h.

* *Symphorobius (Sympherobius) pygmaeus* (Rambur, 1842).

Especie holomediterránea. Se ha colectado un único ejemplar, sobre *Populus pyramidalis*. 6: 5-VIII-87, 1h.

* *Symphorobius (Niremberge) fuscescens* Wallengren, 1863).

Elemento paleártico, normalmente asociado a pinos y circunscrito a zonas montañosas. 11: 4-VIII-87, 1m, sobre *P. sylvestris*.

* *Hemerobius (Hemerobius) nitidulus* Fabricius, 1777.

Conocido de la región paleártica occidental, asociado a coníferas. Todos los ejemplares fueron colectados sobre *P. sylvestris*. 11: 28-IV-87, 1h; 19-VI-87, 1h; 4-VIII-87, 1m, 1h.

* *Hemerobius (Hemerobius) stigma* Stephens, 1836.

Esta especie de distribución holártica presenta, al igual que las anteriores una fuerte tendencia a asociarse a pinos. 10: 20-VI-87, 1h. 11: 19-VI-87, 1m, 1h; 4-VIII-87, 3h; 5 de ellos sobre *P. sylvestris* y 1 en trampa de luz.

CHRYSOPIDAE Schneider, 1851.

Italochrysa italica (Rossi, 1790).

Elemento holomediterráneo, citado por MONSERRAT (1986) en la provincia. VIDAL y LOPEZ (1943) citan esta especie dentro del género *Nothochrysa*. 9: 4-VIII-87, 1h, sobre *P. halepensis*.

Chrysopa septempunctat Wesmael, 1841.

Esta especie, de distribución paleártica, ha sido citada dentro del género *cintameva* por VIDAL y LOPEZ (1943) en la provincia. 1: 19-VI-87, 1m; 4-VIII-87, 1h. 3: 28-IV-87, 1h. Todos los ejemplares fueron colectados sobre *C. siliqua*.

Chrysopa formosa Brauer, 1850.

Elemento paleártico del que se ha recolectado una hembra en *P. halepensis*. 6: 5-VIII-87. La cita de esta especie en la provincia, Dentro del género *Cintameva* se debe a VIDAL y LOPEZ (1943).

* *Chrysopa regalis* Navas, 1915.

Especie de distribución ibérica, muy escasamente citada en nuestra fauna. 5: 19-VI-87, 1h; 5-VIII-87, 1m. Ambos sobre *P. halepensis*.

* *Mallada prasinus* (Burmeister, 1839).

Especie paleártica muy frecuente en la provincia, donde se han colectado 29, 9, 6 y 5 ejemplares sobre *Q. rotundifolia*, *C. siliqua*, *J. oxycedrus* y *Q. faginea* respectivamente, 2 en *Pinus halepensis*, 2 sobre *Populus pyramidalis* y 1 en *Pinus sylvestris*. 1: 28-IV-87, 1m, 1h; 19-VI-87, 2m, 2h; 4-VIII-87, 2m. 4: 28-IV-87, 6m, 9h; 19-VI-87, 3m, 2Hh; 4-VIII-87, 1m, 1h; 13-IX-87, 1h. 6: 5-VIII-87, 2m. 9: 27-IV-87, 2h; 18-VI-87, 2m; 13-IX-87, 2h. 10: 13-IX-87, 1h. 11: 4-VIII-87, 1h. 13F: 27-IV-87, 1h. 19-VI-87, 2m, 2h; 4-VIII-87, 1h. 14: 28-IV-87, 1m, 1h; 4-VIII-87, 2m, 3h.

Mallada venosus (Rambur, 1842).

Elemento paleártico occidental, conocido en la provincia por la cita de MONSERRAT (1986).

* *Mallada genei* (Rambur, 1842).

Especie de distribución holomediterránea, asociada a zonas secas. Ha sido capturado un único ejemplar, sobre *Pistacia lentiscus*. 3: 4-VIII-87, 1h.

* *Mallada clathratus* (Schneider, 1845).

Especie distribuida por la región mediterránea septentrional. Escasamente citada y de biología prácticamente desconocida. 11: 4-VIII-87, 1h, en *P. sylvestris*.

* *Mallada flavifrons* (Brauer, 1850).

Especie paleártica occidental de la cual se han colectado 18 ejemplares sobre *C. siliqua* y 1 en *Pinus halepensis* y *Pistacia lentiscus*. 1: 28-IV-87, 1m; 19-VI-87, 2m, 1h; 4-VIII-87, 1m. 3: 28-IV-87, 1m; 19-VI-87, 2m, 1h; 4-VIII-87, 1h. 6: 12-IX-87, 1h. 10: 29-IV-87, 5m, 1h; 20-VI-87, 2m, 1h.

* *Mallada granadensis* (Pictet, 1865).

Elemento del mediterráneo occidental del que únicamente se ha colectado 1 hembra sobre *P. halepensis*. 5: 19-VI-87, 1h.

* *Mallada picteti* (Mclachlan, 1880).

Especie de distribución idéntica a la anterior. Bastante frecuente en la provincia, donde parece ocupar las zonas de mayor influencia mediterránea de la misma. 1: 20-IV-87, 5m, 2h; 19-VI-87, 3m, 4h; 4-VIII-87, 1h; 11-IX-87, 2h. 3: 28-IV-87, 2m; 19-VI-87, 2m, 1h; 4-VIII-87, 1m, 1h. 6: 19-VI-87, 1h; 5-VIII-87, 1h. 7: 5-VIII-87, 1h. 10: 29-IV-87, 2m, 6h. De entre ellos, 31 ejemplares fueron colectados sobre *Ceratonia siliqua*, 2 en *Pinus halepensis*, otros 2 sobre *Pistacia lentiscus* y 1 en *Populus pyramidalis*.

* *Mallada subcubitalis* (Navas, 1901).

Elemento distribuido por la región mediterránea occidental. 2: 20-VI-87, 1m, sobre *J. thurifera*.

* *Mallada ibericus* (Navas, 1903).

Especie ibérica de la que se han colectado 13 ejemplares sobre *P. halepensis*, 6 en *J. thurifera* y 4 sobre *C. siliqua*. 1: 28-IV-87, 1m; 19-VI-87, 2m, 1h. 2: 20-VI-87, 1m, 1h; 5-VIII-87, 2m, 1h; 13-IX-87, 1h. 5: 28-IV-87, 5m, 1h; 19-VI-87, 1m, 4h; 5-VIII-87, 1m; 12-IX-87, 1h.

Chrysoperla carnea (Stephens, 1836).

Especie de distribución prácticamente cosmopolita, cuya cita en la provincia, como *chrysopa vulgaris* se debe a VIDAL y LOEZ (1943).

1: 28-IV-87, 1m; 19-VI-87, 2m, 3h. 2: 20-VI-87, 2m, 1h; 5-VIII-87, 1h, 3: 28-IV-87, 1m, 1h. 4: 19-VI-87, 3m, 2h; 4-VIII-87, 1m; 13-IX-87, 1m. 6: 19-VI-87, 3m, 1h; 12-IX-87, 1m. 9: 29-IV-87, 1h; 19-VI-87, 3m, 1h; 4-VIII-87, 1m. 10: 29-IV-87, 1m, 1h. 11: 4-VIII-87, 1m, 1h. 13: 27-IV-87, 1h; 19-VI-87, 1m, 1h; 4-VIII-87, 2m. 14: 19-VI-87, 2m, 2h; 4-VIII-87, 2m, 4h; 11-IX-87, 2m, 3h. De entre ellos, 21 fueron colectados sobre *Q. rotundifolia*, 10 en *C. siliqua*, 6 en *Q. faginea*, 5 en *J. oxycedrus*, otros 5 en *Populus pyramidalis* y 4, 2 y 1 sobre *J. thurifera*, *P. sylvestris* y *P. halepensis* respectivamente.

* *Chrysoperla mediterranea* (Hölzel, 1972).

Elemento mediterráneo occidental, en nuestra fauna está frecuentemente asociado a *Pinus halepensis*, al que acompaña en su distribución. Hemos colectado 7 ejemplares sobre dicho pino y 1 en *J. oxycedrus* y *J. thurifera*.

CONIOPTERYGIDAE Burmeister, 1839.

* *Aleuropteryx loewii* Klapalek, 1894.

Especie de distribución paleártica occidental, normalmente asociada a pinos, habiéndose capturado 11 ejemplares sobre *P. sylvestris* y 4 en *P. halepensis*. 5: 28-IV-87, 1m. 6: 19-VI-87, 1h. 9: 18-VI-87, 2h. 11: 19-VI-87, 4m, 6h; 4-VIII-87, 1h.

Aleuropteryx juniperi Ohm, 1968.

Conocida de la región holártica, esta especie ha sido citada anteriormente en la provincia por OHM (1968). Presenta una fuerte tendencia a asociarse con especies del género *Juniperus*, donde hemos colectado 1 hembra. 2: 20-VI-87, sobre *J. thurifera*.

* *Aleuropteryx iberica* Monserrat, 1977.

Especie distribuida por la región mediterránea occidental, de la cual siguen colectándose ejemplares sobre *Quercus esclerófilos*. 4: 19-VI-87, 1h. 9:

18-VI-87, 1m. 14: 19-VI-87, 1m, 1h. Todos ellos sobre *Q. rotundifolia*.

* *Helicoconis pseudolutea* Ohm, 1965.

Se trata de una especie cuya distribución coincide con el límite meridional de la región paleártica occidental y de la que se han colectado 13 ejemplares sobre *Q. rotundifolia* y 1 en *Q. faginea*, *Pinus halepensis* y *Populus pyramidalis*. 4: 19-VI-87, 2m. 6: 19-VI-87, 1m. 9: 18-VI-87, 1m. 14: 19-VI-87, 1m, 1h.

* *Coniopteryx (Coniopteryx) parthenia* (Navas & Marcet, 1910).

Elemento paleártico asociado a coníferas, habiéndose capturado 49, 5, 4 y 3 ejemplares sobre *P. halepensis*, *P. sylvestris*, trampa de luz y *J. thurifera*. 2: 29-IV-87, 1m; 20-VI-87, 2m. 5: 28-IV-87, 3m, 11h; 19-VI-87, 5m, 5h; 12-IX-87, 2m, 3h. 6: 28-IV-87, 1m, 1h; 19-VI-87, 5m, 2h; 5-VIII-897, 2h. 7: 29-IV-87, 2m; 5-VIII-87, 1h. 8: 29-IV-87, 1m, 1h. 9: 27-IV-87, 2m, 4h. 10: 20-VI-87, 1m, 1h. 11: 28-IV-87, 1h; 19-VI-87, 2h; 4-VIII-87, 1h; 11-IX-87, 1h.

* *Coniopteryx (Coniopteryx) borealis* Tjeder, 1930.

Especie de distribución paleártica occidental, de la cual se han colectado 8 ejemplares sobre *Pinus halepensis*, 3 en *Populus pyramidalis* y 2 sobre *Ceratonía siliqua*. 5: 5-VIII-87, 1m, 7h. 6: 5-VIII-87, 1m, 1h; 12-XI-87, 1m. 10: 13-XI-87, 1m, 1h.

* *Coniopteryx (Coniopteryx) ezequi* Monserrat, 1984.

Elemento ibérico del que se sigue confirmando su asociación con el género *Juniperus*, habiéndose conectado 21 ejemplares sobre *J. oxycedrus* y 1 en *P. halepensis*. 2: 29-IV-87, 6m, 1h; 20-VI-87, 2h; 5-VIII-87, 2m, 6h. 6: 19-VI-87, 1m. 13: 27-IV-87, 2m; 19-VI-87, 1h; 4-VIII-87, 1h.

* *Coniopteryx (Holoconiopteryx) haematica* McLachlan, 1868.

Especie conocida de la región paleártica occidental, abundante y bien representada en la provincia. 1: 19-VI-87, 5m, 5h; 4-VIII-87, 1m, 1h. 3: 28-IV-87, 2m, 5h; 19-VI-87, 1m, 3h; 4-VIII-87, 2m, 1h. 4: 19-VI-87, 1h. 6: 28-IV-87, 1m. 9: 27-IV-87, 1m, 1h; 4-VIII-87, 1m. 10: 29-IV-87, 1m, 1h; 20-VI-87, 4m, 4h. 12: 20-VI-87, 2m, 2h; 13-IX-87, 2m, 1h. 14: 28-IV-87, 1h; 19-VI-87, 2h; 4-VIII-87, 1h. De entre ellos, 40 ejemplares fueron capturados en *C. siliqua*, 7 sobre *Q. rotundifolia*, 3 en *Pistacia lentiscus* y 1 sobre *Pinus halepensis* y *Populus pyramidalis*.

* *Coniopteryx (metaconiopteryx) tjederi* Kimmins, 1934.

Elemento holomediterráneo del cual fueron colectados 5 ejemplares sobre *Populus pyramidalis*, 3 en *Q. rotundifolia* y 1 sobre *J. oxycedrus*. 4: 28-IV-87, 1m, 2h. 6: 5-VIII-87, 2m, 3h. 13: 4-VIII-87, 1m.

* *Coniopteryx (Xeroconiopteryx) atlasensis* Meinander, 1963.

Especie conocida de las zonas térmicas del límite meridional de la región paleártica occidental. Circunscrita a zonas secas, se han colectado todos los ejemplares sobre *C. siliqua*. 3: 28-IV-87, 2m. 10: 29-IV-87, 1m, 3h.

* *Coniopteryx (Xeroconiopteryx) loipetsederi* Aspöck, 1963.

Especie de distribución mediterránea septentrional, de la que únicamente se ha colectado 1 ejemplar. 2: 29-IV-87, 1m, sobre *J. thurifera*.

* *Semidalis aleyrodiformis* (Stephens, 1836)

Elemento paleártico, extendido a la región oriental. Hemos capturado 9, 8, 4 y 3 ejemplares sobre *Pinus halepensis*, *Pistacia lentiscus*, *C. siliqua* y *Q. faginea*, respectivamente. 1: 28-IV-87, 1m. 3: 28-IV-87, 6m, 1h; 4-VIII-87, 1m. 5: 28-IV-87, 4m, 3h; 20-VI-87, 1h; 12-IX-87, 1m. 10: 29-IV-87, 1h. 13-IX-87, 2h. 14: 19-VI-87, 1h; 4-VIII-87, 2m.

* *Semidalis pseudouncinata* Meinander, 1963

Especie distribuida por la región mediterránea occidental, normalmente asociada a enebros y sabinas, donde se han colectado 7 y 2 ejemplares respectivamente. 2: 29-IV-87, 1h; 5-VIII-87, 1h. 13: 27-IV-87, 3m; 19-VI-87, 1m, 3h. *Conwentzia psociformis* (Curtis, 1834).

Elemento holártico, probablemente extendido por acción humana. Esta especie, citada por MONSERRAT (1984) en la provincia, presenta una clara tendencia a asociarse en planifolios. Ha resultado muy abundante en la provincia, donde se han colectado 54 ejemplares sobre *C. siliqua* y 1 en *P. lentiscus*. 1: 28-IV-87, 2h; 19-VI-87, 4m, 4h; 4-VIII-87, 1h; 11-IX-87, 1m. 3: 28-IV-87, 2m; 19-VI-87, 3m, 5h. 10: 29-IV-87, 9m, 2h; 20-VI-87, 6m, 3h. 12: 20-VI-87, 5m, 8h.

BIBLIOGRAFÍA

- AISTLEITNER, E. 1980. Die Arten des Genus *Libelloides*. Tjd. der Iberischen Halbinsel. *Entomofauna* 1, **14**: 234-297.
- MONSERRAT, V. J. 1983. Sobre los neurópteros de las Islas Canarias IV: *Wesmaelius* (*Kimminisia*) *navasi* (Andreu, 1911). (*Neur.*, *Plan.*, *Hemerobiidae*). *Boletín Asoc. Esp. Entom.* Vol. 6 (Fasc. 2): 209-224.
- 1984. Nuevos datos sobre los coniopterígididos (*Neur.*, *Plan.*, *Coniopterygidae*) ibéricos. *Boletín Asoc. esp. Entom.* Vol. 8: 25-34
 - 1985. Nuevos datos sobre los *Myrmeleontoidea* ibéricos (*Neur. Plan.*, *Myrmeleonidae*, *Ascalaphidae*, *Nemopteridae*). *Bolm. Soc. Port. Ent.* Vol. 2 (suplemento 1): 475-489.
 - 1986. Sobre los neurópteros ibéricos (IV) (*Neur.*) *Boletín Asoc. Esp. Entom.* Vol. **10**: 95-105.
 - En prensa. Revisión de los diláridos ibéricos. (*Neuropteroidea*, *Planipennia*, *Dilaridae*). *Eos*.
- NAVAS, L. 1913. Myrmeleónidos (*Ins. Neur.*) de la fauna ibérica. *Congr. Asoc. Esp. Prog. Ciencias* Madrid: 5-37.
- 1921. Mis excursiones científicas del verano de 1919. *Mem. R. Ac. Ci. Art. Barcelona* Vol. XXII, n.º 6: 143-169.
 - 1922. Algunos insectos recogidos por D. Fermín Cervera en las provincias de Tarragona, Castellón y Valencia. *Bol. Soc. Ent. Esp.* **V**: 147-148.
 - 1923. Entomología de Catalunya. Neurópters. *Inst. d'Estudis Catalans: Sec. Ciencies* (1924): 1-270.
 - 1924. Sinopsis de los neurópteros (*Ins.*) de la Península Ibérica. *Mem. Soc. Ibérica. Cienc. Nat.* **4**: 1-150.
- OHM, P. 1968. Vorläufige Beschreibung einer neuen europäischen Aleuropterywart (*Neuroptera*, *Coniopterygidae*). *Ent. Nachrbl.* (Wien) **15**: 12-15.
- VIDAL Y LÓPEZ, M. 1943. Catálogo provisional de los neurópteros de la región levantina. *Graellsia* **1** (6): 13-24.

NORMAS PARA LOS AUTORES

Mediterránea Serie de Estudios de Biología, publicará preferentemente trabajos científicos sobre cualquier tema referente a Ecología Terrestre del ámbito mediterráneo. El envío de los originales se hará, para facilitar la organización editorial, antes de finalizar el primer trimestre del año.

Antes de su aceptación para su publicación los artículos serán revisados por especialistas del tema y examinados por miembros del comité editorial tras lo cual podrá proponerse a los autores la conveniencia de introducir las modificaciones pertinentes.

—Los autores enviarán el trabajo con las ilustraciones originales acompañado de una copia. El texto estará mecanografiado a doble espacio en folios debidamente numerados, será conciso y evitará descripciones superfluas.

—Se subrayará sólo las palabras que deben de ir en cursiva.

—En el encabezamiento figurarán, título, nombre de los autores con expresión de sus direcciones a pie de página, resumen en español y en inglés y palabras clave.

—En el texto se señalará a lápiz la posición que deben de ocupar las figuras y tablas.

—Los encabezamientos de capítulos irán en mayúsculas al borde. Las divisiones de menor categoría irán en minúsculas. Todos los encabezamientos se espaciarán convenientemente para que destaquen. Se evitarán en lo posible numeraciones de los capítulos.

—Las tablas y figuras, así como el montaje de fotografías guardarán proporción con el tamaño de caja (12 x 18). Su presentación suficientemente nítida para su reproducción, especialmente en los casos que sea precisa la reducción. Unas y otras figurarán fuera de texto.

—La escala de figuras y fotografías será gráfica.

—Los pies de las ilustraciones se presentarán en folios aparte convenientemente numerados.

— Toda la ilustración en color correrá a cargo de los autores.

—Las referencias bibliográficas deberán seguir la siguiente normativa dentro del texto: «...según Jiménez de Cisneros (1906)...» o bien «...de acuerdo con autores precedentes (Jiménez de Cisneros, 1906)...».

En relación bibliográfica posterior al texto:

Trabajos publicados en revistas.

MELLADO, J., (1980). Utilización del espacio en una comunidad de lacértidos del matorral mediterráneo en la Reserva Biológica de Doñana. *Doñana Acta Vert.* 7: (1): 41-59.

Citas de libros.

VALVERDE, J.A., (1967). *Estructura de una comunidad de vertebrados terrestres*. Monografías del C.S.I.C. n.º 76: 218 p. Madrid.

—Los autores revisarán y corregirán a lápiz los errores tipográficos en las galeradas.

—Se entregarán gratuitamente veinticinco separatas por trabajo.



 **GENERALITAT VALENCIANA**
CONSELLERIA D'OBRES PÚBLIQUES, URBANISME I TRANSPORTS