

# ESTUDIO DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA COLEMBOFAUNA EN SUELOS DE ALTA MONTAÑA EN LA SIERRA DE GUADARRAMA (MADRID)

M. J. LUCIÁÑEZ & J. C. SIMÓN

Luciáñez, M. J. & Simón, J. C., 1991. Estudio de la variación estacional de la colembofauna en suelos de alta montaña en la Sierra de Guadarrama (Madrid). *Misc. Zool.*, 15: 103-113.

*Study of seasonal variation in the Collembola fauna from high mountain soils in Sierra de Guadarrama (Madrid).*— A study about the composition, structure and seasonal variation of Collembola populations from a high mountain region in the Sierra de Guadarrama (Madrid) has been carried out. Samples from vegetation dominated by *Cytisus oromediterraneus* and common juniper (*Juniperus communis* ssp *nana*) have been studied. Some quantitative methods such as diversity and richness indexes, and moreover a Cluster and Factorial Correspondence Analysis are used. The relationship between the different species of Collembola and the habitat where they live, and the behaviour of populations in each type of brushwood, is presented.

Key words: Collembola, Ecology, High mountain soils, Sierra de Guadarrama, Spain.

(*Rebut: 10 X 91; Acceptació condicional: 25 II 92; Acc. definitiva: 14 VII 92*)

M. J. Luciáñez & J. C. Simón, *Depto. de Biología (Zoología), Univ. Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España (Spain)*.

Este trabajo ha sido realizado gracias a la ayuda concedida en el Proyecto nº PB87/0095 de la D.G.I.C.Y.T.

## INTRODUCCIÓN

En 1943, GISIN indicó que diferentes especies de colémbolos se hallan restringidas a suelos ácidos o básicos, constituyéndose en indicadoras del pH del medio. Más tarde PONGE en sus estudios de 1980 y 1983, pone en evidencia este hecho observando cómo el tipo de suelo aparece como uno de los principales factores de variación específica.

Son abundantes las citas de autores que utilizan los colémbolos como bioindicadores para revelar las diferencias en el desarrollo de los bosques, y su influencia en la evolución normal de los ecosistemas (CZARNECKI, 1984). Se manifiestan extremadamente sensibles a las variaciones de las condicio-

nes ecoclimáticas del medio, y son importantes los estudios que muestran la influencia de las repoblaciones o deforestaciones produciendo una ruptura del equilibrio biocenótico a nivel de la fauna del suelo (BONNET, et al. 1977, 1979; PRAT & MASSOUD, 1980, 1981).

Por todo lo indicado, el estudio taxonómico primero y ecológico después de este grupo de microartrópodos, puede resultar de sumo interés en la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas no sólo a nivel del subsistema edáfico, sino de todo el biotopo, y controlar de esta forma el efecto ocasionado en aquellos como consecuencia de la acción antrópica, la repoblación, la conversión de lugares naturales en zonas de

manejo agrícola (PRABHOO, 1976), y sacar conclusiones de cara a un mejor aprovechamiento del suelo y conservación del medio.

En este sentido se estudian a continuación las comunidades de colémbolos de zonas de altura en un piornal de la sierra de Guadarrama, observando las diferencias existentes en las poblaciones dependiendo del tipo de vegetación. Los objetivos de este trabajo son: caracterizar según la composición específica y estructura de las comunidades de colémbolos cada tipo de matorral, piorno y enebro, presentes en la zona de estudio, tratando de encontrar las diferencias entre ambos, y determinar las posibles relaciones existentes entre los biotopos y la comunidad de colémbolos, observando cómo la dinámica poblacional a lo largo de un año depende de las características de la comunidad vegetal.

De esta forma, se aportan nuevos datos que contribuyen a demostrar la relación entre la fauna de colémbolos y la comunidad vegetal sustentada por el sistema edáfico que habitan, en relación a comprobar su posible valor indicador.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La comunidad estudiada se sitúa en la localidad de Manzanares del Real en la vertiente sur de la sierra de Guadarrama. Se trata de un piornal en el nacimiento del río Manzanares, situado a 1.800 m de altura (piso oromediterráneo) y coordenadas UTM = 30TVL1914. El arbusto dominante es el piorno serrano (*Cytisus oromediterraneus* (L.) Rivas Martínez) acompañado del enebro rastrero (*Juniperus communis* ssp. *nana* Syme) y algunas gramíneas (*Nardus stricta* L., *Deschampsia flexuosa* ssp. *iberica* Rivas Martínez, *Agrostis castellana* Boiss & Reuter, etc.). La comunidad florística está adaptada a las duras condiciones cli-

máticas existentes durante gran parte del año.

El muestreo se estableció bajo piorno y enebro. Bajo el primero se tomó una muestra de hojarasca y ramaje superficial caído en el suelo, y otra de suelo de 0 a -10 cm por debajo de ella. En el enebro únicamente se tomó esta última muestra, debido a la ausencia de un estrato de hojarasca en este sustrato. Las recolecciones se efectuaron estacionalmente en el año 1989, una vez por trimestre (9 III 1989, 5 V 1989, 13 VII 1989, 25 X 1989).

La fauna se extrajo por el método Berlese-Tullgren, y cada colémbolo se determinó a nivel específico. Para cada localidad (i.e. medio) se calcularon la diversidad, según SHANNON & WEAVER (1963); la riqueza específica; la uniformidad, según LLOYD & GHELARDI (1964); y la dominancia, según SIMPSON (1974).

Así mismo, se realizaron análisis de cluster, basándose en el valor absoluto del Índice de Correlación de Pearson entre las especies (Biomedical program-BMDP1M, DIXON et al, 1983) y Análisis Factorial de Correspondencias (XCORII), con el objetivo de encontrar la relación entre las especies estudiadas, el tipo de vegetación y la estación de muestreo. En estos dos análisis multivariantes se eliminaron las especies que aparecen en una sola muestra.

## RESULTADOS

### 1. Estructura numérica de la población

El número de individuos por especie hallados en los distintos medios muestreados aparece en la tabla 1. Las especies más abundantes fueron: *X. xavieri*, *C. duodecimoculata*, *E. strigata*, *X. affinis*, *P. parvulus* y *F. mirabilis*. La abundancia específica en ambos medios fue diferente para

todas las especies, excepto para a *E. strigata*, que fue relativamente abundante en los dos ecosistemas (10,26% de la abundancia total en el piornal, y 8,51% en el enebroal). En el piornal las especies más abundantes fueron *X. affinis* (14,12%), *F. mirabilis* (13,59%), *P. parvulus* (12,63%) y *M. macrochaeta* (9,03%). En el enebroal las especies más abundantes fueron *X. xavieri* (35,7%) y *C. duodecimoculata* (27,14%) y las menos abundantes *I. fucicola* (7,14%) y *P. subparallata* (6,88%).

Se observan dos picos de abundancia en la población de colémbolos, localizados en primavera y otoño (tabla 1, fig. 1); en invierno, la población se reduce, encontrándose el mínimo del año. En la figura 1 se pueden observar también las curvas de la población en cada tipo de matorral. En el piornal la población crece en primavera y otoño siendo más abundante en primavera, mientras que en el enebroal la mayor población se da en otoño, y los mínimos apare-

cen a partir del invierno descendiendo hacia la primavera y el verano.

En otoño la población de colémbolos total se ve incrementada por la notable abundancia de especies como *X. xavieri*, *C. duodecimoculata*, *X. affinis* y *F. mirabilis*, que se reproducen a gran ritmo en esta estación. La mayoría de las especies aumentan su población en primavera y/u otoño (figs. 2, 3), aunque algunas presentan una curva poblacional diferente, alcanzando máximos en otras estaciones; por ejemplo *L. lusitanicus* y *D. pallipes* presentan la mayor población en invierno (fig. 4), mientras que *O. quinquefasciata* y *E. strigata* la presentan en verano (fig. 5).

## 2. Índices de Diversidad

La diversidad, la riqueza y la uniformidad (tabla 2) son en todas las estaciones mayores en el piornal que en el enebroal. En cam-

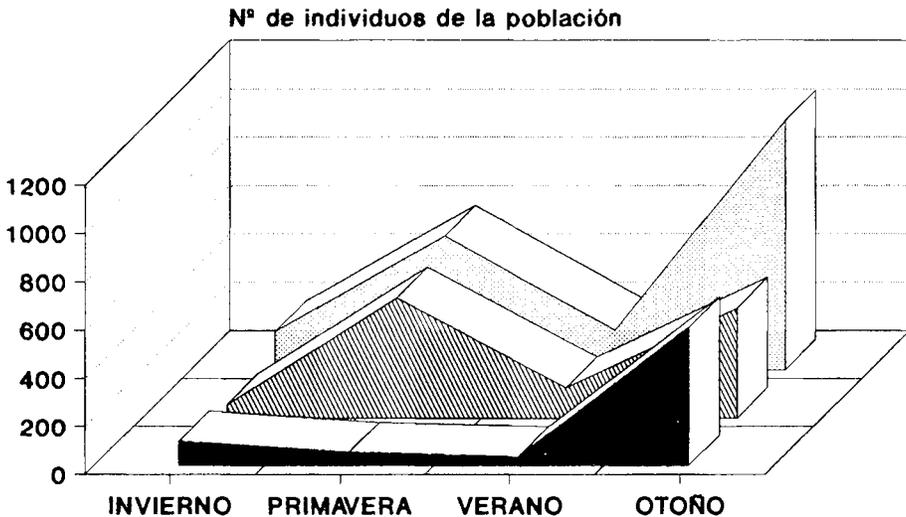


Fig. 1. Número de ejemplares encontrados a lo largo de un año: ■ Enebral; ▨ Piornal; ▩ N° total de individuos.

Number of individuals found during a year: ■ Enebral (*Juniperus communis* ssp. *nana* shrubland); ▨ Piornal (*Cytisus oromediterraneus* shrubland); ▩ Total number of individuals.

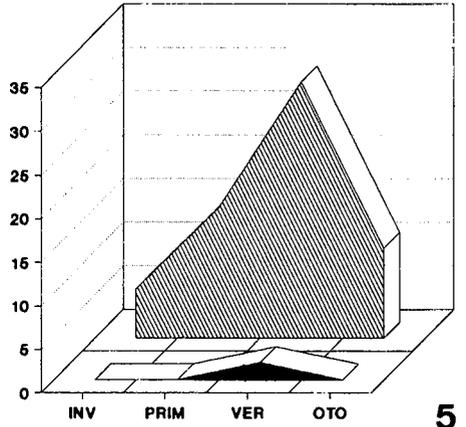
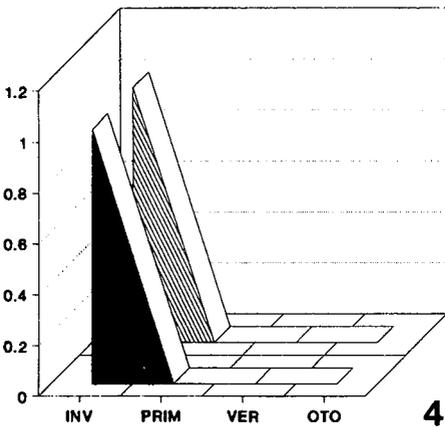
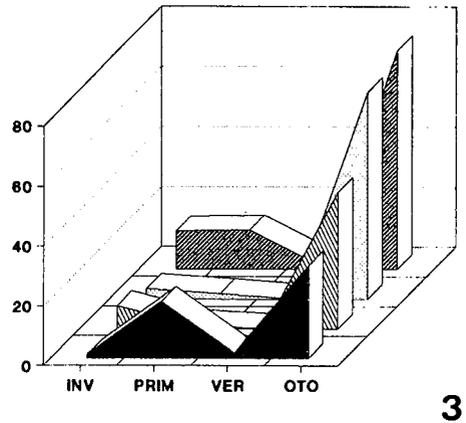
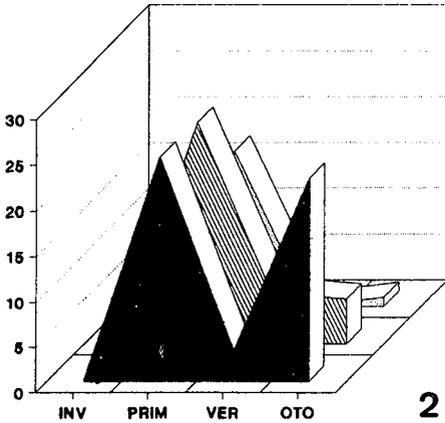
Tabla 1. Relación de las especies encontradas y número de ejemplares recogidos en cada localidad: Hoj. Pi. Hojarasca de piorno; Sue. Pi. Suelo piorno; Tot. Pi. Total en el piorno; Sue. En. Suelo de enebro; Total Ej. Número total de ejemplares; Abund. Abundancia relativa.

List of species and number of individuals recollected in each locality. (For abbreviations see above).

		Invierno				Primavera			
		Hoj. Pi.	Sue. Pi.	Tot. Pi.	Sue. En.	Hoj. Pi.	Sue. Pi.	Tot. Pi.	Sue. En.
<i>Xenylla xavieri</i>	XENXA	—	—	—	38	1	—	1	38
<i>Ceratophysella duodecimoculata</i>	CERDU	—	1	1	9	1	4	5	—
<i>Xenyllogastrura affinis</i>	XEYAF	18	5	23	—	1	—	1	3
<i>Xenyllogastrura octoculata</i>	XEYOC	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudachorutes guadalajarensis</i>	PSEGU	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudachorutes romeroi</i>	PSERO	—	1	1	—	—	—	—	—
<i>Pseudachorutes parvulus</i>	PSEPA	—	—	—	—	53	21	74	—
<i>Pseudachorudina bougisi</i>	PSEBO	—	—	—	1	1	—	1	—
<i>Friesea mirabilis</i>	FRIMI	3	1	4	—	40	17	57	—
<i>Friesea steineri</i>	FRIST	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Micranurida meridionalis</i>	MICME	—	—	—	—	15	5	20	—
<i>Bilobella aurantiaca</i>	BILAU	—	—	—	—	1	—	1	—
<i>Protaphorura subparallata</i>	PROSU	—	—	—	—	13	16	29	9
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	MESMA	1	—	1	—	31	—	31	—
<i>Mesaphorura yosii</i>	MESYO	—	—	—	—	—	10	10	—
<i>Tetracanthella serrana</i>	TETSE	—	—	—	2	—	—	—	—
<i>Isotomodes bisetosus</i>	ISOBI	—	1	1	2	—	3	3	2
<i>Pseudisotona monochaeta</i>	PSEMO	—	1	1	2	41	32	73	—
<i>Isotomurus fucicola</i>	ISUFU	—	—	—	22	2	—	2	—
<i>Isotomiella minor</i>	ISOMI	—	—	—	2	47	21	68	2
<i>Orchesella quinquefasciata</i>	ORCQU	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Entomobrya strigata</i>	ENTST	8	—	8	9	8	37	45	—
<i>Entomobrya quinquelineata</i>	ENTQU	—	—	—	—	1	—	1	—
<i>Seira lusitanica</i>	SEILU	1	—	1	—	—	—	—	—
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	LEPLA	—	—	—	—	10	—	10	—
<i>Lepidocyrtus lignorun</i>	LEPLI	—	—	—	—	1	—	1	—
<i>Lepidocyrtus lusitanicus</i>	LEPLU	3	—	3	—	—	—	—	—
<i>Lepidocyrtus montseniensis</i>	LEPMO	—	—	—	—	—	2	2	—
<i>Heteromurus major</i>	HETMA	—	—	—	—	3	—	3	—
<i>Pseudosinella templadoi</i>	PSLTE	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sphaeridia pumilis</i>	SPHPU	—	12	12	14	22	29	51	—
<i>Deuterosminthurus pallipes</i>	DEUTP	3	—	3	—	—	—	—	—
<i>Sminthurinus reticulatus</i>	SMIRE	—	—	—	—	1	—	1	—
<i>Bourletiella</i> sp.	BOURS	—	—	—	—	—	9	9	1
<i>Sminthurus multipunctatus</i>	SMIMU	—	—	—	2	—	—	—	—
<i>Sminthurinus aureus</i>	SMIAU	—	—	—	1	—	—	—	—
Total individuos		37	21	58	102	293	206	499	55
Total especies		7	6	11	11	20	13	24	6

Tabla I (cont.)

Verano				Otoño				Total	
Hoj. Pi.	Sue. Pi.	Tot. Pi.	Sue. En.	Hoj. Pi.	Sue. Pi.	Tot. Pi.	Sue. En.	Total Ej.	Abund.
2	—	2	—	18	—	18	201	298	0,1560
—	—	—	—	6	1	7	200	222	0,1160
—	—	—	—	27	110	137	—	164	0,0858
—	—	—	—	2	—	2	—	2	0,0011
—	1	1	—	—	—	—	—	1	0,0005
—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,0005
—	10	10	—	56	11	67	—	151	0,0790
—	3	3	2	—	—	—	5	12	0,0063
1	3	4	—	63	30	93	—	158	0,0827
—	—	—	—	—	8	8	—	8	0,0042
—	—	—	—	—	—	—	1	21	0,0110
—	—	—	—	1	1	2	1	4	0,0021
1	14	15	1	1	25	26	43	123	0,0644
—	1	1	—	63	8	71	6	110	0,0575
—	—	—	—	—	—	—	—	10	0,0052
—	—	—	—	—	—	—	—	2	0,0011
—	3	3	—	—	4	4	—	15	0,0078
3	17	20	—	—	—	—	15	108	0,0565
—	—	—	—	2	—	2	33	59	0,0310
—	1	1	—	—	—	—	1	74	0,0387
6	—	6	—	—	—	—	—	6	0,0031
57	—	57	31	7	—	7	24	181	0,0947
—	—	—	—	—	—	—	4	5	0,0026
—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,0005
—	2	2	3	2	1	3	17	35	0,0183
1	—	1	—	—	—	—	—	2	0,0011
—	—	—	—	—	—	—	—	3	0,0016
—	—	—	—	—	—	—	—	2	0,0011
1	—	1	—	—	—	—	7	11	0,0057
—	—	—	—	—	—	—	5	55	0,0287
—	—	—	—	3	—	3	—	80	0,0418
—	—	—	—	—	—	—	—	3	0,0016
—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,0005
—	—	—	—	—	—	—	—	10	0,0052
—	—	—	—	—	5	5	—	7	0,0037
—	—	—	—	1	—	1	13	15	0,0078
72	55	127	37	252	204	456	576	1910	
8	10	15	4	14	11	17	16	36	



Figs. 2-5. Variación estacional del valor medio de la población de: 2. ■ *P. parvulus*; ▨ *P. monochaeta*; ▩ *S. pumilis*. 3. ■ *F. mirabilis*; ▨ *X. affinis*; ▩ *C. duodecimocula*; ▪ *X. xavieri*. 4. ■ *L. lusitanicus*; ▨ *D. pallipes*. 5. ■ *O. quinquefasciata*; ▨ *E. strigata*.

Seasonal variation of the mean value of the population of: 2. ■ *P. parvulus*; ▨ *P. monochaeta*; ▩ *S. pumilis*. 3. ■ *F. mirabilis*; ▨ *X. affinis*; ▩ *C. duodecimocula*; ▪ *X. xavieri*. 4. ■ *L. lusitanicus*; ▨ *D. pallipes*. 5. ■ *O. quinquefasciata*; ▨ *E. strigata*.

bio el índice de dominancia es opuesto, alcanza el valor mayor en el enebral (en él se encuentran pocas especies con mucha abundancia). Estos resultados muestran una población más rica y homogénea en el suelo del piornal.

También se observan diferencias entre la capa superficial y profunda del suelo bajo piornal: el nivel superficial presenta siempre mayor riqueza poblacional excepto en

verano, en que la mayor sequedad del suelo obliga a la fauna a refugiarse en niveles más profundos del sustrato.

Las variaciones en la uniformidad y dominancia son semejantes en el piornal y el enebral. Existe un máximo de uniformidad en invierno y un mínimo en verano. La población en verano en el enebral y en la superficie del piornal se reduce a muy pocas especies, que son las únicas que sopor-

Tabla 2. Índices de diversidad, riqueza, uniformidad y dominancia en cada estación. (Para las abreviaturas ver tabla 1).  
*Diversity, richness, uniformity and dominance indexes for each season. (For abbreviations see table 1).*

	Hoj. Pi.	Sue. Pi.	Tot. Pi.	Sue. En.
<b>Invierno</b>				
Diversidad	2,1467	1,5131	2,6059	2,5949
Riqueza	1,6616	1,6423	2,4628	2,1622
Uniformidad	1,1032	0,8445	1,0867	1,0822
Dominancia	0,3046	0,3922	0,2306	0,2214
<b>Primavera</b>				
Diversidad	3,3489	3,3179	3,5607	1,6074
Riqueza	3,3449	2,2523	3,7021	1,2477
Uniformidad	1,1179	1,2935	1,1204	0,8971
Dominancia	0,1202	0,1153	0,1038	0,5100
<b>Verano</b>				
Diversidad	1,2412	2,6476	2,6756	0,8756
Riqueza	1,6367	2,2458	2,8900	0,8308
Uniformidad	0,5969	1,1498	0,9880	0,6316
Dominancia	0,6368	0,2046	0,2515	0,7121
<b>Otoño</b>				
Diversidad	2,7062	2,2068	2,8686	2,5377
Riqueza	2,3520	1,8803	2,6133	2,3599
Uniformidad	1,0254	0,9203	1,0125	0,9153
Dominancia	0,1926	0,3344	0,1835	0,2554

tan la sequedad extrema y alta temperatura superficial en esta estación. La especie dominante en estas condiciones es *E. strigata*.

### 3. Asociación entre especies según afinidades ecológicas

La asociación de las especies según afinidades ecológicas obtenida mediante el análisis de cluster (sobre la tabla 1) aparece en la figura 6. En la región E se agrupan las especies más abundantes y representativas del enebro. Todas ellas únicamente abundan en otoño excepto *P. subparallata* que abunda también en primavera. El resto de especies son características y abundantes del piornal (región P). La subdivisión de este gran grupo se establece en base a las preferencias de cada

especie por el nivel superficial o profundo del suelo, y por su abundancia en cada estación del año.

### 4. Factores principales en la distribución de las especies

Los dos primeros ejes obtenidos al aplicar un Análisis Factorial de Correspondencias sobre la matriz de la tabla 1, aparecen en la figura 7. El primer factor del análisis (factor I) absorbe el 28,18% de la varianza total de la matriz de datos y el factor II absorbe el 21,14%.

El factor I divide el plano en dos zonas, la positiva en la que se sitúan las muestras y especies típicas del piornal, y la región negativa con todas las especies características del enebro. El factor II parece separar

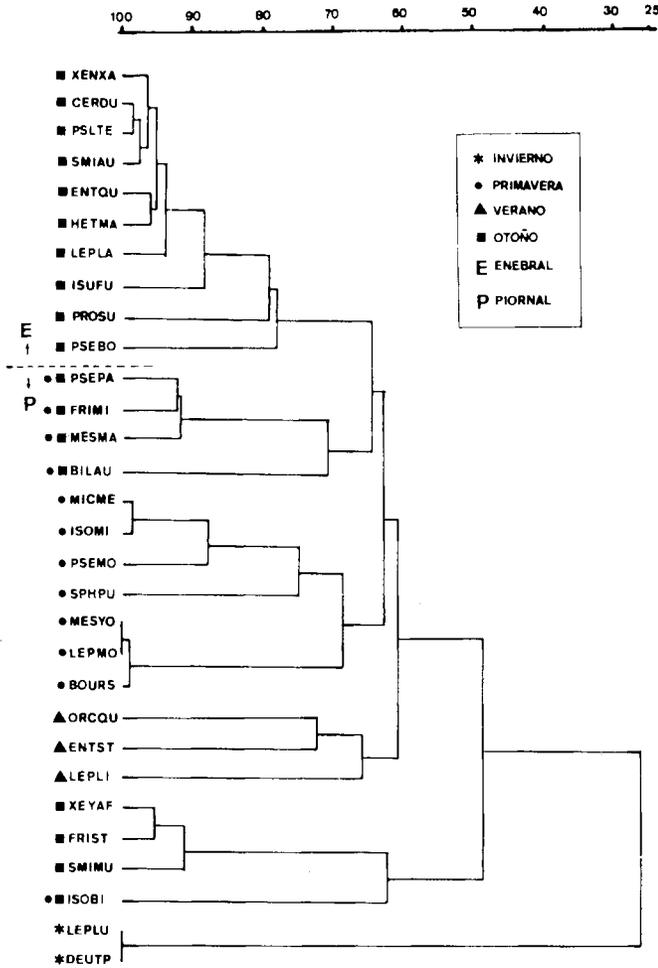


Fig. 6. Análisis de Cluster. (Para los códigos de las especies ver tabla 1).  
Cluster analysis (For species' codes see table 1).

en su región positiva las especies abundantes en verano y adaptadas a las condiciones de sequedad superficial: *E. strigata*, *L. lignorum* y *O. quinquefasciata*.

En el 1<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> cuadrante (región positiva del 1<sup>er</sup> eje) se distribuyen las especies del piornal por su presencia y abundancia en cada estación. Así en el 1<sup>er</sup> cuadrante hay un núcleo de especies características de primavera, que se solapa con la agrupación de las especies de otoño, en el 4<sup>o</sup> cuadrante. En la zona de intersección se sitúan *F. mirabilis* y *P. parvulus* presentes en pri-

mavera y otoño. En un extremo del 4<sup>o</sup> cuadrante aparecen *L. lusitanicus* y *D. pallipes* encontradas exclusivamente en invierno.

**ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES Y CONSIDERACIONES BIOGEOGRÁFICAS**

*X. xavieri*, especie atlántico-mediterránea, citada especialmente en bosques, musgos y líquenes sobre rocas. En el Parque de Manzanares sólo ha sido encontrada en la

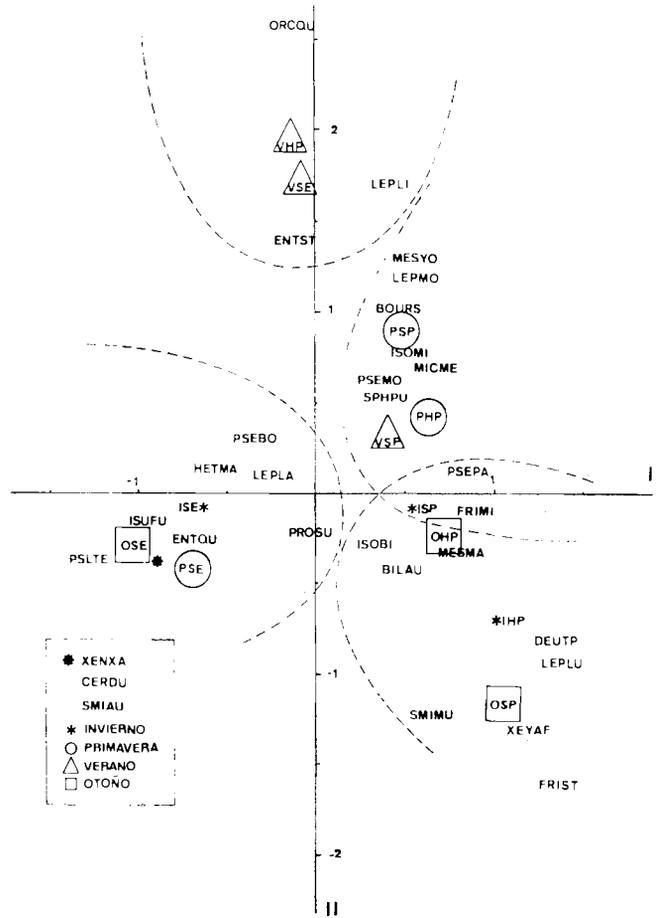


Fig. 7. Analisis Factorial de Correspondencias (Abreviaturas de las muestras: 1ª letra: P. Primavera; V. Verano; O. Otoño; I. Invierno. 2ª letra: H. Hojarasca; S. Suelo. 3ª letra: P. Piorno; E. Enebro). (Para los códigos de las especies ver tabla 1).

*Factorial Analysis of Correspondences (Abbreviations of samples: 1st word: P. Spring; V. Summer; O. Autumn; I. Winter. 2nd word: H. Litter; S. Soil. 3rd word: P. Piorno; E. Enebro). (For species' codes see table 1).*

zona de altura por encima de 1.750 m (LUCIÁÑEZ & SIMÓN, en prensa).

*C. duodecimoculata*, ampliamente distribuida por España y citada además de los Pirineos franceses. Su hábitat se restringe a zonas de altura, preferentemente bosques de pinos, aunque también se encuentra en musgos, líquenes y gramíneas. En Manzanares se localiza por encima de los 1.000 m.

*X. affinis*, especie endémica del Sistema Central, de praderas y cervunales a gran altura.

*P. parvulus*, holártica y forestal, se la

considera como una de las especies más eurioicas de la familia Neanuridae (BONNET et al., 1977).

*P. subparallata*, endémica del Sistema Central, característica de bosques y cervunales del alta montaña.

*I. fucicola*, holártica, vive preferentemente en musgos húmedos y suelo de bosques y pinares. En Manzanares predomina en el enebro.

*E. strigata*, europea, se la ha encontrado en bosques, prados y medios abiertos.

Como se puede observar se trata de especies endémicas españolas, o con distri-

bución más amplia pero restringidas a zonas montañosas. Todas típicas de cervunales y algunas además, de bosques, lo que corrobora las conclusiones obtenidas en otros trabajos (IBÁÑEZ et al, 1987; SIMÓN & LUCIÁÑEZ, 1990), en los que se menciona el carácter relíctico de estas especies y su conexión con las zonas de altura, como resto de una antigua distribución más amplia durante las épocas glaciares, reducida a estas regiones al retirarse los hielos.

## DISCUSIÓN

A la vista de los resultados obtenidos es clara la diferencia entre las comunidades presentes en el suelo de ambos tipos de matorral. Las diferencias no sólo se refieren al número de individuos, sino a la composición específica y dinámica poblacional de los colémbolos. La figura 1 y la tabla 2 muestran este hecho.

Aunque coincide el aumento del número de individuos en otoño en los dos ecosistemas, existe una curva anual diferente en cada uno. Destaca sobre todo el comportamiento de las comunidades en primavera, estación en la que el piornal presenta un mayor número de individuos, mientras que el enebral presenta el mínimo de ejemplares. Esta diferenciación tiene una explicación posible en las condiciones microambientales existentes bajo cada matorral, debidas posiblemente a la diferente cobertura vegetal de cada uno. En el piornal, la cobertura vegetal permite el desarrollo de pequeñas plantas herbáceas y materia orgánica asociada a ellas. En cambio en el enebral se observa una casi total ausencia de ellas, por ser éste un matorral impenetrable.

La composición en especies es también diferente. El suelo del enebral constituye una comunidad formada por pocas especies,

con una tasa reproductiva muy alta sobre todo en otoño, configurando de esta forma la curva poblacional de este matorral. Son especies muy bien adaptadas a un medio rico en hojarasca dura y difícil de digerir, como es la del enebro. Así *X. xavieri*, *C. duodecimoculata* y *P. subparallata* encuentran en él un nicho ideal que otras especies con mandíbulas menos potentes no son capaces de colonizar.

Se pone también de manifiesto, mediante el análisis de cluster y el de correspondencias, las preferencias de las especies por determinadas condiciones de humedad y climáticas. Así se observan agrupaciones de especies, típicas o características de cada matorral y estación del año.

Con estos resultados se observa una vez más el posible papel que los colémbolos pudieran tener como indicadores biológicos, hecho ya sugerido en otros trabajos anteriores.

## REFERENCIAS

- BONNET, L., CASSAGNAU, P. & DEHARVENG, L., 1977. Influence du déboisement et du reboisement sur les biocenoses de collemboles dans quelques sols pyrénéens. *Bull. Ecol.*, 8: 321-333.
- 1979. Recherche d'une méthodologie dans l'analyse de la rupture des équilibres biocénétiques: applications aux collemboles édaphiques des Pyrénées. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 16: 373-401.
- CZARNECKI, A., 1984. The function of Collembola in a developing forest ecosystem. 2<sup>o</sup> *Symp. Protection of Forest Ecosystem*: 125-137.
- DIXON, W.E., BROWN, M.B., ENGELMAN, L., FRANE, J.W., HILL, M.A., JENNICH, R.I. & TOPOREK, J.D., 1983. *BMDP statistical software*. Univ. California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- GISIN, H., 1943. Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im Schweizerischen Exkursionsgebiet Basels. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 50: 131-224.
- IBÁÑEZ, J.J., SIMÓN, J.C. & JIMÉNEZ BALLESTA, R., 1987. Consideraciones ecológicas acerca de la microfauna en los pastizales y suelos turbosos de la alta montaña en el Sistema Central (España). *Bol. Est. Centr. Ecol.*, 16: 63-70.

- LUCIÁÑEZ, M.J. & SIMÓN, J.C., (en prensa). Estructura de las poblaciones de colémbolos en diferentes comunidades vegetales del Parque Regional del Manzanares (Madrid). *Bol. Asoc. Esp. Ent.*
- LLOYD, M. & GHELARDI, R.J., 1964. A table for calculating the equitability component of species diversity. *J. Anim. Ecol.*, 33: 217-225.
- PONGIE, J.F., 1980. Les biocénoses des collemboles de la forêt de Sénart. In: *Actualités d'Ecologie Forestière*: 1-517 (P. Pesson, Ed.). Gauthier-Villars, Paris.
- 1983. Les collemboles, indicateurs du type d'humus en milieu forestier. Résultats obtenus au Sud de Paris. *Acta oecologica. Oecol. General*, 4: 359-374.
- PRABHOO, N.R., 1976. Soil microarthropods of a virgin forest and adjoining tea fields in the western ghats in Kerala. A brief ecological study. *Oriental Insects*, 10: 435-442.
- PRAT, B. & MASSOUD, Z., 1980. Etude de la communauté des collemboles dans un sol forestier. I. Structure du peuplement. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 17: 199-216.
- 1981. Etude de la communauté des collemboles dans un sol forestier. II. Evolution du peuplement. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 18: 59-76.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W., 1963. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, Urbana.
- SIMÓN, J.C. & LUCIÁÑEZ, M.J., 1990. Estudio colembológico de diferentes pastizales de la Sierra de Ayllón, con descripción de dos nuevas especies (Insecta, Collembola). *Eos*, 66 (1): 67-77.
- SIMPSON, E.H., 1974. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.