

## UNA APROXIMACIÓN AL USO DE TAXONES DE ARTRÓPODOS COMO BIOINDICADORES DE CONDICIONES EDÁFICAS EN AGROSISTEMAS

Julio Arroyo<sup>1</sup>, Juan Carlos Iturrondobeitia<sup>2</sup>, Ana Isabel Caballero<sup>2</sup>  
& Salvador González-Carcedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Área de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Universidad de Burgos. Universidad de Burgos (UBU) Plaza Misael Bañuelos s/n 09001 Burgos, Castilla. — juah@beca.ubu.es (J. Arroyo)

<sup>2</sup> Departamento de Zoología y DCA. Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco. Universidad del País Vasco (UPV-EHU) 48080 Bilbao (Vizcaya).

**Resumen:** En este trabajo se presenta el listado faunístico de los grupos de micro y mesoarthropods (identificados a nivel de familia) de nueve parcelas de cultivo de secano que tienen un tratamiento diferencial por su tipo de fertilización o manejo agrícola. También se ofrece la relación de los valores de los parámetros químicos (incluidos metales pesados) medidos en los suelos.

Se ha realizado un Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) sobre las abundancias de los taxones y las variables químicas edáficas para inferir resultados de bioindicación de las condiciones ambientales particulares de las parcelas utilizando la fauna edáfica presente en ellas.

Los ácaros oribátidos, al contrario que en suelos no antropizados, no constituyen el grupo edáfico más abundante. Las familias Oppiidae (Oribatida), Eupodidae (Actinedida) y Ascidae (Gamasida) pudieran ser, en una primera aproximación para un muestreo puntual de bloques, taxones bioindicadores de bajos niveles de metales pesados en el medio.

**Palabras clave:** microarthropods, ácaros, colémbolos, oribátidos, bioindicación, metales pesados, cultivos, agrosistemas, enmiendas orgánicas

### An approach to the use of arthropod taxa as bioindicators of edaphic conditions in agroecosystems

**Abstract:** In this paper we present the faunistic list of micro and mesoarthropod groups found in nine dry crop plots with a differential treatment based on the kind of fertilization or the different land management. The results of several chemical parameters in the soils are given too, including the heavy metals values.

A Canonical Correspondence Analysis (CCA) was made with the values of the absolute abundances of taxa and those of the chemical parameters, in order to draw bioindicative conclusions from the edaphic environmental conditions of the experimental plots on the basis of the inhabiting biota.

Oribatid mites, unlike the situation found in natural soils, are not the most abundant edaphic group. The Oppiidae (Oribatida), Eupodidae (Actinedida) and Ascidae (Gamasida) could be, in a first approach for a random block sampling, bioindicators for low concentrations of heavy metals in soils.

**Key words:** microarthropods, mites, springtails, oribatids, bioindication, heavy metals, crops, agroecosystems, organic amendments.

## Introducción

Una de las alteraciones más importantes de los suelos está causada por la introducción de cultivos y las técnicas agrícolas que ello implica, que pueden llegar a dejar un suelo prácticamente vacío desde el punto de vista de los microarthropods edáficos (SUBÍAS *et al.*, 1985). Las rotaciones, uso de pesticidas... y otras prácticas derivadas del uso agronómico del suelo pronto eliminan especies sensibles a la desecación y destrucción de sus microhábitats, como ocurre con los ácaros oribátidos (Acari, Oribatida) que poseen generalmente un ciclo de vida superior a un año (EDWARDS & LOFTY, 1969).

Las prácticas de cultivo alteran la composición de las comunidades bióticas edáficas, siendo el número de especies y la diversidad de artrópodos mayores en praderas y terrenos forestales que en suelos con laboreo (CURRY, 1986). El grupo de los ácaros oribátidos, como ya se ha mencionado, es uno de los más afectados en su abundancia y diversidad (BEHAN-PELLETIER, 1999).

En todo el mundo los trabajos que versan sobre la utilización de invertebrados como bioindicadores de la repercusión de los usos y agresiones a los suelos son numerosos y diversos (GIL-MARTÍN & SUBÍAS, 1995). Los ácaros han sido recientemente utilizados como “bioindicadores” en el sistema edáfico y, dentro de ellos los oribátidos especialmente, son usados en bioindicación por sus características adecuadas a este tipo de estudios (LEBRUN & VAN STRAALLEN, 1995; STANOU & ARGYROPOULON, 1995).

La respuesta de los diferentes grupos de invertebrados hasta ahora usados como bioindicadores se da a muy diversas condiciones de estrés o alteración y bajo diversas formas: a un nivel taxonómico alto (familia) o bajo (especie), a diferentes niveles funcionales (hervíboros, detritívoros), a diferentes niveles de estructuración ecológica (comunidad, ecosistema), a un nivel reproductivo, bioquímico... etc (PAOLETTI *et al.*, 1991).

**Tabla I.** Descripción del área de estudio  
**Table I.** Description of the study area.

Parcela Código	Cultivo	Fertilización	Otros Datos
Q	Cebada (anual)	Inorgánica (NPK)	Quemado del rastrojo
SS	Sin cultivar	No	Roturación anual del medio edáfico
B	Cebada (anual)	Inorgánica (NPK)	Barbecho anual
P	Cebada (anual)	No	
RSU	Cebada (anual)	Orgánica (residuo sólido urbano de vertedero)	RSU añadido al suelo en cantidad de 2,5 kg / m <sup>2</sup>
NPK	Cebada (anual)	Inorgánica (NPK)	Cantidades en función de las necesidades del cultivo
LOD	Cebada (anual)	Orgánica (lodo de depuradora de aguas residuales)	Lodo adicionado en cantidad de 2,5 kg / m <sup>2</sup>
EST	Cebada (anual)	Orgánica (estiércol de origen porcino)	Estiércol empleado en cantidad de 2,5 kg / m <sup>2</sup>
AV	Cebada (anual)	No	Abonado verde con <i>Trigonella foenum-graecum</i> L.

En este contexto, este trabajo ha tenido dos razones principales para su realización: un acercamiento taxonómico a nivel de familias de micro y mesoartropodos en diferentes situaciones antrópicas dentro de un clásico sistema de cultivo cerealista de secano y la realización de una aproximación al uso de dichos taxones como bioindicadores de las condiciones edáficas presentes en el medio y su medición, con el uso de herramientas estadísticas, que como los análisis multivariantes, contribuyen eficazmente a una mejor comprensión de las relaciones existentes entre los factores edáficos y las características de las comunidades de microartropodos edáficos (CANCELADA FONSECA *et al.*, 1995).

### Área de estudio

En Diciembre de 1995 se procedió al muestreo de nueve parcelas experimentales de cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) sobre un suelo arcilloso, con alta conductividad eléctrica y pH ligeramente básico situado en la localidad de Villasandino (Burgos). Dicha localidad presenta un clima continental-mediterráneo y está situada a 860 m de altitud sobre el nivel del mar. Cada una de las parcelas se presentaba contigua a otra y todas ellas tenían una extensión de 150 m<sup>2</sup>.

Las parcelas, que llevaban seis años de continuo tratamiento diferencial, presentaban la caracterización en función de las prácticas agrícolas realizadas, expresadas en la Tabla I.

### Material y métodos

El 11-12-95 se muestrearon simultáneamente en un diseño de muestreo puntual de bloques (sin realización de posteriores réplicas en el tiempo), las nueve parcelas para investigación:

1. Biológica: extracción de la edafofauna de micro y mesoartropodos a 5 cm de profundidad máxima tomando 1000 cm<sup>3</sup> de suelo con un corer metálico (ocho extracciones de 125 cm<sup>3</sup> de volumen, que era la capacidad existente del extractor a esa profundidad de cata), con posterior extracción mediante el sistema de Berlese-Tüllgren en cantidad de 500 cm<sup>3</sup> de suelo por embudo (y por duplicado). La fauna extraída se ha conservado en alcohol de 70° con unas gotas de ácido láctico para su posterior identificación (nivel taxonómico de familia) mediante lupa y microscopio y el uso de diversa bibliografía (KRANTZ, 1978; BARRIENTOS, 1988; JORDANA &

ARBEA, 1989; DINDAL, 1990). Algunos taxones fueron conservados en portas con líquido de montaje de Hoyer (preparaciones semipermanentes).

2. Química: determinación de diversos parámetros químicos edáficos siguiendo metodología de PAGE (1986). Se tomó la muestra de suelo (alrededor de 1000 cm<sup>3</sup>) a máxima profundidad de 5 cm, como en la extracción biológica, e inmediatamente fue llevado al laboratorio donde se secó al aire durante 48 h y posteriormente fue tamizado a 2 mm para su almacenamiento. Con las muestras de suelo en días sucesivos se realizaron las medidas de los parámetros edáficos por triplicado y corrigiendo el factor de humedad existente utilizando los protocolos descritos en la bibliografía mencionada.

Se ha procedido al cálculo del índice de diversidad de Shannon (H'), utilizando el programa informático BioDiversity Pro.V.1997.

Se ha realizado así mismo un Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) con la matriz de datos parcelas-taxones y la matriz de parámetros químicos edáficos, mediante el paquete informático CANOCO v. 1.3. Con ello se establecieron las relaciones existentes entre los taxones y los parámetros de las parcelas estudiadas (TER BRAAK, 1987). El ACC es una combinación de métodos de ordenación y de regresión múltiple y se usa como técnica exploratoria donde mediante una ordenación de factores abióticos, parcelas y taxones se detecta la variación de la comunidad con el ambiente. Los ejes sobre los que la ordenación se realiza se extraen mediante combinaciones lineales de los factores ambientales. El diagrama de ordenación que resulta nos muestra gráficamente las relaciones entre las tres variables (parcelas, taxones y parámetros químicos) y se define por la posición en que se sitúan tanto las parcelas como los taxones y los vectores de los abióticos, que por su longitud indican la importancia del parámetro en el análisis y por su dirección y sentido el gradiente de influencia del mismo (ITURRONDOBEITIA & SALOÑA, 1991).

### Resultados y discusión

Los valores de los parámetros químicos medidos en las parcelas experimentales se presentan en la Tabla II.

Se han obtenido un total de 1398 individuos repartidos en 28 familias.

Los resultados faunísticos (Tabla III) parecen mostrar un claro incremento en la fauna artropodiana en parcelas

**Tabla II.** Resultado de los parámetros químicos medidos en las nueve parcelas experimentales.  
**Table II.** Results of chemical parameters in the nine experimental plots.

	Q	RSU	SS	AV	EST	P	NPK	B	LOD
M. orgánica (%)	3,620	3,275	3,460	3,625	3,885	3,745	3,265	3,390	4,225
pH (1:5 en agua)	8,045	7,866	8,080	8,280	8,465	8,150	8,025	8,185	8,010
Cond. (mS/cm) ■	255	350	280	247	412	284	326	274	503
CCC (mEq/kg s.s.) ○	102,85	129,28	91,42	152,85	152,14	157,14	100,71	110,71	355
N-NH <sub>4</sub> (g / kg s.s.) □	0,0018	0,0140	0,0044	0,0142	0,0326	0	0,0011	0,0016	0,0135
N-NO <sub>3</sub> (g / kg s.s.) □	0,0300	0,0560	0,0380	0,0485	0,1020	0,0293	0,0729	0,0628	0,1967
P total (mg/kg s.s.) □	662,33	790,11	789,43	731,04	782,57	705,22	748,28	620,20	812,60
P inorg (mg/kg s.s.) □	326,28	376,59	460,04	373,38	407,94	484,19	406,55	401,28	341,35
K (mg / kg s.s.) □	11617,2	12677,6	10730,0	10240,2	16677,0	14686,5	11630,0	13777,6	15587,6
Na (mg / kg s.s.) □	608,76	2607,1	587,99	480,12	795,50	410,80	481,32	430,56	640,89
Cd (ppm) ●	15,17	15,98	15,35	14,52	15,05	13,76	17,64	16,71	15,42
Cu (ppm) ●	22,02	49,85	12,38	6,87	46,06	23,35	22,57	31,66	39,04
Ni (ppm) ●	33,99	51,68	34,68	37,90	44,67	33,88	46,75	34,47	46,99
Pb (ppm) ●	37,94	91,35	29,23	31,42	48,04	32,78	36,38	26,63	60,67
Zn (ppm) ●	46,03	100,04	44,04	38,54	50,32	42,62	48,89	43,84	59,53
Cr (ppm) ●	37,94	58,68	23,53	20,92	34,22	25,19	32,89	23,18	46,50
Al (ppm) ●	1941,0	29392,7	9715,6	6628,0	11569,5	8942,3	17543,8	9028,5	29791,6
Fe (ppm) ●	1941,08	3116,53	1504,10	1341,22	1563,91	1559,44	2023,03	1866,86	3655,44
Mn (ppm) ●	203,09	212,85	217,10	210,03	244,81	198,17	236,14	211,83	201,57
Caliza activa (‰)	22,96	20,67	28,70	9,745	16,65	28,95	27,47	18,38	14,35
Carbonatos(%)	6,24	5,81	8,11	4,04	5,69	6,71	11,33	6,79	3,74

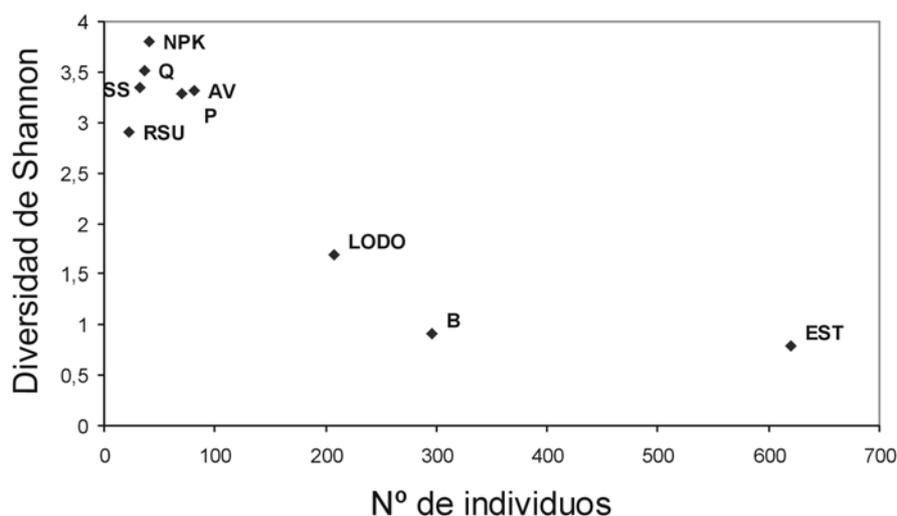
- (kg s.s = kilogramo de suelo seco)
- (CCC = capacidad de intercambio catiónico en mEq = miliequivalentes)
- (mS = microsiemens )
- (ppm = partes por millón)

**Tabla III.** Listado faunístico, diversidad de las parcelas y abundancias de los taxones de micro y mesoarthropodos encontrados en las diferentes suelos.

**Table III.** Faunistics list, diversity of plots and abundance of micro and mesoarthropods taxa found in the experimental soils.

Clase / Orden	Subordenes	Familias	Q	RSU	SS	AV	EST	P	NPK	B	LOD
Subc. Acari	Gamasida	Rhodocariidae	3	4	7	5	7	10	4	6	6
		Ologamasidae	1	0	0	1	2	1	0	1	2
		Pachylaelapidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		Ascidae	1	0	1	4	2	2	0	1	5
		Laelapidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		Uropodidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		Juveniles	0	3	1	2	4	1	2	0	1
	Acaridida	Acaridae	7	5	2	7	564	6	3	257	149
		Actinedida	Eupodidae	3	2	2	23	2	13	7	4
	Oribatida	Juveniles	2	3	6	3	2	7	2	16	4
		Oppiidae	0	0	2	0	1	12	5	3	0
		Passalozetidae	1	0	0	1	1	1	0	3	0
O.Collembola	Arthropleona	Tectocephidae	0	0	0	1	4	0	2	0	1
		Onychiuridae	0	2	2	8	7	6	3	2	2
		Isotomidae	7	0	2	10	6	6	2	1	23
		Neanuridae	0	0	0	3	4	0	1	0	1
		Entomobryidae	2	0	1	1	0	0	1	0	1
	Symphyleona	Hypogastruridae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
O.Coleoptera	Sminthuridae	Sminthuridae	0	2	0	2	1	0	1	0	0
		Larvas	3	2	4	1	6	3	0	0	2
		Curculionidae	1	0	1	1	2	2	2	1	0
C.Pauropoda	Staphylinidae	Staphylinidae	2	0	0	0	1	0	0	1	0
		Pauropodidae	1	0	0	1	2	0	1	0	0
C.Symphyla	Brachypauropodidae	Brachypauropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Scolopendrellidae	0	0	1	0	0	0	2	0	0
O.Thysanotera	Thripidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
O.Hemiptera			0	0	0	0	0	0	1	0	0
O.Diptera	Nematocera		0	0	0	0	1	0	0	0	0

<b>Nº Individuos</b>	<b>36</b>	<b>23</b>	<b>32</b>	<b>74</b>	<b>620</b>	<b>70</b>	<b>40</b>	<b>296</b>	<b>207</b>
<b>Nº taxones</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>15</b>
<b>Div. (H')</b>	<b>3,52</b>	<b>2,91</b>	<b>3,34</b>	<b>3,32</b>	<b>0,79</b>	<b>3,28</b>	<b>3,8</b>	<b>0,92</b>	<b>1,69</b>



**Fig. 1.** Abundancias absolutas (número de individuos) y diversidad de Shannon ( $H_s$ ) en las parcelas de muestreo (véase Tabla I).

**Fig. 1.** Absolute abundances and Shannon's diversity in the experimental plots (see Table I).

abonadas con dos tipos de enmiendas orgánicas (estiércol de origen porcino y lodo procedente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de la ciudad de Burgos o lodo EDAR compostado) y en la parcela en proceso de barbecho respecto a parcelas sin abonado orgánico o frente a aquellas con uso exclusivo de enmiendas inorgánicas, así como unos valores bajos de diversidad. Estos resultados concuerdan con trabajos recientes realizados con lodos (u otras enmiendas orgánicas) en relación con las poblaciones de artrópodos (ANDRÉS, 1999; BEHAN-PELLETIER, 1999).

Los ácaros (con excepción de oribátidos) son el grupo de artrópodos con mayor abundancia en todas las parcelas, con gran diferencia sobre el segundo grupo más abundante (colémbolos) en cada una de las estaciones muestreadas (excepto en SS). La presencia de otros grupos de micro y mesoartrópodos es muy escasa.

Destaca la gran abundancia de ácaros de la familia Acaridae (Acari, Astigmata) en parcelas con adicción de abonos orgánicos como lodo o estiércol y en la parcela que sigue un tratamiento de barbecho. El hecho de aparecer elevadas poblaciones de ácaros del suborden Astigmata en suelos como resultado de actividades humanas (cultivo, fertilización orgánica...) ha sido confirmado en estudios previos (WEIL & KROONTJE, 1979; PHILIPS, 1990). Sin embargo, las parcelas denominadas NPK y Q, si bien sufren fertilización inorgánica con el abono denominado NPK no parecen incrementar sus poblaciones a pesar de haber recibido dicho producto.

El elevado contenido en materia orgánica del lodo y el estiércol favorece las propiedades físico-químicas del suelo y proporciona una fuente energética que probablemente explica el gran incremento acontecido de las poblaciones de micro y mesoartrópodos (SORT & ALCANIZ, 1996; AL-ASSIUTY *et al.*, 2000).

La parcela abonada con RSU (materia orgánica de gran heterogeneidad) presenta escasez de artrópodos quizá debido a su bajo pH y alto contenido de diversos metales pesados, que puede alterar las comunidades microbianas edáficas e interferir en las cadenas tróficas.

Los colémbolos (Insecta, Apterygota, Collembola) son abundantes en la parcela AV, pues su tratamiento de abonado verde con enterramiento de un cultivo de cubierta

invernal de la especie *Trigonella foenum-graecum* L., favorece una elevada presencia de materia orgánica en descomposición en los primeros centímetros del medio edáfico que estimula la proliferación de la microflora, la cual constituye la dieta habitual de la mayoría de especies de estos microartrópodos. También presentan una abundancia remarcable en las parcelas abonadas con enmiendas como estiércol o lodo EDAR.

Los ácaros del suborden Oribatida destacan sólo en la parcela patrón (P) más cercana por su ausencia de tratamientos a suelos naturales donde este grupo faunístico resulta ser el grupo de ácaros más abundantes. La densidad de individuos encontrados es similar a la dada en otros trabajos realizados en agroecosistemas (KETHLEY, 1990).

Los resultados del índice de Shannon (Tabla III) informan de la pérdida de diversidad de las comunidades presentes en suelos fuertemente antropizados (parcelas con adicción de enmiendas orgánicas y parcela en barbecho frente a las menos alteradas con prácticas agrícolas). Este hecho se refleja en la figura 1 donde la mayor abundancia de individuos significa menor diversidad por la dominancia de los Acaridae.

El Análisis Canónico de Correspondencias aplicado (ACC) es de tipo unimodal (dado que la longitud de gradiente LG es . 3) y directo (pues incluye dos tipos de variables: de los taxones y parámetros químicos) según TER BRAAK (1987).

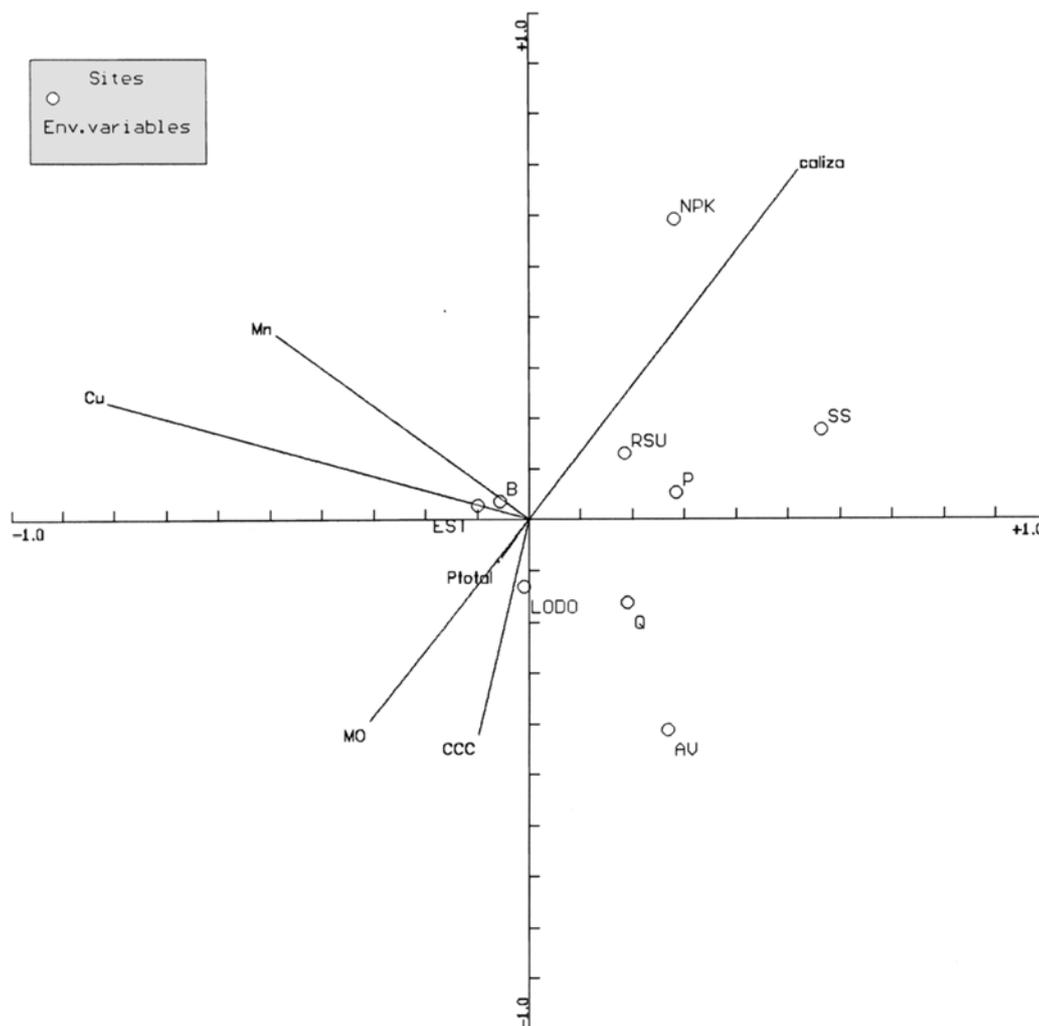
De los 21 parámetros químicos considerados (Tabla II), se eligen seis en función de sus mayores longitudes vectoriales y sus menores factores de inflación. Los parámetros que ejercen una mayor influencia en la caracterización de las diversas parcelas y en la distribución diferencial de la fauna, son: materia orgánica (MO), fósforo total (P total), cobre (Cu), manganeso (Mn), capacidad de intercambio catiónico (CCC) y caliza activa (caliza).

En las representaciones del ACC se opta por trabajar con los dos primeros ejes debido a que con ellos se explica un alto porcentaje de la varianza (el 74,9 % de la acumulada con datos faunísticos y químicos y el 60,7 % de la varianza con sólo datos biológicos) (Tabla IV).

En la representación formada por los parámetros químicos y las parcelas muestreadas (Fig. 2) se aprecia la

**Tabla IV.** Estadísticos de Análisis Canónico de Correspondencias (ACC).  
**Table IV.** Summary statistics of Canonical Correspondence Analysis (CCA).

Ejes	1	2	3	4	Total
Valores propios	0,469	0,113	0,083	0,069	0,957
Correlaciones taxones-parámetros	0,966	0,978	0,96	0,947	
Porcentaje acumulado de varianza:					
- de los datos de los taxones	48,9	60,7	69,4	76,7	
- de la relación taxones-parámetros	60,4	74,9	85,7	94,6	
Suma de todos los valores propios no obligados					0,957
Suma de todos los valores propios canónicos					0,776



**Fig. 2.** Análisis Canónico de Correspondencias (parcelas y parámetros químicos)  
**Fig. 2.** Canonical Correspondence Analysis (plots and abiotic parameters).

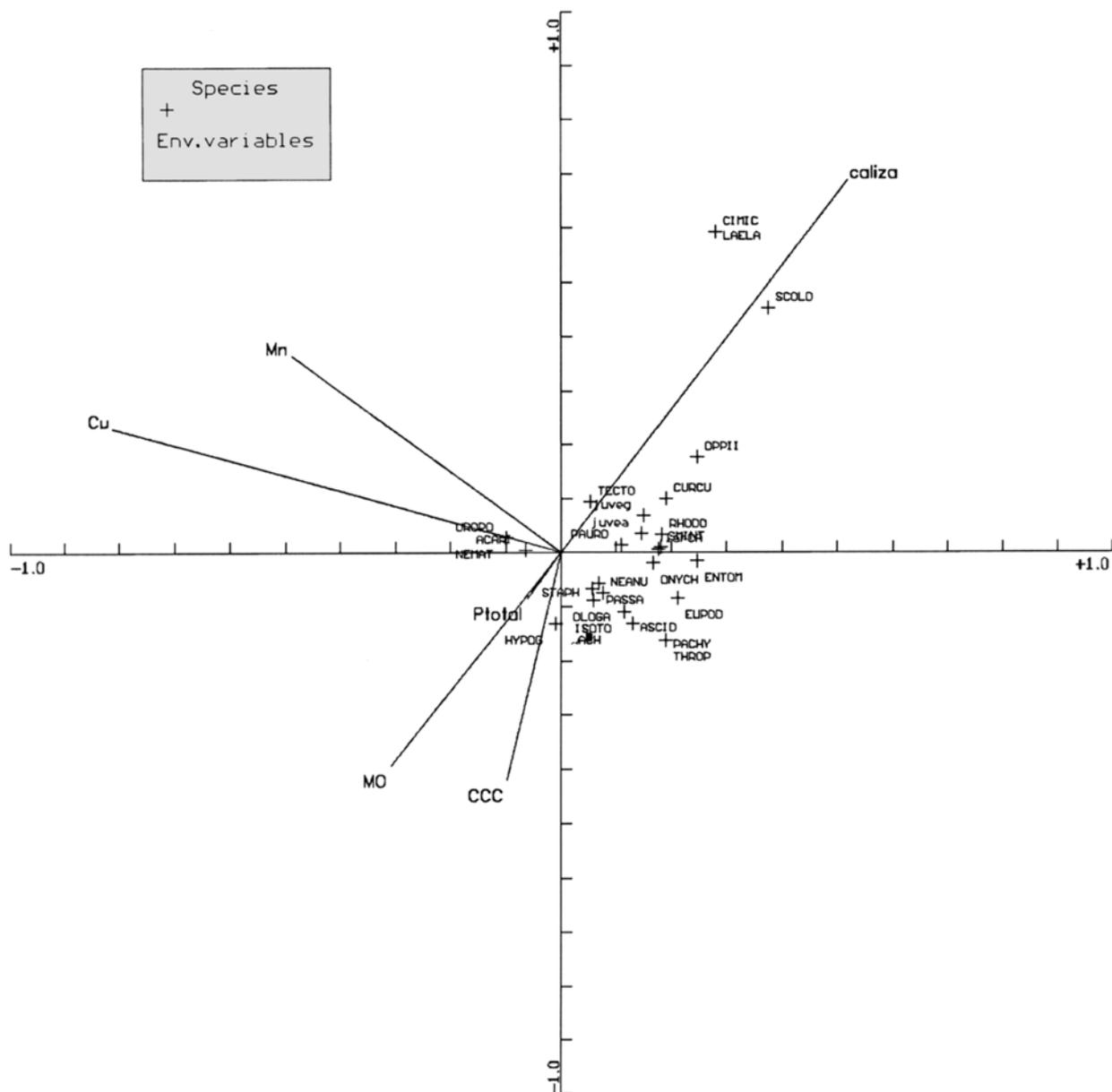
estrecha relación entre las parcelas EST y B que está influenciada en gran medida por el Cu y el Mn así como por la abundancia de acaríidos (Acari, Acaridida) como su taxón más representativo (Fig. 2). La parcela EST presenta en exclusividad dos taxones (Uropodidae y Nematocera) que aparecen de modo puntual en el conjunto del muestreo con mínima representatividad. En éstas parcelas la materia orgánica también ejerce gran influencia aunque menor que en la estación de muestreo abonada con lodo de depuradora.

La alta influencia del Cu en la parcela EST se explica por el alto contenido en dicho elemento de los piensos utilizados como alimento del ganado porcino (origen del estiércol usado como enmienda orgánica en la parcela).

Las parcelas Q y AV representadas en un gradiente opuesto al Cu y Mn presentan escasa presencia de dichos metales pesados.

En general la parcela sometida a un abono verde (AV) es la que presenta menor nivel de casi todos los metales pesados medidos (Tabla II), lo que se aprecia de modo gráfico en su escasa afinidad con éstos y en su alejamiento de las parcelas EST y RSU, si bien en esta última no sólo influye sus tendencias positivas de niveles de metales, sino también su lejanía en el plano, presentando un sentido opuesto a la representación de la materia orgánica.

También se observa la elevada afinidad de las parcelas SS y NPK por elevados contenidos de caliza activa



**Fig. 3.** Análisis Canónico de Correspondencias (parámetros químicos y taxones).  
**Fig. 3.** Canonical Correspondence Analysis (faunistic groups and abiotic parameters)

(definida como aquellas fracciones de caliza que por su menor tamaño < 50  $\mu\text{m}$  son más activas químicamente y pueden alterar el normal desarrollo vegetal).

Del total de taxones, sólo se tuvieron en cuenta para inferir conclusiones aquellos con presencia considera relativamente abundante en el muestreo para evitar que familias con aparición escasa o puntual interfirieran en la discusión de los resultados, pudiéndose deber su presencia a la casuística o al azar (Tabla III). La representación en el plano de los taxones y los parámetros seleccionados en el análisis se dispone en la Figura 3.

La tendencia de los ópidos (Acari, Oribatida, Oppiidae) a estar presentes en las parcelas P y NPK (ambas con escasos niveles de metales pesados en suelo) parece confirmar la idea de emplear el grupo de oribátidos como bioindicadores de determinadas condiciones ambientales

naturales (en este caso la baja tolerancia de los ópidos a niveles elevados de metales pesados en el medio edáfico).

Los acaríidos (Acari, Acaridida, Acaridae) no resultaron afectados en su abundancia por el alto gradiente de metales pesados como el Cu y el Mn, presentando alta tolerancia hacia ellos, al contrario que eupódidos (Acari, Actinedida, Eupodidae), áscidos (Acari, Gamasida, Ascidae) y ópidos, los cuales problemamente pueden ser considerados taxones bioindicadores de escasos contenidos de metales pesados, a falta de confirmarlo con estudios de mayor temporalidad y presencia de replicas para considerarlos con fiabilidad estadística.

Los colembolos de la familia Isotomidae (Insecta, Collembola, Arthropleona) resultaron favorecidos en su abundancia por elevados niveles de C.C.C. y materia orgánica (afinidad por la parcela LOD). Los coleópteros

(Insecta, Coleoptera) en conjunto (adultos y larvas) no ven influenciados en gran medida por ninguna variable, si bien presentan cierta afinidad por terrenos con elevados porcentajes de materia orgánica y sin excesivos contenidos de Cu y Mn.

Los oniquiúridos (Collembola, Arthropleona, Onychiuridae) no marcan en el análisis unas determinadas tendencias, estando presentes en todas las parcelas consideradas (excepto Q) y ofreciéndonos información de su alta valencia ecológica (taxón eurioico).

Aunque los taxones Scolopendrellidae, Cimicomorpha y Laelapidae definen claramente a la parcela NPK alejándose bastante en la representación del centro del diagrama, pudiendo indicar estrecha afinidad por unas condiciones concretas del medio, su escasa abundancia impide realizar aproximaciones bioindicadoras válidas. Su presencia puntual puede ser debida al azar o a presentar una muy escasa valencia ecológica (taxones estenoicos).

### Bibliografía

- AL-ASSIUTY, A.I.M., M. A. KHALIL & H. M. ABDEL-LATEIF 2000. Effects of dry sludge application on soil microarthropod communities in a reclaimed desert ecosystem. *Pedobiologia*, **44**: 567-578.
- ANDRÉS, P. 1999. Ecological risks of the use of sewage sludge as fertilizer in soil restoration: effects on the soil microarthropod populations. *Land Degrad. Develop.*, **10**: 67-77.
- BARRIENTOS, J. A. 1988. *Bases para un curso práctico de Entomología*. Asoc. esp. Entomol. Universidad de Salamanca (Publ).
- BEHAN-PELLETIER, V. M. 1999. Oribatid mites biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **74**: 411-423.
- CANCELA DA FONSECA, J.P., G. BOUDJEMA, S. SARKAR, S. & J. M. JULIEN 1995. Can statistical analysis improve our knowledge about relationships between environmental factors and soil microarthropods communities? In: Edwards, C.A., Abe, T. & Striganova, B.R. (Eds.) *Structure and Function of Soil Communities*. Kyoto University Press, Kyoto, pp: 42-51.
- CURRY, J. P. 1986. Effects of management on soil decomposers and decomposition processes in grassland. In: Mitchell M.J. & Nakas J.P. (Eds.) *Microfloral and faunal interactions in natural and agroecosystems*. Nijhoff / Junk Publishers, Dordrecht, pp: 349-398.
- DINDAL, D.L. 1990. *Soil Biology Guide*. Wiley Interscience, New York, 1349 pp.
- EDWARDS, C.A. & J. R. LOFTY 1969. The influence of agricultural practice on soil microarthropod populations. In: Sheals, J.G. (Ed.) *The Soil Ecosystem*. Systematics Association Publication, n° 8, pp: 237-247.
- GIL-MARTÍN, J. & L. S. SUBÍAS 1995. El estudio de los Ácaros Oribátidos en España: estado actual del conocimiento y su utilización como bioindicadores edáficos. *Historia Natural*, **93**: 383-392.
- ITURRONDOBEITIA, J. C. & M. SALOÑA 1991. Estudio de las comunidades de oribátidos (Acari, Oribatei) de varios ecosistemas de Vizcaya y una zona próxima: 4. Relación entre fauna y factores del suelo. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, **28** (4): 443-459.
- JORDANA, R. & J. I. ARBEA 1989. Clave de identificación de los géneros de colémbolos de España (Insecta: Collembola). *Publ. Biol. UNAV, S. Zool.*, **19**: 1-16.
- KETHLEY, J. 1990. In: Dindal D.L. (Ed.) *Soil Biology Guide*. Wiley Inters., pp: 667-756.
- KRANTZ, G.W. 1978. *A manual of Acarology*. Oregon State University Book Stores, Inc., 743 pp.
- LEBRUN, P. & N. M. VAN STRAALLEN 1995. Oribatid mites: a prospect for their use in ecotoxicology. *Exp. Appl. Acarol.*, **19**: 361-379.
- PAOLETTI, M.G., M. R. FAVRETTO, B. R. STINNER, F. F. PURINGTON & J. E. BATER 1991. Invertebrates as bioindicators of soil use. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **34**: 341-362.
- PAGE, A.L. 1986. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. SSSA Monograph n° 9, Madison WI.
- PHILIPS, J. R. 1990. Acarina: Astigmata (Acaridae). In: Dindal D.L. (Ed.) *Soil Biology Guide*. Wiley Inters., pp: 757-778.
- SORT, X. & J. M. ALCAÑÍZ 1996. Contribution of sewage sludge to erosion control in the rehabilitation of limestone quarries. *Land Degrad. Dev.*, **7**: 69-76.
- STANOU, G.P. & M. D. ARGYROPOULON 1995. A preliminary study of the effect of Cu, Pb and Zn contamination of soils on community structure and certain life-history traits of oribatids from urban areas. *Exp. Appl. Acarol.*, **19**: 381-390.
- SUBÍAS, L.S., E. RUIZ & M. E. MINGUEZ. 1985. Aportación al conocimiento de las comunidades de oribátidos (Acari) del erial mediterráneo. *Actas II Congr. ib. Entom.*, pp: 389-398.
- TER BRAAK, C. J. F. 1987. *Unimodal models to relate species to environment*. Doc. Th. Agr. Math. Gr. Wagenigen, 152 pp.
- WEIL, R.R. & W. KROONTJE 1979. Effects of manuring on the arthropod community in an arable soil. *Soil Biol. Biochem.*, **11**: 669-679.