

UNIVERSIDAD DE BARCELONA
FACULTAD DE BIOLOGIA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL

COLEMBOLOS (*COLLEMBOLA*, *INSECTA*) EDAFICOS DE ENCINARES DE LA
SERRA DE L'OBAC Y LA SERRA DE PRADES (SIERRA PRELITORAL CATALANA).
EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE ESTOS ARTROPODOS.

TESIS DOCTORAL

E. Mateos

Barcelona, abril de 1992

7.4.- CARACTERIZACION DE LAS COMUNIDADES DE COLÉMBOLOS DE LA PENINSULA IBERICA.

En la Península Ibérica, las zonas más estudiadas, en cuanto a comunidades de colémbolos edáficos se refiere, son algunos puntos de Portugal, la Sierra de Gredos, algún punto del País Vasco, la provincia de Navarra, y algunos puntos de las sierras prelitoral y litoral de Catalunya. Las dos zonas estudiadas en la presente memoria, se corresponden con dos puntos de la sierra Prelitoral Catalana que, junto a un estudio realizado con anterioridad (MATEOS, 1988) en el macizo de Montseny (también perteneciente a la sierra Prelitoral Catalana), forman un transecto norte-sur de tres puntos en encinares de esta cadena montañosa.

En este capítulo nos interesa responder a una serie de cuestiones como son:

- ¿ Existe semejanza entre las taxocenosis de colémbolos de la serra de l'Obac, la serra de Prades y el macizo del Montseny, las tres pertenecientes a encinares de la sierra Prelitoral Catalana ?.
- ¿ Cuáles son las especies de colémbolos características de los suelos de los encinares de la sierra Prelitoral Catalana ?.
- ¿ Qué influye más en la semejanza entre distintas taxocenosis de colémbolos, el tipo de vegetación o la región geográfica ?.

Estas cuestiones las responderemos en base a los datos del presente trabajo y los referentes a otras comunidades de colémbolos estudiadas en diversas localidades de las zonas anteriormente mencionadas de la Península Ibérica.

En total analizaremos 21 comunidades de colémbolos edáficos, con un total de 198 especies en el conjunto de ellas. Los biotopos seleccionados son los indicados en la tabla 7.1. y las especies son las que se indican en el anexo 1. Los análisis de la similitud entre estos biotopos y las especies que en ellos habitan, se han realizado mediante taxonomía numérica.

Son dos los análisis realizados: Uno sobre los biotopos (A) y otro sobre las especies (B).

A - Análisis sobre los biotopos.

Por un lado se ha realizado un Análisis Cluster de los 21 biotopos, tomando como variables la presencia o ausencia de las 198 especies en ellos representadas. Para el cálculo de la matriz de similitudes entre los 21 objetos se ha utilizado el índice binario de Jaccard (ver capítulo 4.4.3 para más detalles).

A	suelo de pinar. Coimbra (Portugal).	GAMA, 1964
B	suelo en bosque de cedros. Buçaco (Portugal).	GAMA, 1964
C	musgos sobre roca. Sierra de Gredos.	ACON Y SIMON, 1979
D	suelo de robledal. Sierra de Gredos.	LUCIANEZ Y SIMON, 1988
E	suelo de pinar. Sierra de Gredos.	LUCIANEZ Y SIMON, 1988
F	suelo de pinar. Navarra.	ARBEA Y JORDANA, 1990
G	prado. Navarra	ARBEA Y JORDANA, 1990
H	musgos en bosque de <i>Quercus petraea</i> . Navarra.	VILLANUEVA Y JORDANA, 1988
I	musgos en bosque de <i>Quercus robur</i> . Navarra.	VILLANUEVA Y JORDANA, 1988
J	musgos en bosque de <i>Quercus pyrenaica</i> . Navarra.	VILLANUEVA Y JORDANA, 1988
K	musgos en bosque de <i>Quercus pubescens</i> . Navarra.	VILLANUEVA Y JORDANA, 1988
L	musgos en bosque de <i>Quercus rotundifolia</i> . Navarra.	VILLANUEVA Y JORDANA, 1988
M	suelo y musgo en prado. Navarra.	ARDANAZ Y JORDANA, 1986
N	suelo y musgo en hayedo. Navarra	ARDANAZ Y JORDANA, 1986
O	suelo y musgo en encinar. Navarra.	ARDANAZ Y JORDANA, 1986
P	suelo de prado litoral. Vizcaya.	Pozo, 1982
Q	suelo de encinar montano. Montseny (Barcelona).	MATEOS, 1988
R	suelo de encinar mixto. Serra de l'Obac (Barcelona).	presente trabajo.
S	suelo de encinar mixto incendiado. Serra de l'Obac (Barcelona).	presente trabajo.
T	suelo de encinar montano. Serra de Prades (Tarragona).	presente trabajo.
U	suelo de encinar montano incendiado. Serra de Prades (Tarragona).	presente trabajo.

Tabla 7.1.- Localidades y biotopos cuya comunidad colembológica ha sido analizada mediante taxonomía numérica. La columna de la izquierda indica los códigos que se utilizarán en las diferentes tablas y figuras. La columna de la derecha indica la procedencia de los datos.

En el dendrograma obtenido (figura 7.21), con un coeficiente de correlación cofenética del 0.91 (ver anexo 1 para los coeficientes de fusión entre los distintos biotopos), se distinguen cinco clusters principales, numerados del 1 al 5 (a nivel de la línea de puntos de la figura), que engloban a los siguientes biotopos:

Cluster principal

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | C | Gredos. Musgos sobre roca. |
| 2 | A | Portugal. Pinar. |
| | B | Portugal. Cedros. |
| | P | Vizcaya. Prado. |
| 3 | F | Navarra. Pinar. |
| | H | Navarra. Quercus. |
| | I | Navarra. Quercus. |
| | M | Navarra. Prado. |
| | K | Navarra. Quercus. |
| | O | Navarra. Encinar. |
| | N | Navarra. Hayedo. |
| | J | Navarra. Quercus. |
| | L | Navarra. Quercus. |
| 4 | D | Gredos. Robledal. |
| | E | Gredos. Pinar. |
| 5 | G | Navarra. Prado. |
| | T | Prades. Sierra Prelitoral Catalana. Encinar. |
| | U | Prades. Sierra prelitoral Catalana. Encinar. |
| | R | Obac. Sierra Prelitoral Catalana. Encinar. |
| | S | Obac. Sierra Prelitoral Catalana. Encinar. |
| | Q | Montseny. Sierra Prelitoral Catalana. Encinar. |

Se observa claramente que la similitud entre biotopos se establece por proximidad geográfica antes que por tipo de biotopo. De esta forma, el cluster principal 2 engloba los biotopos de Portugal mas un prado de Vizcaya, el 3 engloba bosques y prados de Navarra, el 4 bosques de la Sierra de Gredos, el 5 los encinares de la Sierra Prelitoral Catalana más un prado de Navarra, y el 1 un roquedo en la Sierra de Gredos. Este último cluster principal queda muy distanciado de los demás, lo que indica que este biotopo de musgos sobre roca presenta una composición específica de colémbolos claramente diferenciada de los suelos de bosque o de prado.

Los biotopos más próximos (ver anexo 1) son las parcelas control y quemada de la serra de Prades (T y U), y las parcelas control y quemada de la serra de l'Obac (R y S), lo cual refuerza la conclusión de que la proximidad geográfica es lo que marca la similitud entre biotopos antes que el tipo de biotopo.

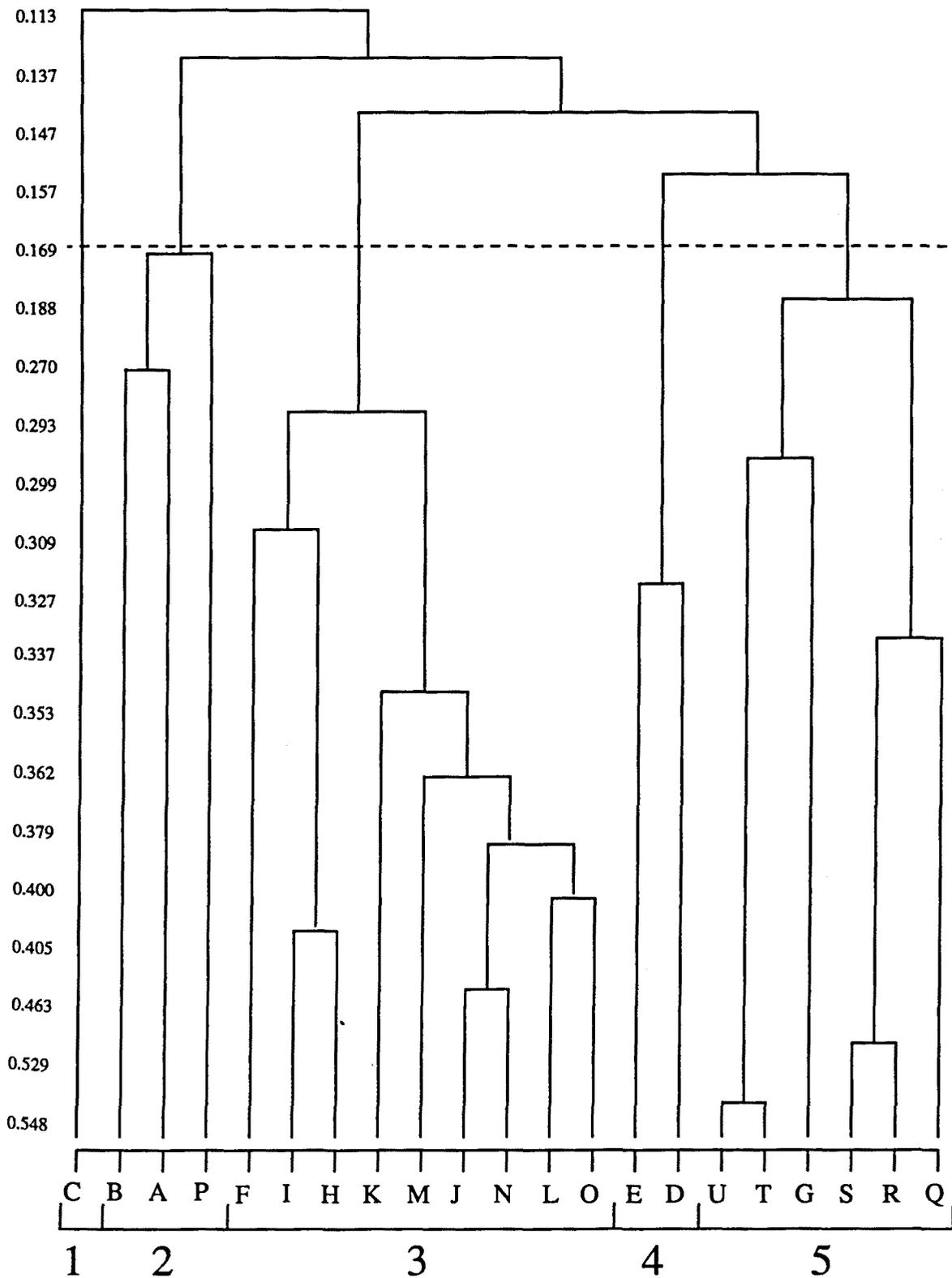


Figura 7.21.- Análisis sobre biotopos. Dendrograma de la matriz de similitudes entre los 21 biotopos en función de la presencia/ausencia de las diferentes especies de colémbolos.

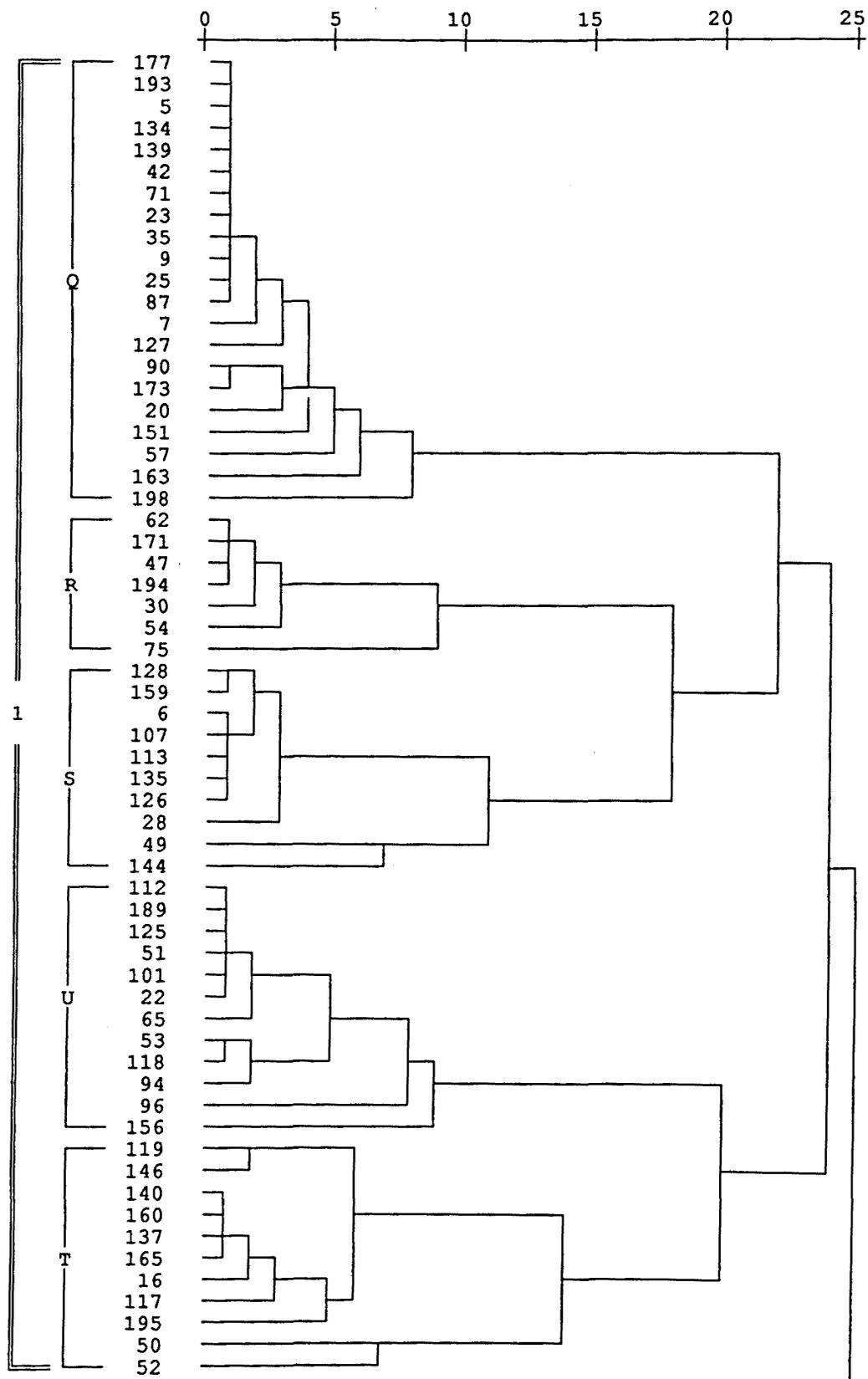


Figura 7.22.- Análisis sobre especies. Dendrograma de la matriz de similitudes entre las 198 especies en base a su abundancia relativa en cada uno de los biotopos. Los códigos numéricos de las especies se indican en el anexo 1. Las letras corresponden a los códigos de biotopo de la tabla 7.1. Los números exteriores son los clusters principales .

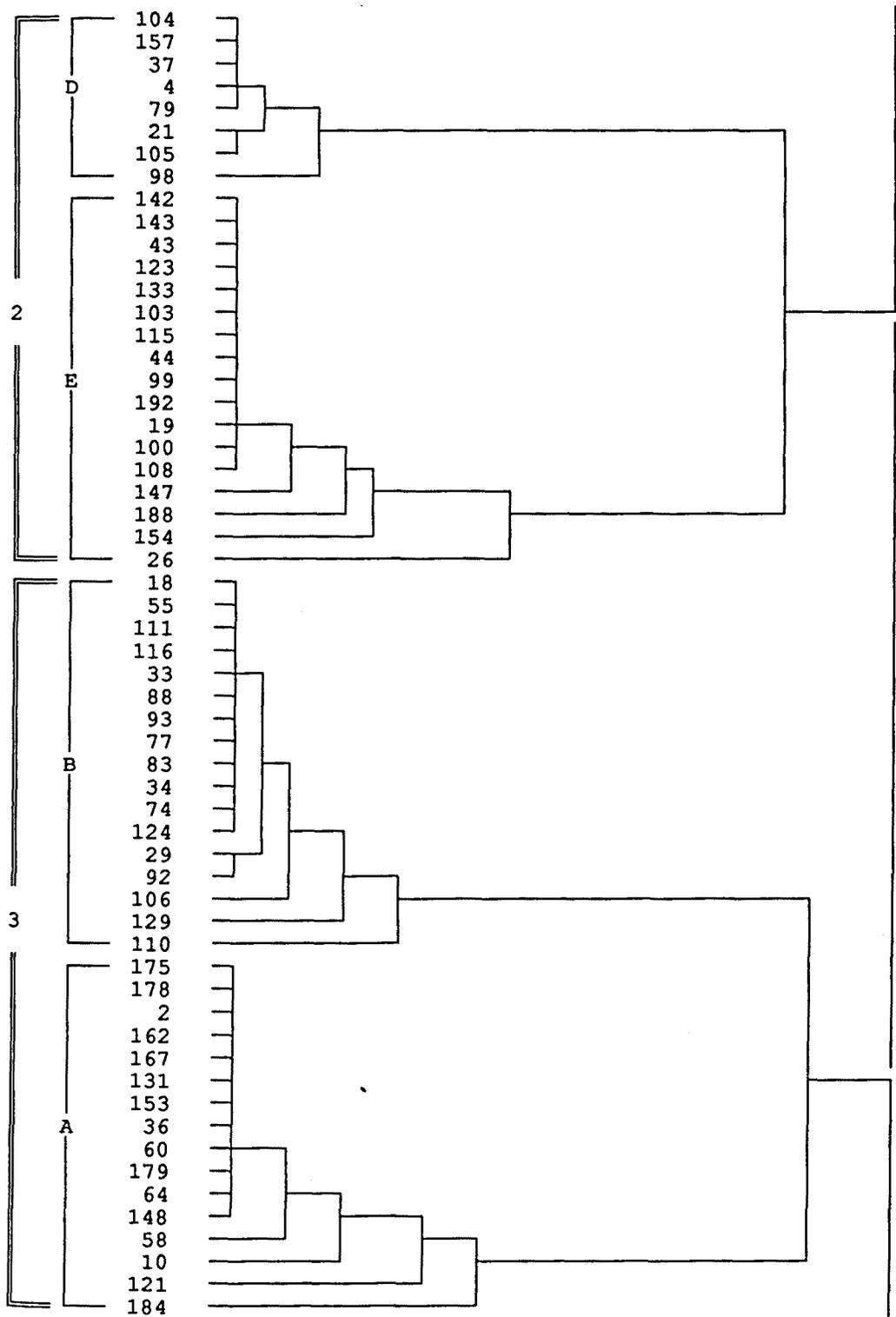


Figura 7.22.- Continuación.

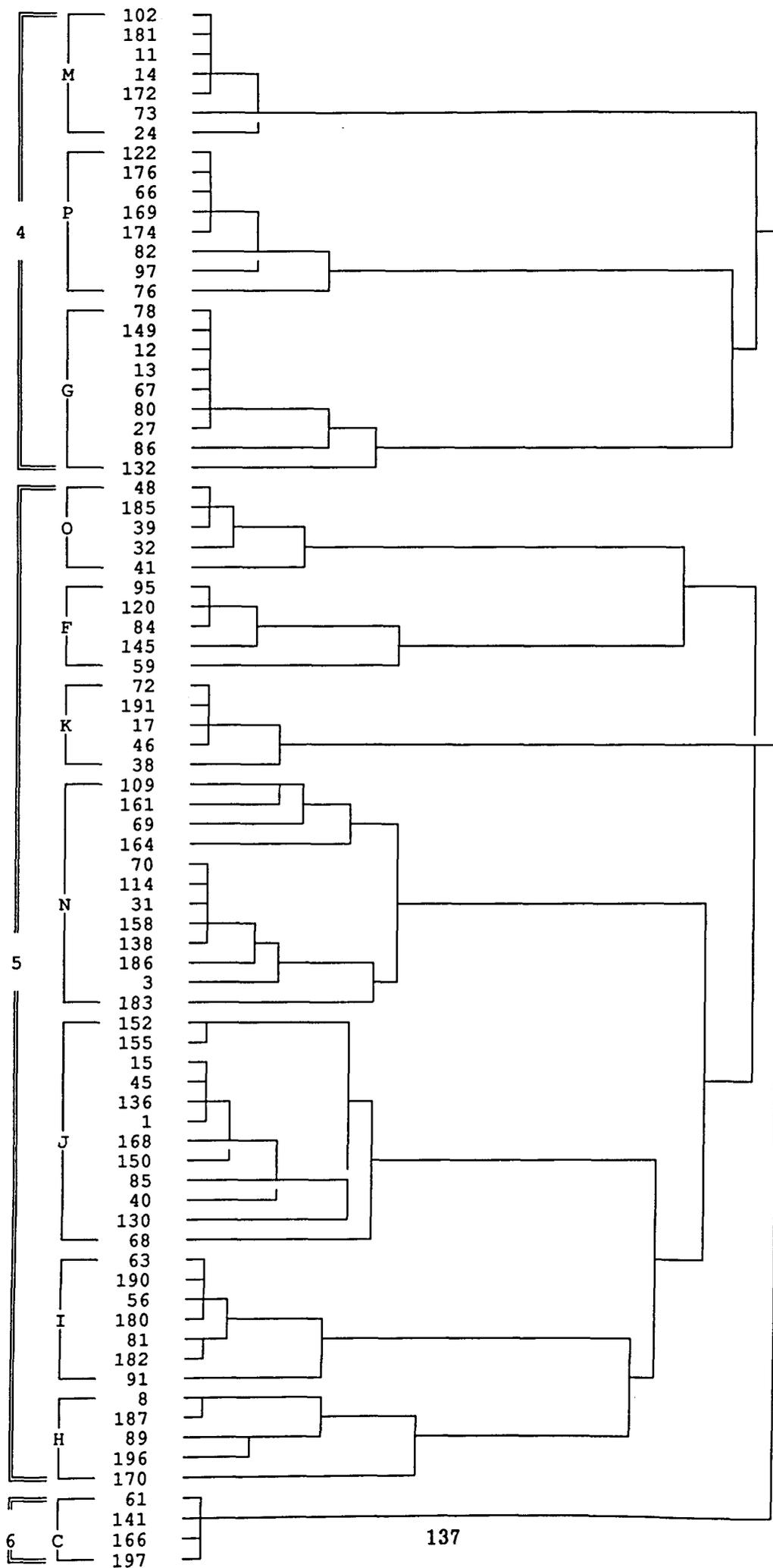


Fig.7.22

Este mismo resultado ha sido obtenido por otros autores (HAGVAR, 1982; ARBEA, 1987), concluyendo que la similitud de las comunidades de colémbolos, y de microartrópodos en general, es mayor entre biotopos distintos de una misma región geográfica, que entre biotopos con las mismas características de lugares geográficamente alejados.

B - Análisis sobre las especies.

Una vez determinada la diferenciación de los encinares aquí estudiados, en cuanto a composición específica, con respecto a otros biotopos, y su proximidad con encinares de la misma región geográfica (Sierra Prelitoral Catalana), es interesante determinar qué especies son las que determinan estas agrupaciones entre biotopos, o lo que es lo mismo, cuáles son las especies de colémbolos que caracterizan cada una de las agrupaciones anteriormente establecidas.

Para ello se ha realizado un Análisis Cluster de las 198 especies, en función de la importancia relativa que tiene cada una de ellas en cada uno de los 21 biotopos analizados. La metodología utilizada en este segundo análisis es la siguiente:

En cada biotopo se ha calculado la abundancia relativa de cada una de las especies en él representadas y se han tomado como variables las 21 abundancias de cada especie. Como índice de similitud se ha utilizado el del coseno, y como método de extracción el UPGMA (ver capítulo 4.4.3 para más información). Este índice es de tipo cuantitativo y no solo tiene en cuenta la presencia o ausencia de una especie en un biotopo dado, sino que discierne además entre especies con una mayor o menor representación en los distintos biotopos.

El dendrograma resultante (figura 7.22) muestra seis clusters principales. En el anexo 1 se indican los coeficientes de fusión de especies para la realización de este dendrograma.

Analizando las especies de máxima similitud (representadas con coeficiente=1 en el anexo 1) de cada uno de estos clusters, observamos que la mayoría de ellas son exclusivas de alguno de los 21 biotopos de origen, lo cual nos permite asignar cada cluster secundario con un biotopo determinado. De esta forma, los seis clusters principales se asignan a las siguientes agrupaciones de biotopos:

Cluster principal

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | Q | Montseny. Sierra Prelitoral Catalana. Encinar. |
| | R | Obac. Sierra Prelitoral Catalana. Encinar. |
| | S | Obac. Sierra Prelitoral Catalana. Encinar. |
| | U | Prades. Sierra Prelitoral Catalana. Encinar. |
| | T | Prades. Sierra Prelitoral Catalana. Encinar. |
| 2 | D | Gredos. Robledal. |
| | E | Gredos. Pinar. |
| 3 | B | Portugal. Cedros. |
| | A | Portugal. Pinar. |
| 4 | M | Navarra. Prado. |
| | P | Vizcaya. Prado. |
| | G | Navarra. Prado. |
| 5 | O | Navarra. Encinar. |
| | F | Navarra. Pinar. |
| | K | Navarra. Quercus. |
| | N | Navarra. Hayedo. |
| | J | Navarra. Quercus. |
| | I | Navarra. Quercus. |
| | H | Navarra. Quercus. |
| 6 | C | Gredos. Musgo sobre roca. |

Aquí también se observa claramente que la similitud entre especies se establece en función de la proximidad geográfica antes que por biotopo: El cluster principal 1 engloba los encinares de la Sierra Prelitoral Catalana, el 2 los bosques de la Sierra de Gredos, el 3 los bosques de Portugal, el 4 los prados, el 5 los bosques del norte, y el 6 los musgos sobre roca. Este último biotopo, al igual que en el dendrograma anterior, queda aislado de los demás biotopos con una composición específica particular.

A diferencia del análisis sobre biotopos, este análisis sobre especies muestra una mayor "finura" en la separación de biotopos, ya que distingue los prados del norte (M, P, G) como una agrupación individualizada, mientras que en el dendrograma anterior estos tres biotopos quedaban diluidos en distintas agrupaciones.

De cada cluster principal, por observación directa en el dendrograma, podemos establecer cuáles son las especies que lo caracterizan frente al resto de clusters principales.

Las especies de colémbolos características de los encinares de la Sierra Prelitoral Catalana serán las que se engloban en los clusters secundarios etiquetados como parcela control de Obac (R), parcela control de Prades (T) y Montseny (Q), más algunas incluidas en las parcelas quemadas pero con buena representación también en los controles (figura 7.22).

De esta forma obtenemos las especies que caracterizan los encinares de la sierra Prelitoral Catalana frente al resto de biotopos analizados, no sólo por la presencia/ausencia, sino por la abundancia relativa que estas especies presentan en los distintos biotopos.

Así, las especies características de los encinares de la sierra Prelitoral Catalana son:

5	Ara	<i>Anurophorus racovitzai</i>
6	Aca	<i>Arrhopalites caecus</i>
7	Ael	<i>Arrhopalites elegans</i>
9	Ate	<i>Arrhopalites terricola</i>
16	Cna	<i>Catalanura natjae</i>
20	Cen	<i>Ceratophysella engadinensis</i>
22	Cte	<i>Ceratophysella tergilobata</i>
23	Cza	<i>Coloburella zangherii</i>
25	Cde	<i>Cryptopygus delamarei</i>
28	Cal	<i>Cyphoderus albinus</i>
30	Ddd	<i>Deutonura deficiens deficiens</i>
35	Dsi	<i>Deutonura similis</i>
42	Ear	<i>Endonura arbasensis</i>
47	Ebi	<i>Entomobrya bimaculata</i>
50	Eni	<i>Entomobrya nivalis</i>
52	Est	<i>Entomobrya strigata</i>
53	Ffi	<i>Folsomia fimetaria</i>
54	Fma	<i>Folsomia manolachei</i>
57	Fpe	<i>Folsomia penicula</i>
62	Ffa	<i>Friesea fagei</i>
65	Fsu	<i>Friesea subterranea</i>
71	Hbo	<i>Hypogastrura boldorii</i>
75	Ino	<i>Isotoma (Parisotoma) notabilis</i>
87	Lmo	<i>Lepidocyrtus montseniensis</i>
90	Lla	<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>
94	Mcr	<i>Mesaphorura critica</i>
96	Mit	<i>Mesaphorura italica</i>
107	Mse	<i>Micranurida sensillata</i>
113	Nhe	<i>Neonaphorura hexaspina</i>
117	Ogi	<i>Odontella gisini</i>
118	Olo	<i>Odontella lolae</i>
119	Ova	<i>Odontella vallvidrerensis</i>
125	Omi	<i>Onychiurus minutus</i>
126	Osi	<i>Onychiurus silvarius</i>
127	Oqu	<i>Orchesella quinquefasciata</i>
134	Pmo	<i>Protaphorura montana</i>
135	Pne	<i>Protaphorura nemorata</i>
137	Ppr	<i>Protaphorura prolata</i>
139	Pqu	<i>Protaphorura quercetana</i>
140	Psh	<i>Protaphorura subhumata</i>
146	Pca	<i>Pseudachorutella catalonica</i>
151	Ppa	<i>Pseudachorutes parvulus</i>
156	Pal	<i>Pseudosinella alba</i>

160	Pil	<i>Pseudosinella illiciens</i>
163	Psu	<i>Pseudosinella subilliciens</i>
165	Rsi	<i>Rusekella similis</i>
171	Sre	<i>Sminthurinus reticulatus</i>
173	Spu	<i>Sphaeridia pumilis</i>
177	Tde	<i>Tetracanthella delamarei</i>
193	Xgr	<i>Xenylla grisea</i>
194	Xma	<i>Xenylla maritima</i>
195	Xsc	<i>Xenylla schillei</i>
198	Xar	<i>Xenyllodes armatus</i>

De estos dos análisis cluster concluimos que las comunidades de colémbolos edáficos de los encinares de las dos localidades muestreadas en el presente trabajo, presentan perfiles específicos que las aproximan entre sí, así como a la comunidad colembológica de los encinares del macizo del Montseny, si se comparan con otras comunidades de diversos biotopos de la Península Ibérica. En general, podemos hablar de un poblamiento característico de los suelos de encinar de la sierra Prelitoral Catalana, que se compone de las especies indicadas más arriba.

Por otro lado, respondiendo a la última pregunta que planteábamos al comienzo del capítulo, vemos claramente que la región geográfica es un factor determinante en la semejanza entre comunidades antes que el tipo de biotopo. Al decir esto, estamos indicando que las comunidades colembológicas de las distintas zonas que hemos considerado de la Península Ibérica, tienen rasgos particulares unas con respecto a otras, mientras que el conjunto ("pool") de especies de cada una de ellas se reparte entre los distintos biotopos, pudiéndose separar claramente los biotopos de bosque frente a los de prado (como ocurre en la zona norte), y frente a biotopos especiales como son los musgos sobre un roquedal (en Gredos).

8.- ESTRUCTURA GLOBAL DE LA COMUNIDAD DE COLEMBOLOS EDAFICOS.

En este capítulo, en primer lugar, se realiza un análisis de los datos globales de cada una de las localidades, con el objeto de ver si las variables tenidas en cuenta en los muestreos se corresponden con una realidad en la naturaleza, o bien no influyen para nada en la distribución de las distintas especies de colémbolos. Se aplicará la metodología explicada en el capítulo 4.4.1.

Seguidamente se analiza, a nivel global, la densidad y riqueza de colémbolos y otros parámetros de diversidad específica, y se comparan los resultados obtenidos con datos procedentes de la bibliografía. También se analiza la estructura de la comunidad colembológica en base a la densidad, abundancia y frecuencia de cada una de las especies individuales, lo cual nos permitirá determinar las especies fundamentales de las distintas taxocenosis estudiadas.

Finalmente se realiza una discusión sobre los efectos generales que han producido los incendios forestales en las comunidades de colémbolos edáficos de los encinares bajo estudio.

Tanto en el presente capítulo como en los que le siguen, se realizarán tablas y figuras en las que se hará mención a las distintas especies de colémbolos en forma de código de tres letras. La primera letra (en mayúscula) se corresponde con la primera letra del nombre genérico, y las otras dos (en minúscula) se corresponden con las dos primeras letras del nombre específico (en caso de duplicación de códigos se ha cambiado la tercera letra por otra del nombre específico). En la siguiente lista se indican, en orden alfabético, los códigos de todas las especies encontradas en las parcelas de las localidades estudiadas:

Aca	<i>Arrhopalites caecus</i>
Ael	<i>Arrhopalites elegans</i>
Aly	<i>Anurophorus lydiae</i>
Bau	<i>Bilobella aurantiaca</i>
Bou	<i>Bourletiella sp.</i>
Bpa	<i>Brachystomella parvula</i>
Cal	<i>Cyphoderus albinus</i>
Car	<i>Ceratophysella armata</i>
Cde	<i>Cryptopygus delamarei</i>
Cen	<i>Ceratophysella engadinensis</i>
Cna	<i>Catalanura natjae</i>
Cte	<i>Ceratophysella tergilobata</i>
Dde	<i>Deutonura deficiens</i>
Dor	<i>Dicyrtomina ornata</i>
Emu	<i>Entomobrya multifasciata</i>
Enb	<i>Entomobrya nivalis+bimaculata</i>
Ens	<i>Entomobrya nivalis+strigata</i>
Equ	<i>Entomobrya quinquelineata</i>
Ffa	<i>Friesea fagei</i>
Ffi	<i>Folsomia fimetaria</i>
Fma	<i>Folsomia manolachei</i>
Fse	<i>Folsomia sexoculata</i>

Fsp *Friesea mirabilis*
 Fsu *Friesea subterranea bioculata*
 Hma *Heteromurus major*
 Ifu *Isotomurus fucicola*
 Imi *Isotomiella minor*
 Ino *Isotoma (P.) notabilis*
 Lla *Lepidocyrtus lanuginosus*
 Llb *Lipothrix lubbocki*
 Lli *Lepidocyrtus lignorum*
 Llu *Lepidocyrtus lusitanicus*
 Lmo *Lepidocyrtus montseniensis*
 Lvi *Lepidocyrtus violaceus*
 Maf *Metaphorura affinis*
 Mcr *Mesaphorura critica*
 Mdu *Microgastrura duodecimoculata*
 Mit *Mesaphorura italica*
 Mma *Mesaphorura macrochaeta*
 Mmi *Megalothorax minimus*
 Mpy *Micranurida pygmaea*
 Mse *Micranurida sensillata*
 Ndu *Neonaphorura duboscqui*
 Nhe *Neonaphorura hexaspina*
 Ogi *Odontella gisini*
 Olo *Odontella lolae*
 Omi *Onychiurus minutus*
 Onc *Oncopodura grupo crassicornis*
 Oqu *Orchesella quinquefasciata*
 Osi *Onychiurus silvarius*
 Ova *Odontella vallvidrerensis*
 Pac *Pachyotoma cf. recta*
 Pal *Pseudosinella alba*
 Pbo *Pseudachorudina bougisi*
 Pca *Pseudachorutella catalonica*
 Pcl *Paratullbergia callipygos*
 Pec *Pseudosinella encrusae*
 Pfa *Pseudosinella fallax*
 Pil *Pseudosinella illiciens*
 Pne *Protaphorura nemorata*
 Ppa *Pseudachorutes parvulus*
 Ppr *Protaphorura prolata*
 Psh *Protaphorura subhumata*
 Psu *Pseudosinella subilliciens*
 Rsi *Rusekella similis*
 Sau *Sminthurinus gr. aureus*
 Spu *Sphaeridia pumilis*
 Sre *Sminthurinus reticulatus*
 Ssp *Sminthurides sp.*
 Wan *Willemia anophthalma*
 Wsc *Willemia scandinavica*
 Xbm *Xenylla brevisimilis mediterranea*
 Xma *Xenylla maritima*
 Xsc *Xenylla schillei*

8.1.- ANALISIS PREVIO DE LOS DATOS.

Aplicaremos aquí la metodología explicada en el capítulo 4.4.1.

En cada localidad, en el conjunto de las parcelas control y quemada, nos interesa testar las cuestiones fundamentales siguientes:

- 1 - E,H,M,P = Ho: Las variables Especie, Horizonte, Mes y Parcela son mutuamente independientes.
 - 1.1 - E,H = Ho: Las variables Especie y Horizonte son independientes.
 - 1.2 - E,M = Ho: Las variables Especie y Mes son independientes.
 - 1.3 - E,P = Ho: Las variables Especie y Parcela son independientes.
- 2 - E,MP = Ho: La variable especie es independiente de la interacción de las variables Mes y Parcela.
- 3 - E,HP = Ho: La variable especie es independiente de la interacción de las variables Horizonte y Parcela.
- 4 - E,MH = Ho: La variable especie es independiente de la interacción de las variables Mes y Horizonte.
- 5 - E,HMP = Ho: La variable especie es independiente de la interacción de las variables Horizonte, Mes y Parcela.

Para resolverlas plantearemos el modelo log-lineal saturado A.

En cada una de las parcelas por separado nos interesa testar las siguientes cuestiones:

- 1 - E,H,M = Ho: Las variables Especie, Horizonte y Mes son mutuamente independientes.
 - 1.1 - E,H = Ho: La variable especie es independiente de la variable Horizonte.
 - 1.2 - E,M = Ho: La variable especie es independiente de la variable Mes.
- 2 - E,HM = Ho: La variable especie es independiente de la interacción de las variables Horizonte y Mes.

Para resolver esto plantearemos en cada parcela el modelo log-lineal saturado B.

Antes de procesar los datos se han eliminado, en cada localidad, aquellas especies cuya presencia anual es igual o inferior a un mes en ambas parcelas.

8.1.1.- Serra del'Obac.

La totalidad de los datos se reúnen en una tabla de contingencia donde las cuatro variables categóricas tienen:

Especie 48 categorías = 48 especies con presencia anual > 1 mes.
Horizonte 3 categorías = Horizontes orgánicos, A11 y A12.
Mes 12 categorías = enero a diciembre de 1987.
Parcela 2 categorías = Control y Quemada.

A - Conjunto de las parcelas Control y Quemada.

Los datos se agrupan en una tabla de $48 \times 3 \times 12 \times 2 = 3456$ casillas, sobre la que aplicamos el modelo loglineal saturado A.

El test de las cuestiones fundamentales planteadas más arriba, en el conjunto de las parcelas control y quemada, ofrece el siguiente resultado:

	g.d.l.	G ²	Prob.	χ^2	Prob.	Iter.
1 - E,H,M,P	3394	19954.85	0.0000	67986.69	0.0000	20
2 - E,MP	3385	26188.94	0.0000	55000.42	0.0000	2
3 - E,HP	3403	21031.87	0.0000	53234.03	0.0000	20
4 - E,MH	3373	25409.13	0.0000	47075.86	0.0000	2
5 - E,HMP	3290	14245.71	0.0000	39765.70	0.0000	2

La repetición del análisis añadiendo la constante arbitraria 0.5 ofrece los mismos resultados y con la misma significación.

Por lo tanto, rechazamos todas las hipótesis nulas del modelo A y concluimos que, en el conjunto de las parcelas control y quemada, la composición específica está afectada por el horizonte edáfico, por el mes del año y por la parcela en la que se localizan (o lo que es lo mismo, que el incendio afecta significativamente la densidad de las especies). Además, todas las interacciones de las distintas variables también afectan la composición específica.

B - Cada una de las parcelas por separado.

En cada una de las parcelas los datos se reúnen en una tabla de contingencia de $48 \times 3 \times 12 = 1728$ casillas, sobre la que aplicamos el modelo loglineal saturado B.

Los test para la parcela control ofrecen los siguientes resultados:

	g.d.l.	G ²	Prob.	χ^2	Prob.	Iter.
1 - E,H,M	1492	13497.14	0.0000	22150.00	0.0000	1
2 - E,HM	1470	9254.38	0.0000	17047.66	0.0000	1

Añadiendo la constante 0.5 el análisis muestra los mismos resultados.

Para la parcela quemada el resultado es:

	g.d.l.	G ²	Prob.	χ^2	Prob.	Iter.
1 - E,H,M	1072	2724.12	0.0000	5349.16	0.0000	1
2 - E,HM	1020	2329.55	0.0000	4447.89	0.0000	1

Añadiendo la constante 0.5 se continúan obteniendo los mismos resultados.

Por lo tanto concluiremos que, tanto en la parcela control como en la quemada, la composición específica depende del horizonte edáfico, del mes del año y de la interacción entre estos dos factores.

8.1.2.- Serra de Prades.

Las cuatro variables que conforman la tabla de contingencia general presentan las siguientes categorías:

Especie 29 categorías = 29 especies con presencia anual > 1 mes.
 Horizonte 3 categorías = Horizontes orgánicos, A11 y A12.
 Mes 12 categorías = enero a diciembre de 1989.
 Parcela 2 categorías = Control y Quemada.

A - Conjunto de las parcelas Control y Quemada.

Los datos se agrupan en una tabla de 29 x 3 x 12 x 2 = 2088 casillas, sobre la que aplicamos el modelo loglineal saturado A.

El test de las cuestiones fundamentales planteadas más arriba, en el conjunto de las parcelas control y quemada, ofrece el siguiente resultado:

	g.d.l.	G ²	Prob.	χ^2	Prob.	Iter.
1 - E,H,M,P	2045	10833.18	0.0000	34388.35	0.0000	2
2 - E,MP	1950	11759.24	0.0000	28807.37	0.0000	2
3 - E,HP	2054	11963.41	0.0000	32600.54	0.0000	2
4 - E,MH	2024	12247.14	0.0000	22469.89	0.0000	2
5 - E,HMP	1764	8184.34	0.0000	17334.12	0.0000	2

Repitiendo el análisis con la constante 0.5 se obtienen los mismos resultados.

Por lo tanto, rechazamos todas las hipótesis nulas del modelo A, y concluimos que, a nivel general, la composición específica depende del horizonte edáfico, del mes del año y de la parcela. Esto último equivale a decir que el incendio afecta de forma significativa la densidad de las especies. Las interacciones entre variables también afectan de forma significativa.

B - Cada una de las parcelas por separado.

En cada una de las parcelas los datos se reúnen en una tabla de contingencia de $29 \times 3 \times 12 = 1044$ casillas, sobre la que aplicamos el modelo log-lineal saturado B.

Los test para la parcela control ofrecen los siguientes resultados:

	g.d.l.	G ²	Prob.	χ^2	Prob.	Iter.
1 - E,H,M	967	7449.37	0.0000	11421.79	0.0000	1
2 - E,HM	945	5734.75	0.0000	8988.28	0.0000	1

Añadiendo la constante arbitraria 0.5 se obtienen los mismos resultados.

Para la parcela quemada el resultado es:

	g.d.l.	G ²	Prob.	χ^2	Prob.	Iter.
1 - E,H,M	724	1406.59	0.0000	3820.61	0.0000	1
2 - E,HM	594	1291.77	0.0000	2662.12	0.0000	1

Añadiendo la constante 0.5 se obtienen los mismos resultados.

Por lo tanto concluimos que, tanto en la parcela control como en la quemada, la composición específica está influenciada por el horizonte edáfico, por el mes del año y por la interacción entre estos dos factores.

8.2.- DENSIDAD TOTAL DE COLÉMBOLOS.

En Obac se ha obtenido una densidad media anual de colémbolos de 201.86 ej/100 cm² (CV de 36.88), y en Prades de 139.40 ej/100 cm² (CV de 56.06, datos del año 1989).

Los estudios realizados hasta el momento en diversos biotopos de todo el mundo (PETERSEN, 1982), muestran que la densidad de colémbolos puede ir desde 100 ej/m² en el desierto de California, hasta 670×10^3 ej/m² en un suelo siempre húmedo en Sigrey Island (Antarctica), recubierto del alga *Prasida crispa*. En bosques, las mayores densidades se han registrado en abetales de Noruega, con un máximo de 244×10^3 ej/m².

En ecosistemas mediterráneos, se han encontrado densidades de colémbolos que varían de 2×10^3 a 50×10^3 ej/m² en un encinar de Francia, y de 1.6×10^3 a 13×10^3 ej/m² en eucaliptales de Australia, dependiendo de las estaciones (MAJER & GREENSLADE, 1988).

Algunos datos de densidades medias anuales de colémbolos, en masas fores-

tales francesas y españolas distintas de encinares, nos dan una idea del rango de variación de este parámetro en los distintos bosques (datos del total de colémbolos en los horizontes orgánicos más los 10 primeros centímetros de suelo mineral, expresados en miles de ejemplares por m²):

- 3.830 ej/m² LIONS (1972)
Bosque de *Quercus pubescens*. Massif Ste Baume, Provence, Francia, 710 m.
- 34.280 ej/m² ARPIN ET AL (1981)
Bosque de *Pinus silvestris*. côtes de Meuse, Uruffe Lorraine, Francia, 330 m.
- 28.520 ej/m² Bosque de *Quercus sessiliflora*. Forêt de Sênart, Brunoy, Francia, 80 m.
- 17.350 ej/m² Bosque de *Fagus silvatica*. forêt de Haye, Nancy, Lorraine, Francia, 260 m.
- 13.855 ej/m² Bosque joven de *Pinus silvestris*. Taintrux, Vosges, Francia, 700 m.
- 7.545 ej/m² Bosque de *Picea excelsa*. Sivrite, Nancy, Lorraine, Francia, 375 m.
- 15.907 ej/m² MATEOS & SELGA (1991)
Bosque de *Pinus pinaster*. Piedralaves, Sierra de Gredos, Avila, España, 950 m.

A continuación representamos los datos de densidad media anual de colémbolos que se poseen hasta el momento en encinares mediterráneos europeos (expresados en miles de ejemplares por m²):

- MAJER & GREENSDALE (1988) - 2.000 - 50.000 ej/m² - Sur de Francia (sin especificar la media).
- OBAC, parcela control - 20.186 ej/m² - Presente trabajo.
- ATHIAS & CANCELA (1976) - 17.450 ej/m² - Forêt de Fontainebleau.
- PRADES, parcela Control - 13.940 ej/m² - Presente trabajo.
- ANDRES (1990) - 7.529 ej/m² - Montseny, Barcelona.
- LIONS (1972) - 6.413 ej/m² - Massif Ste Baume, Provence Francia, 710 m.
- ARPIN ET AL (1981) - 5.575 ej/m² - sur-oeste de Montpellier, Languedoc, Francia, 10 m.

En estos datos observamos que la densidad en el encinar de l'Obac es de las mayores encontradas hasta el momento en estos bosques, y que el de Prades presenta una posición intermedia en la escala general.

En Obac la máxima densidad se ha obtenido en el mes de febrero con 332.41 ej/100 cm², y la mínima en el mes de junio con 93.63 ej/100 cm².

En Prades la máxima densidad se ha obtenido en el mes de noviembre de 1988 con 294.45 ej/100 cm², y la mínima en el mes de julio con 7.34 ej/100 cm².

8.3.- DENSIDAD, ABUNDANCIA RELATIVA Y FRECUENCIA DE LAS ESPECIES.

En las tablas 8.1 y 8.2 se indica, para cada especie, la densidad media anual, su coeficiente de variación, la abundancia relativa y la frecuencia en cada uno de los horizontes del perfil edáfico, así como la significación de las diferencias de distribución de la densidad entre parcelas mediante la U de Mann-Whitney. Las especies que, aún siendo exclusivas de alguna de las dos parcelas, no presenten diferencias significativas de densidad entre las parcelas control y quemada (lo que indica que su densidad y frecuencia son muy bajas), consideraremos que sólo se han encontrado en una de estas parcelas debido al azar de muestreo.

Los datos de frecuencia y abundancia se representan en las figuras 8.1a, 8.1b (serra de l'Obac) y 8.2a y 8.2b (serra de Prades). En estas gráficas se señalan mediante líneas punteadas, en el eje x (abundancia relativa) los puntos de 2% y 5%, que marcan los límites de las especies poco dominantes ($Ar < 2\%$), medianamente dominantes ($5\% > Ar > 2\%$) y dominantes ($Ar > 5\%$); y en el eje y (frecuencia) los puntos de 25%, 50% y 75%, que marcan los límites de especies accidentales ($F < 25\%$), accesorias ($25\% < F < 50\%$), constantes ($50\% < F < 75\%$) y euconstantes ($75\% < F < 100\%$).

En la parcela control de Obac (figura 8.1a) las especies fundamentales ($Ar > 5\%$) son *Folsomia manolachei* (Fma) e *Isotoma notabilis* (Ino) (entre las dos representan el 51% del total de colémbolos recolectados en todo el año de muestreo) junto a *Lepidocyrtus lanuginosus* (Lla), *Protaphorura nemorata* (Pne), *Mesaphorura italica* (Mit) e *Isotomiella minor* (Imi). En la parcela quemada (figura 8.1b) las fundamentales son *Entomobrya multifasciata* (Emu), *Mesaphorura italica* (Mit), *Protaphorura nemorata* (Pne), *Folsomia manolachei* (Fma) e *Isotomiella minor* (Imi).

Hay un cambio cualitativo importante en la parcela quemada, que es la gran importancia que adquiere *Entomobrya multifasciata* (Emu) y el gran descenso de abundancia y frecuencia que sufre *Isotoma notabilis* (Ino). La primera especie, en el área de estudio, es característica de ambientes abiertos (poco dominante y accesorio en la parcela control), y coloniza la zona incendiada convirtiéndose en la especie más dominante. La segunda es una especie eminentemente forestal, incapaz de desarrollarse bien en zona deforestada.

SERRA DE L'OBAC

	Parcela control				U-test	Parcela quemada			
	D	CV	Ar	F		D	CV	Ar	F
Xma	6.01	117.32	2.98	100.00	***	0.02	331.66	0.08	8.33
Xsc	1.13	174.69	0.56	66.67	**	-	-	-	-
Car	2.40	113.20	1.19	100.00	***	0.04	331.66	0.20	8.33
Cen	3.49	80.95	1.73	100.00	***	0.10	187.04	0.48	25.00
Wan	3.99	107.79	1.98	75.00	***	0.48	141.74	2.28	50.00
Mdu	0.17	173.77	0.08	25.00	ns	0.04	331.66	0.20	8.33
Ogi	0.84	133.38	0.42	66.67	***	-	-	-	-
Olo	0.07	254.95	0.03	16.67	ns	-	-	-	-
Ova	0.08	197.10	0.04	25.00	ns	-	-	-	-
Ffa	2.07	93.29	1.03	83.33	***	0.04	331.66	0.20	8.33
Ppa	0.45	149.19	0.22	50.00	**	-	-	-	-
Pca	0.25	125.91	0.13	66.67	***	-	-	-	-
Mpy	0.82	160.40	0.40	58.33	**	-	-	-	-
Mse	0.08	223.61	0.04	16.67	ns	0.04	331.66	0.20	8.33
Pbo	-	-	-	-	*	0.18	180.82	0.84	33.33
Cna	0.04	331.66	0.02	8.33	ns	-	-	-	-
Dde	1.16	84.72	0.57	83.33	***	-	-	-	-
Bau	0.02	331.66	0.01	8.33	ns	-	-	-	-
Maf	-	-	-	-	ns	0.02	331.66	0.08	8.33
Nhe	3.10	76.94	1.53	83.33	*	0.76	107.15	3.60	66.67
Mcr	4.34	81.06	2.15	100.00	***	0.78	106.91	3.68	66.67
Mit	13.22	59.09	6.55	100.00	**	3.52	88.42	16.56	100.00
Pne	14.30	48.59	7.08	100.00	**	2.56	94.35	12.08	83.33
Osi	2.76	69.57	1.37	91.67	***	0.73	137.18	3.44	50.00
Cde	0.07	254.95	0.03	16.67	ns	-	-	-	-
Aly	0.12	130.15	0.06	41.67	*	-	-	-	-
Pac	-	-	-	-	ns	0.14	208.77	0.68	25.00
Fma	54.84	46.05	27.17	100.00	***	2.44	127.64	11.48	83.33
Ifu	0.82	166.78	0.41	66.67	ns	0.39	128.14	1.84	58.33
Imi	12.09	113.48	5.99	100.00	**	2.11	118.20	9.92	83.33
Ino	48.08	59.93	23.82	100.00	***	0.76	185.36	3.56	33.33
Emu	0.12	130.15	0.06	41.67	*	4.37	150.15	20.60	66.67
Enb	3.01	85.92	1.49	100.00	***	0.03	223.61	0.16	16.67
Lla	15.28	77.69	7.57	100.00	***	0.02	331.66	0.08	8.33
Lli	0.20	128.61	0.10	50.00	ns	0.08	223.61	0.40	16.67
Llu	-	-	-	-	**	0.48	130.36	2.28	50.00
Lmo	0.03	331.66	0.02	8.33	ns	-	-	-	-
Pfa	-	-	-	-	*	0.36	185.69	1.68	33.33
Psu	0.59	89.28	0.29	66.67	*	0.13	173.21	0.60	25.00
Hma	1.05	88.37	0.52	83.33	**	0.02	331.66	0.08	8.33
Oqu	0.54	73.95	0.27	91.67	***	-	-	-	-
Cal	0.25	230.00	0.12	25.00	ns	0.27	262.62	1.28	16.67
Onc	-	-	-	-	ns	0.06	246.94	0.28	16.67
Mmi	0.30	118.34	0.15	50.00	ns	0.19	142.31	0.88	41.67
Spu	1.96	143.74	0.97	66.67	**	-	-	-	-
Ssp	0.15	218.58	0.08	33.33	*	-	-	-	-
Aca	0.13	173.21	0.06	25.00	ns	0.04	331.66	0.20	8.33
Ael	0.11	230.57	0.05	25.00	*	-	-	-	-
Sre	1.07	116.36	0.53	66.67	**	0.02	331.66	0.08	8.33
Dor	0.03	223.61	0.02	16.67	ns	-	-	-	-
Bou	0.14	183.24	0.07	33.33	*	-	-	-	-
Llb	0.09	153.62	0.04	33.33	*	-	-	-	-

Tabla 8.1.- Serra de l'Obac. Densidad media en ej/100 cm² (D), coeficiente de variación (CV), Abundancia relativa (Ar) y frecuencia (F) anuales de las distintas especies en las parcelas control y quemada. Se indica la significación de la prueba U de Mann-Whitney (columna U-test) que compara la distribución anual de la densidad de cada especie en las dos parcelas. *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, ns=diferencias de densidad entre parcelas no significativas. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo.

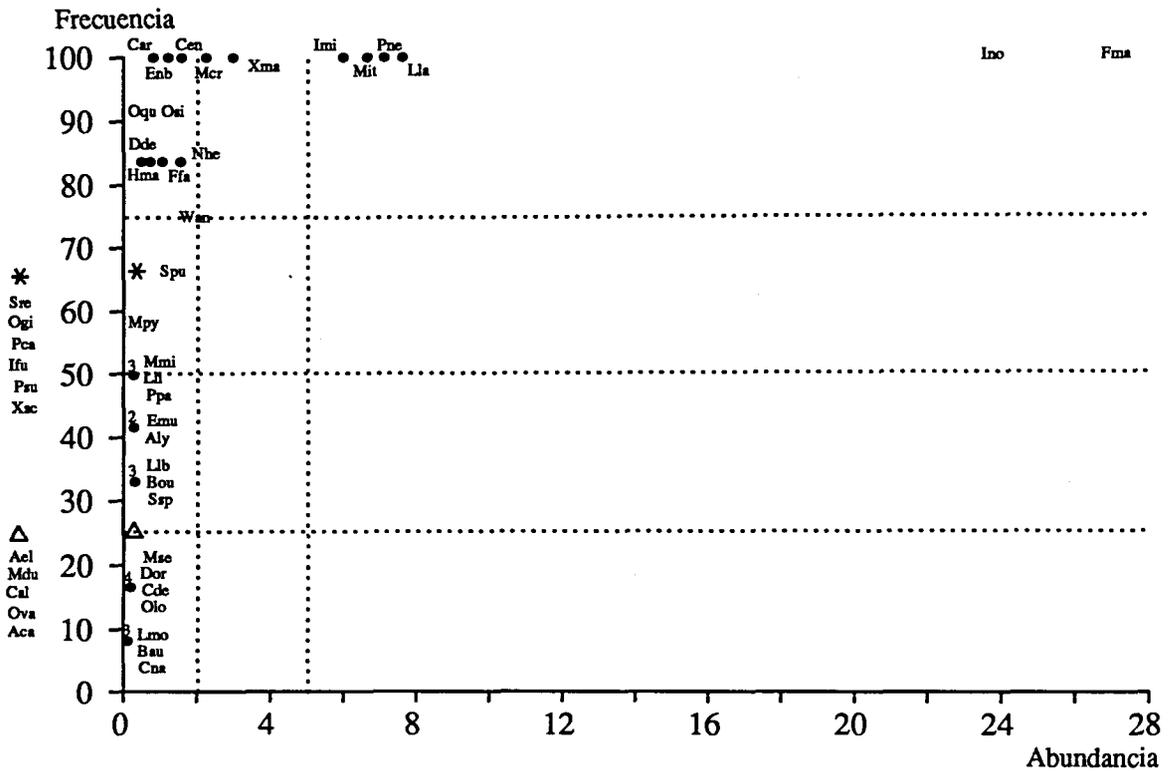


Figura 8.1a.- Serra de l'Obac, parcela control. Representación de las especies en función de su abundancia relativa y frecuencia anual. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo. Explicación en el texto.

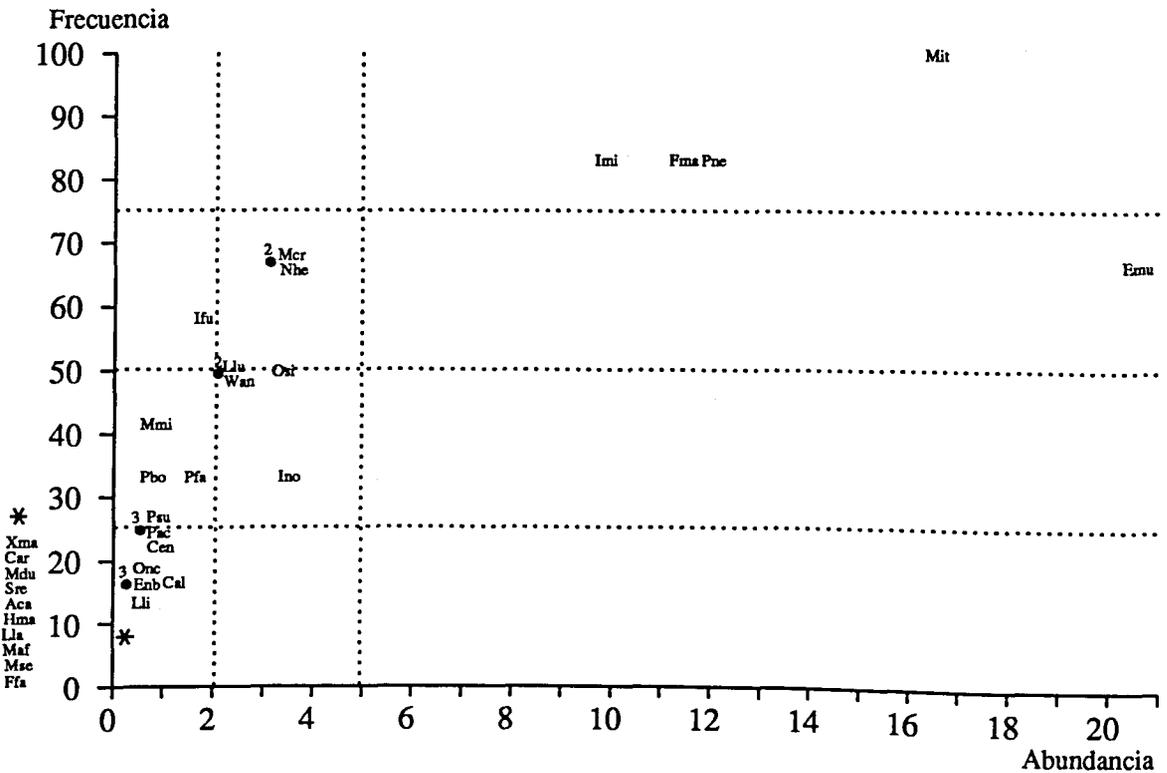


Figura 8.1b.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Representación de las especies en función de su abundancia relativa y frecuencia anual. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo. Explicación en el texto.

SERRA DE PRADES

	Parcela control				U-test	Parcela quemada			
	D	CV	Ar	F		D	CV	Ar	F
Xbm	1.29	134.05	0.93	41.67	*	0.08	331.66	0.46	8.33
Xsc	16.56	177.98	11.88	83.33	***	0.08	331.66	0.46	8.33
Cen	-	-	-	-	ns	0.29	331.66	1.56	8.33
Cte	0.75	140.07	0.54	58.33	ns	1.19	198.18	6.42	33.33
Wsc	-	-	-	-	ns	0.08	331.66	0.46	8.33
Mdu	0.08	331.66	0.06	8.33	ns	-	-	-	-
Ogi	1.87	136.85	1.34	66.67	***	0.03	331.66	0.18	8.33
Olo	0.22	157.41	0.16	33.33	ns	0.03	331.66	0.18	8.33
Ova	0.10	173.21	0.07	25.00	ns	-	-	-	-
Bpa	1.17	291.17	0.84	25.00	ns	0.17	331.66	0.92	8.33
Fsp	-	-	-	-	ns	0.03	331.66	0.18	8.33
Fsu	0.39	181.26	0.28	33.33	ns	0.25	173.21	1.37	25.00
Ppa	0.73	96.31	0.52	58.33	***	-	-	-	-
Pca	0.17	182.21	0.12	25.00	*	-	-	-	-
Rsi	2.21	85.36	1.59	75.00	*	0.08	331.66	0.46	8.33
Cna	0.08	331.66	0.06	8.33	ns	-	-	-	-
Bau	0.27	165.83	0.20	41.67	*	-	-	-	-
Pcl	-	-	-	-	ns	0.08	331.66	0.46	8.33
Maf	0.17	223.61	0.12	16.67	*	2.90	298.11	15.67	41.67
Ndu	-	-	-	-	ns	0.08	331.66	0.46	8.33
Mcr	8.54	131.18	6.13	75.00	**	2.33	152.87	12.56	50.00
Mit	5.89	145.81	4.23	83.33	ns	3.82	102.01	20.62	66.67
Mma	26.09	71.33	18.72	100.00	***	1.46	128.36	7.88	58.33
Ppr	0.41	273.78	0.29	25.00	*	-	-	-	-
Psh	0.03	331.66	0.02	8.33	ns	-	-	-	-
Omi	0.24	194.28	0.17	25.00	ns	1.26	104.63	6.78	58.33
Osi	-	-	-	-	ns	0.08	331.66	0.46	8.33
Ffi	8.36	195.18	6.00	75.00	***	1.51	311.89	8.16	16.67
Fse	39.63	70.59	28.43	83.33	***	0.95	80.79	5.13	83.33
Imi	0.48	173.49	0.34	33.33	ns	-	-	-	-
Ino	2.70	141.65	1.94	66.67	*	0.12	246.95	0.64	16.67
Ens	9.47	105.89	6.80	100.00	***	0.25	173.21	1.37	25.00
Equ	-	-	-	-	*	0.42	225.52	2.29	16.67
Lla	7.48	129.98	5.37	83.33	***	0.20	276.82	1.10	16.67
Llu	0.08	331.66	0.06	8.33	ns	0.07	223.61	0.37	16.67
Lvi	0.03	331.66	0.02	8.33	ns	-	-	-	-
Pal	0.54	225.59	0.39	33.33	ns	0.34	187.08	1.83	25.00
Pil	0.08	331.66	0.06	8.33	ns	-	-	-	-
Hma	0.20	191.49	0.15	25.00	ns	0.03	331.66	0.18	8.33
Oqu	0.07	331.66	0.05	8.33	ns	-	-	-	-
Spu	2.89	277.87	2.07	33.33	ns	0.25	238.05	1.37	16.67
Sau	0.07	331.66	0.05	8.33	ns	-	-	-	-

Tabla 8.2.- Serra de Prades. Densidad media en ej/100 cm² (D), coeficiente de variación (CV), Abundancia relativa (Ar) y frecuencia (F) anuales de las distintas especies en las parcelas control y quemada (datos referentes a los doce meses del año 1989). Se indica la significación de la prueba U de Mann-Whitney (columna U-test) que compara la distribución anual de la densidad de cada especie en las dos parcelas. *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, ns=diferencias de densidad entre parcelas no significativas. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo.

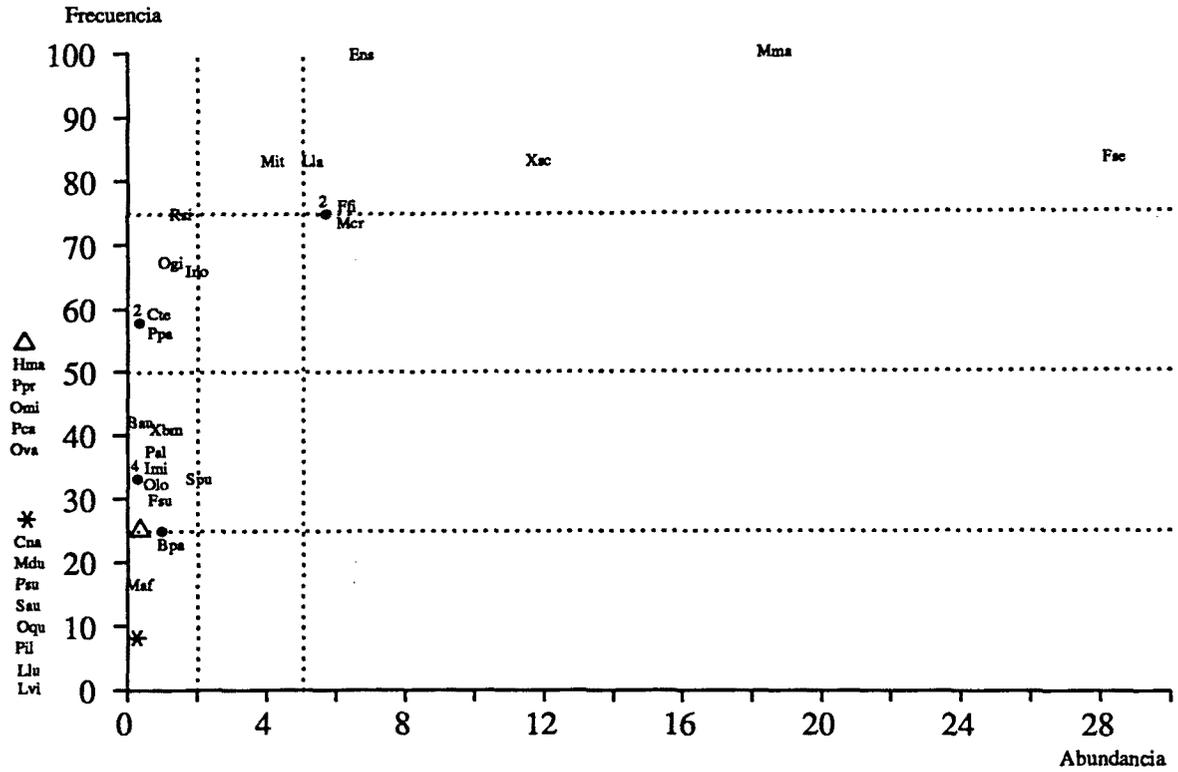


Figura 8.2a.- Serra de Prades, parcela control. Representación de las especies en función de su abundancia relativa y frecuencia anual. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo. Explicación en el texto.

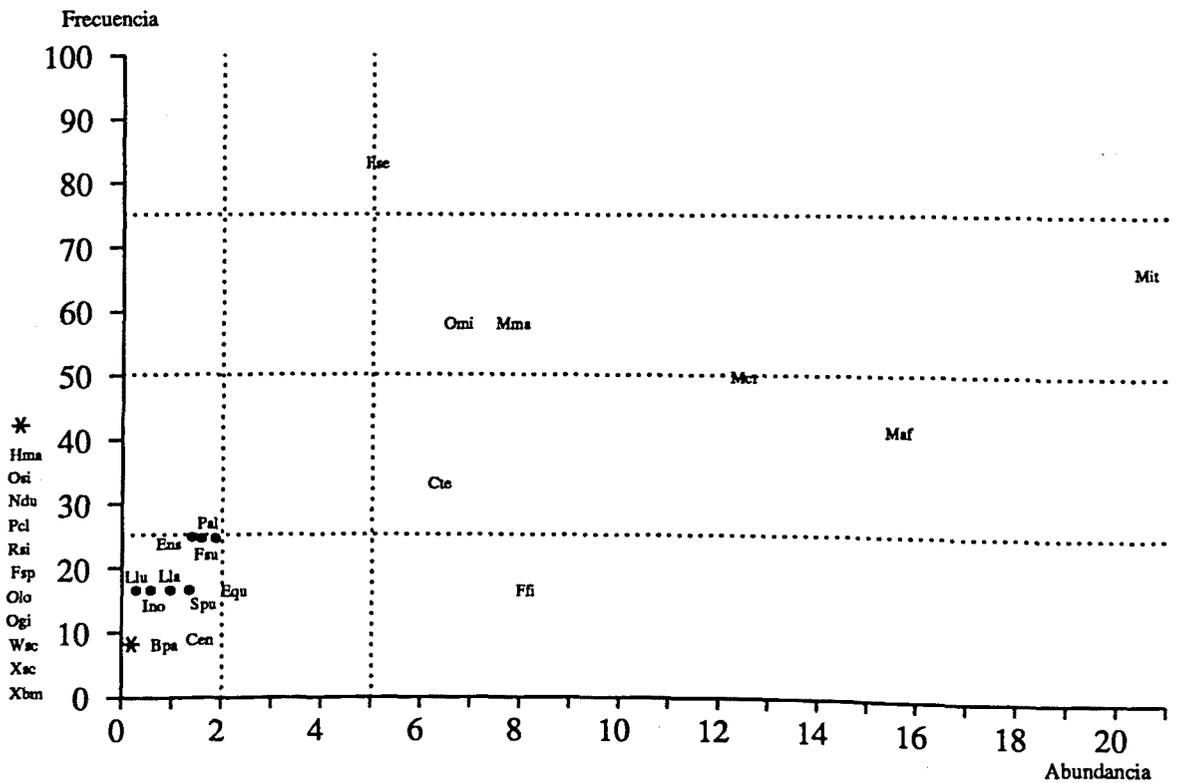


Figura 8.2b.- Serra de Prades, parcela quemada. Representación de las especies en función de su abundancia relativa y frecuencia anual. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo. Explicación en el texto.

En Prades, en la parcela control (figura 8.2a), las especies fundamentales son *Folsomia sexoculata* (Fse), *Mesaphorura macrochaeta* (Mma), *Xenylla schillei* (Xsc), *Entomobrya nivalis+strigata* (Ens), *Mesaphorura critica* (Mcr), *Folsomia fimetaria* (Ffi) y *Lepidocyrtus lanuginosus* (Lla). En la parcela quemada (figura 8.2b) las fundamentales son *Mesaphorura italica* (Mit), *Metaphorura affinis* (Maf), *Mesaphorura critica* (Mcr), *Mesaphorura macrochaeta* (Mma), *Folsomia fimetaria* (Ffi), *Onychiurus minutus* (Omi), *Ceratophysella tergilobata* (Cte) y *Folsomia sexoculata* (Fse).

En esta localidad destaca la gran disminución que sufren *Xenylla schillei* (Xsc), *Entomobrya nivalis+strigata* (Ens) y *Lepidocyrtus lanuginosus* (Lla), que pasan a ser accidentales y poco dominantes en la parcela quemada, y la relevancia que adquieren en esta parcela las especies *Onychiurus minutus* (Omi) y *Ceratophysella tergilobata* (Cte).

8.4.- ANALISIS DE LA COMUNIDAD (DIVERSIDAD ESPECIFICA).

En la tabla 8.3 se indican las medias anuales de los diferentes parámetros calculados en las parcelas control y quemada de las dos localidades, con sus correspondientes coeficientes de variación y la significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar la distribución anual de cada parámetro entre parcelas. También se indican en esta tabla los valores totales acumulados de los mismos parámetros.

Tanto los valores medios como los totales acumulados indican que la riqueza (S) y la rareza (R) son mayores en las parcelas control y que la uniformidad (E) es menor; o sea que el incendio produce una disminución en el número de especies, siendo las especies raras las más afectadas. Al quedar menos especies en las parcelas quemadas, la diversidad máxima (que está directamente relacionada con el número de especies) también disminuye y, por lo tanto, aumenta el valor de la relación diversidad actual/diversidad máxima, que es la uniformidad.

Pero estas dos mediciones distintas de los parámetros (valores medios y valores totales acumulados) son discordantes en cuanto a diversidad de Shanon, Berger-Parker y S_{50} . De esta forma, los valores medios anuales del índice de Shanon son mayores en las parcelas control, mientras que en valores totales acumulados son mayores en las parcelas quemadas; los valores medios de Berger-Parker y S_{50} son iguales en las parcelas control y quemada, mientras que en totales acumulados el BP es mayor en las parcelas control y el S_{50} mayor en las quemadas.

Estos valores divergentes que ofrecen las dos medidas de cada parámetro son debidas a que el cálculo de los valores totales acumulados se basa en considerar todas las especies halladas a lo largo de un año en una única muestra hipotética global, con lo que queda eliminada cualquier tipo de variabilidad temporal y/o espacial, ofreciendo una imagen "estática" de la estructura de la comunidad de colémbolos edáficos en su conjunto.

	OBAC			PRADES (1989)		
	Control	U	Quemada	Control	U	Quemada
Dm	201.86	***	21.23	139.40	***	18.53
CV	36.88		67.32	56.06		86.32
Sm	27.67	***	11.25	14.92	**	6.75
CV	18.63		32.69	42.09		54.48
Hm	3.20	*	2.78	2.52	ns	2.24
CV	5.24		20.54	21.13		38.39
Em	0.67	***	0.82	0.70	*	0.85
CV	7.05		9.85	14.41		14.69
Rm	51.91	***	11.02	33.75	***	2.04
CV	21.80		138.93	62.44		301.05
BPm	0.32	ns	0.33	0.39	ns	0.38
CV	12.49		38.95	27.31		37.45
S _{50m}	2.17	ns	2.50	1.92	ns	2.09
CV	17.20		30.55	25.72		37.90
S	46		32	35		29
H	3.47		3.63	3.35		3.67
E	0.63		0.73	0.65		0.76
R	67.40		56.25	65.70		48.27
BP	0.27		0.21	0.28		0.21
S ₅₀	2.00		4.00	3.00		4.00

Tabla 8.3.- La primera mitad de la tabla indica los parámetros medios anuales medidos en las parcelas control y quemada de cada localidad, con los correspondientes coeficientes de variación (CV); la columna U indica la significación de la comparación entre las distribuciones anuales de cada parámetro en las parcelas control y quemada. *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, ns sin diferencias significativas. La segunda mitad de la tabla indica los valores totales acumulados de estos mismos parámetros en cada una de las parcelas de ambas localidades. Los códigos de los parámetros se indican en el capítulo 4.2.

El aumento de diversidad total acumulada que se registra en las parcelas quemadas parece estar en contradicción con la idea de que en los sistemas alterados disminuye la diversidad específica. Pero hay que tener en cuenta cual es el índice de diversidad que se ha utilizado, y su forma de cálculo, para comprender la situación planteada. El índice de diversidad de Shanon se basa en el número de especies y su equirrepresentación, por lo

que un aumento de su valor puede producirse por un aumento del número de especies (sin que tenga que darse variación en la equirrepresentación de las mismas), por una mayor equirrepresentación de las especies, o por una interacción de los dos efectos mencionados.

En nuestro caso, en las parcelas quemadas se ha producido una disminución del número total de especies anuales (sobre todo del número de especies raras), y una mayor equirrepresentación de las que han quedado, como se desprende de los menores valores del índice de Berger-Parker y de los mayores valores del S_{50} , lo cual hace que el valor total acumulado de la diversidad de Shanon aumente con respecto a las parcelas controles.

Esta situación, como apunta BERSCH (1986), nos indica que, como muy comúnmente se suele interpretar, un sistema con una diversidad superior a otro no indica forzosamente que sea más estable, o más complejo o menos perturbado. La diversidad es una medida variable en el curso de un ciclo anual y un valor puntual no es una buena estima de la diversidad del sistema, como tampoco lo es la medida puntual de la diversidad total acumulada.

A raíz de nuestros datos, pensamos que una buena estima de la diversidad específica de un medio es la diversidad media durante un ciclo anual completo. Además, como iremos viendo en capítulos sucesivos, los coeficientes de variación (CV) de las medias anuales de los distintos índices de diversidad, son una buena herramienta para la comparación entre sistemas, al tiempo que ofrecen una buena medida del grado de perturbación o inestabilidad del medio.

El coeficiente de variación de una media anual contiene la variabilidad de una determinada propiedad de la comunidad (un determinado índice) debida a los ritmos estacionales de las especies que la conforman. Esta variabilidad es la que nos indica entre qué rangos se mueve un determinado índice, siendo la interpretación directa que, a mayor variabilidad anual, mayor es la inestabilidad del medio en cuestión.

En general podemos indicar que la parcela control de la serra de l'Obac es más madura que la de prades, ya que en élla se obtiene una mayor densidad de colémbolos, una mayor riqueza, una mayor diversidad de Shanon, mayor porcentaje de especies raras y mayor valor de S_{50} . Además, es de destacar que los coeficientes de variación de los valores medios de cada uno de los parámetros son mayores en Prades, lo que indica una mayor variación a lo largo del año que podemos traducirla en una mayor inestabilidad del medio en esta última localidad.

Comparando la distribución anual de cada parámetro entre las parcelas control y quemada en cada localidad (tabla 8.3), se observa que tras el incendio se produce:

En Obac.

- Disminución significativa de densidad, riqueza, diversidad y rareza.
- No se observan diferencias significativas de Berger-Parker ni de S_{50} .
- Aumento significativo de la uniformidad.

En Prades.

- Disminución significativa de densidad, riqueza y rareza.
- No se observan diferencias significativas de diversidad, Berger-Parker ni S_{50} .
- Aumento significativo de la uniformidad.

Asimismo, en las dos localidades, destaca el aumento de los correspondientes coeficientes de variación de todos los parámetros medios anuales en la parcelas quemadas con respecto a las controles. El único parámetro que no modifica sensiblemente su coeficiente de variación entre parcelas es la uniformidad. Este parámetro es además el único cuyo valor aumenta significativamente en las parcelas quemadas.

8.5.- COMPARACION CON OTROS BIOTOPOS.

Las comunidades de colémbolos que habitan las parcelas control de la serra de l'Obac y de la serra de Prades, las consideramos como ejemplos típicos de comunidad de los respectivos encinares. Las comunidades de las parcelas quemadas como alteraciones de estas comunidades tipo. Los parámetros medidos en estas comunidades (riqueza (R), S_{50} , dominancia de Berger-Parker (BP), rareza (R), diversidad de Shanon (H) y uniformidad (E)), por sí mismos, son interesantes ya que nos indican la estructura y dinámica particular de cada una de éstas, así como las alteraciones que se producen por efecto de los incendios.

Pero además, estos parámetros adquieren un valor especial al poder compararlos con parámetros medidos en otras comunidades de biotopos diferentes, lo que nos permitirá obtener una visión de la estructura de la comunidad de colémbolos edáficos de los encinares por nosotros muestreados, en un marco más amplio que abarca a otros tipos de biotopos de la Península Ibérica.

En la bibliografía los datos disponibles sobre comunidades de colémbolos edáficos no se refieren, como en nuestro caso, a medias anuales, sino que normalmente tienen como base muestreos puntuales en un determinado periodo del año. Por ello, para la comparación de nuestros datos con los de otros biotopos, en lugar de las medias anuales utilizaremos los valores totales acumulados de los distintos parámetros, ya que este tipo de información si está más disponible en la bibliografía.

Los valores totales acumulados de los parámetros expresados en la tabla 8.3 ofrecen una estima de la estructura general de las comunidades, y permiten su comparación con otras comunidades de colémbolos de la Península Ibérica. Para estas comparaciones se han escogido datos, procedentes de la bibliografía, referentes a trabajos similares al presente y que reúnen una serie de condiciones que los hacen comparables a éste. Estas condiciones son:

- Metodología de muestreo y extracción de los colémbolos similares a los utilizados en el presente trabajo.
- Muestreos, como mínimo, estacionales con el fin de que en los datos globales esté representada toda la variabilidad de un ciclo anual completo, y que tengan en cuenta un espesor no inferior a 10 cm de profundidad en el suelo mineral.
- Homogeneidad en el tratamiento taxonómico, esto es, que el nivel alcanzado sea el de especie.

Tabla 8.4.- (Siguiendo página) Cuadro comparativo de los diferentes biotopos de la Península Ibérica en función de los diferentes parámetros totales acumulados calculados en ellos. (1) LUCIANEZ, 1990; (2) ARBEA Y JORDANA, 1985; (3) POZO, SELGA AND SIMÓN, 1986; (4) Presente trabajo.

Localidad	Situación	Altitud	S	S50	BP	R	H	E	Biotopo	Especies principales	Estado del biotopo
Gredos (1)	La Cebedilla	1250-1300	56	3	0.22	75.00	3.64	0.63	Pinar	<i>Pinus Pinaster</i>	Natural
	Poyales del Hoyo	450-700	55	3	0.25	70.90	3.82	0.66	Robledal	<i>Quercus pyrenaica</i>	Natural (clímax)
Navarra (2)	Navacepeda de Tomes	1400	41	2	0.34	75.60	3.08	0.57	Robledal	<i>Quercus pyrenaica</i>	Natural (clímax)
	Puerto del Pico	1355	30	2	0.35	50.00	3.36	0.68	Prado	<i>Nardo-Galium saxatile</i>	Degradado
	Navarredonda de Gredos	1525	26	3	0.23	50.00	3.46	0.74	Pinar	<i>Pinus sylvestris</i>	Repoblación o pastoreo
	Prado de las Pozas	2000	23	2	0.30	43.37	3.24	0.72	Prado	<i>Cystus purgans</i>	Pradera de alta montaña
	Monte Zaruau	850-1450	67	2	0.36	80.59	3.35	0.55	Hayedo	<i>Fagus silvatica</i>	Natural (clímax)
	Monte Adi	"	59	4	0.21	71.18	4.18	0.71	Hayedo	<i>Fagus silvatica</i>	Natural (clímax)
	Monte Adi	"	43	4	0.23	58.14	3.96	0.73	Prado	<i>Nardo-Galium saxatile</i>	Natural
	Monte Zaruau	"	41	3	0.31	56.09	3.86	0.72	Brezal	<i>Vaccinium myrtillus</i>	Degradación del hayedo
	Monte Adi	"	35	3	0.25	60.00	3.53	0.69	Pinar	<i>Pinus sylvestris</i>	Repoblación
	Monte Adi	"	29	2	0.30	51.72	3.44	0.71	Brezal	<i>Daboecio-Ulacetum europaeae</i>	Degradación del hayedo
Pais Vasco (3)	Monte Adi	"	27	3	0.27	55.55	3.43	0.72	Alerce	<i>Larix kaempferi</i>	Repoblación
	U.T.M. 30TWN079618	400-500	45	3	0.37	73.33	3.45	0.63	Hayedo	<i>Fagus silvatica</i>	Natural
	U.T.M. 30TWN108590	550	37	2	0.28	70.27	3.16	0.61	Robledal	<i>Quercus robur</i>	Natural
	U.T.M. 30TWN197572	650	35	3	0.30	68.57	3.26	0.64	Pinar mixto	<i>Pinus sylvestris + pinaster</i>	Natural
Catalunya (4)	U.T.M. 30TVN868864	250	25	2	0.25	60.00	2.97	0.64	Prado	?	Natural
	Obac. CONTROL	590	46	2	0.27	67.40	3.47	0.63	Encinar	<i>Quercus ilex + Pinus halepensis</i>	Aclarado
	Obac. QUEMADA	590	32	4	0.21	56.25	3.63	0.73	Encinar	<i>Quercus ilex + Pinus halepensis</i>	Incendiado
	Prades. CONTROL	900	35	3	0.28	65.70	3.35	0.65	Encinar	<i>Quercus ilex</i>	De rebrote
	Prades. QUEMADA	900	29	4	0.21	48.27	3.67	0.76	Encinar	<i>Quercus ilex</i>	Incendiado
		max	67.00	4.00	0.37	80.59	4.18	0.76			
		min	23.00	2.00	0.21	43.37	2.97	0.55			
	med	39.74	2.68	0.28	63.34	3.47	0.66				

Tabla 8.4

Se han seleccionado así 17 biotopos (aparte de los aquí estudiados) recogidos en tres trabajos realizados en Navarra, País Vasco y Sierra de Gredos. En la tabla 8.4 se recogen los parámetros calculados en cada uno de los biotopos, además de una serie de información referente a la localidad, tipo de vegetación y estado de madurez del biotopo.

Si observamos cada localidad independientemente, se aprecia una clara tendencia a un aumento de riqueza de especies (S) y de un mayor número de especies raras (R) en los biotopos de bosque frente a los prados, y en los medios naturales frente a los degradados o de repoblación. Asimismo, los datos contenidos en la tabla 8.4 nos dan una idea del rango de variación de los diferentes parámetros en diferentes tipos de comunidades de colémbolos edáficos. Estos rangos de variación de cada parámetro son los siguientes:

- La riqueza de especies (S) en los distintos biotopos oscila entre 23 (en un prado de alta montaña) y 67 (en un hayedo considerado como clímax). Es interesante hacer notar que este número máximo de especies de colémbolos que se obtiene en el conjunto de los biotopos analizados, está muy por debajo de las 112 especies que DEHARVENG ET AL. (1989) encuentran en un bosque tropical de Tailandia.
- El S_{50} , número de especies necesario para contabilizar el 50% del total de individuos, es muy poco variable y oscila entre 2 y 4.
- El índice de dominancia de Berger-Parker (BP), la abundancia relativa de la especie más dominante, oscila entre el 37% (en hayedos) y 21%. Los valores más bajos se dan tanto en bosques clímax como en bosques incendiados hace algo más un año, lo cual indica que es un parámetro bastante constante en el conjunto de biotopos analizados y que, sea cual sea el estado de madurez del ecosistema, ninguna especie de colémbolo es hiperdominante con respecto a las demás.
- El porcentaje de especies raras, rareza (R), supone entre un 43% en un prado y un 81% en un hayedo clímax.
- La diversidad de Shannon (H') oscila entre 2.97 en un prado y 4.18 en un hayedo clímax.
- La uniformidad (E) oscila entre 0.55 en un hayedo y 0.76 en un bosque incendiado hace 15 meses.

En este marco general (tabla 8.4), la comunidad de colémbolos edáficos del encinar control de la serra de l'Obac, está formada por un elevado número de especies, y con una buena representación de especies poco abundantes (valores superiores a la media en cuanto a riqueza y rareza). La comunidad colembológica del encinar control de la serra de Prades presenta una diversidad específica, en sentido amplio, promedio en relación al conjunto de biotopos.

Las parcelas quemadas de ambas localidades muestran un mismo patrón con respecto a la globalidad de biotopos. En ambas se dan valores superiores a la media de S_{50} , diversidad de Shanon (H) y uniformidad (E), y valores inferiores a la media de riqueza (S), Berger-Parker (BP) y rareza (R). Por lo tanto el efecto de los incendios, a lo largo de los quince meses posteriores a éstos, es una disminución del número de especies (sobre todo de especies raras) y un aumento en la equirrepresentación de las que han quedado.

Mediante análisis de correlación de rango entre todos los parámetros de la tabla 8.4 (tabla 8.5) vemos la relación que existe entre los diferentes índices utilizados. Se obtiene significación positiva entre la riqueza (S) y el porcentaje de especies poco abundantes (R), y significación negativa entre este último parámetro y la uniformidad (E). O sea que los biotopos con un mayor número de especies, lo que tienen es más especies raras y por tanto un mayor distanciamiento con la situación hipotética de diversidad máxima en la que todas ellas fueran igualmente abundantes.

La significación negativa que se obtiene entre los índices de dominancia S_{50} y BP es lógica, ya que cuanto mayor sea la abundancia relativa de la especie más abundante, menor número de especies habrá que tomar para sumar el 50% del total de individuos. El S_{50} presenta también significación positiva con la diversidad de Shanon (H) y la uniformidad (E), y es un buen estimador de éstas con la ventaja de su facilidad de cálculo.

El índice de Berger-Parker (BP) muestra significación negativa con la diversidad de Shanon (H) y la uniformidad (E); la rareza (R) significación negativa con la uniformidad; la diversidad de Shanon significación positiva con la uniformidad.

	S				
S_{50}	+ 0.15 ns		S_{50}		
BP	+ 0.06 ns	- 0.66 **	BP		
R	+ 0.82 **	- 0.08 ns	+ 0.17 ns	R	
H	+ 0.41 ns	+ 0.75 **	- 0.55 *	- 0.07 ns	H
E	- 0.52 *	+ 0.60 **	- 0.52 *	- 0.81 **	+ 0.51 *

Tabla 8.5.- Matriz de correlaciones (correlación de rango de Spearman) entre los diferentes parámetros especificados en la tabla 8.4. Entre paréntesis se indica el signo de la correlación. ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; ns= correlación no significativa. Los códigos de los parámetros se indican en el capítulo 4.2.

8.6.- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL EFECTO DE LOS INCENDIOS.

Los efectos más notorios a nivel de la comunidad general de colémbolos edáficos, producidos por los incendios en las dos localidades, son una acusada disminución de la densidad y número de especies detectable durante los quince meses posteriores al paso de las llamas.

Sobre las medias anuales, la reducción de densidad total es del 89.5% en Obac y del 86.7% en Prades. La reducción del número de especies es del 30.4% en Obac y del 17.1% en Prades.

La evolución anual comparada de estos dos parámetros, en las parcelas control y quemada, se representan en las figuras 8.3 y 8.4. En la serra de l'Obac (figura 8.3) la densidad y riqueza de cada mes es siempre inferior en la parcela quemada que en la control, mientras que en Prades (figura 8.4), en los meses posteriores al incendio, hay un periodo durante el cual la densidad y la riqueza son muy similares en ambas parcelas. Se trata del periodo estival (junio, julio y agosto), que en esta localidad marca un notable descenso en los efectivos de la comunidad edáfica, que en la parcela control vuelve a aumentar coincidiendo con las lluvias otoñales (septiembre).

En estos periodos drásticos la mayoría de ejemplares, en las parcelas control, debe encontrarse en algún tipo de estado criptobiótico inmóvil (y por tanto no recuperables con los aparatos Berlese), que revierte rápidamente cuando se dan nuevas precipitaciones (POINSOT, 1976; STEINBERGER, FRECKMAN, PARKER & WHITFORD, 1984), o bien se encuentran a una profundidad en el perfil edáfico superior a los 10 cm, migrando en superficie cuando las condiciones hídricas son favorables. En las parcelas quemadas, sin embargo, esta recuperación de la fauna coincidiendo con las lluvias tras los periodos secos no tiene lugar, manteniéndose igualmente bajos los valores de densidad y riqueza durante todos los meses de muestreo.

De las comparaciones entre parcelas realizadas en la tabla 8.3, extraemos que la densidad (D_m), riqueza (S_m) y rareza (R_m) son buenos discriminadores entre parcelas y por lo tanto son útiles como estimadores del efecto de los incendios. La diversidad de Shanon (H_m) sólo es significativamente diferente entre parcelas en la serra de l'Obac, y los índices de Berger-Parker (B_{Pm}) y S_{50m} no son buenos discriminadores.

Una buena medida del grado de perturbación de las parcelas quemadas nos la ofrecen los coeficientes de variación de las medias anuales de los distintos parámetros. En la tabla 8.3 observamos que, con excepción de la uniformidad, estos coeficientes aumentan para todos los demás parámetros en las parcelas quemadas con respecto a las control, lo que se interpreta como un mayor grado de inestabilidad de las comunidades de colémbolos en estos suelos.

La uniformidad (E) también discrimina entre parcelas, y es el único parámetro que presenta valores superiores en las quemadas que en las controles y cuyos coeficientes de variación son similares entre parcelas. Esta excepción radica en que al producirse una disminución del número de especies

raras en las parcelas quemadas, la comunidad se acerca más a la situación hipotética de diversidad máxima y por tanto aumenta el valor de E. Esto está de acuerdo con lo que indica BERTSCH (1986) (y en contra de lo que a veces se ha escrito), de que la diversidad máxima de un sistema no es forzosamente su diversidad óptima.

El fuego también produce cambios en la estructura específica de la comunidad colembológica y tiene lugar un cambio en las especies fundamentales de las parcelas quemadas con respecto a las control.

La densidad anual de muchas de las especies resulta afectada por los incendios, como se desprende del análisis realizado mediante la prueba U de Mann-Whitney entre la densidad de cada especie en la parcela control frente a la quemada en cada localidad (tablas 8.1 y 8.2). De esta forma como resultado global cabe destacar que, del total de especies encontradas en las dos parcelas:

En Obac

El 59.6% reducen significativamente su densidad anual tras el incendio.

El 32.7% no varían la densidad anual tras el incendio.

El 7.7% aumentan significativamente su densidad anual tras el incendio.

En Prades

El 34.9% reducen significativamente su densidad anual tras el incendio.

El 60.5% no varían la densidad anual tras el incendio.

El 4.6% aumentan significativamente su densidad anual tras el incendio.

Además de esta disminución de la densidad anual, destaca que los coeficientes de variación de la densidad media anual de la gran mayoría de especies aumenta en las parcelas quemadas con respecto a las control (tablas 8.1 y 8.2). En Obac sólo se observa una especie cuyo CV sea inferior en la parcela quemada, se trata de *Isotomurus fucicola*. En Prades son cuatro las especies que tienen un CV inferior en la parcela quemada, son *Friesea subterranea*, *Mesaphorura italica*, *Onychiurus minutus* y *Sphaeridia pumilis*; todas estas especies, como veremos en capítulos posteriores (excepto *Sphaeridia pumilis*), son más o menos insensibles al efecto del incendio, e incluso favorecidas por éste.

La frecuencia anual de las especies también se reduce en las parcelas quemadas con respecto a las control. Un método sencillo de ver la incidencia de los incendios sobre la frecuencia a nivel general, es considerar, de entre aquellas especies que se presentan más de un mes al año en alguna parcela, que una especie concreta varía sensiblemente su frecuencia anual si aumenta o disminuye su presencia en dos o más meses del año (con esto estamos considerando que la diferencia de presencia en un mes al año puede ser debida al azar de muestreo). De esta forma se obtiene:

En Obac, de las especies presentes en más de un mes en alguna parcela:

El 77.1% reducen sensiblemente su frecuencia.
El 10.4% no varía sensiblemente su frecuencia.
El 12.5% aumentan sensiblemente su frecuencia.

En Prades, de las especies presentes en más de un mes en alguna parcela:

El 75.9% reducen sensiblemente su frecuencia.
El 13.8% no varía sensiblemente su frecuencia.
El 10.3% aumentan sensiblemente su frecuencia.

En la serra de l'Obac el incendio ha tenido un efecto más drástico sobre la comunidad de colémbolos edáficos que en Prades, como lo demuestra el mayor porcentaje de reducción de riqueza total y el ligeramente superior porcentaje de reducción de densidad total. Esta conclusión viene apoyada por el hecho de que, en Obac, se produce además una disminución significativa de diversidad anual y se obtiene un mayor porcentaje de especies que reducen significativamente su densidad tras el incendio.

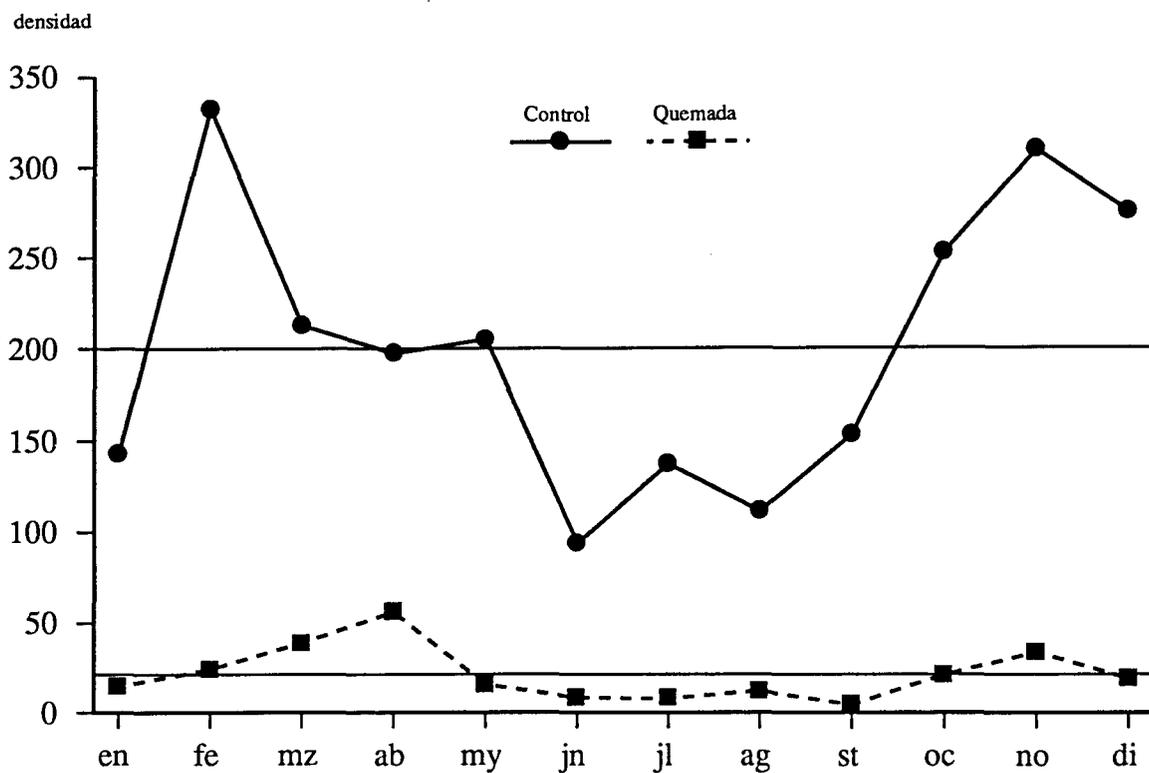


Figura 8.3a.- Serra de l'Obac. Evolución anual de la densidad (ej/100 cm²) en las parcelas control y quemada.

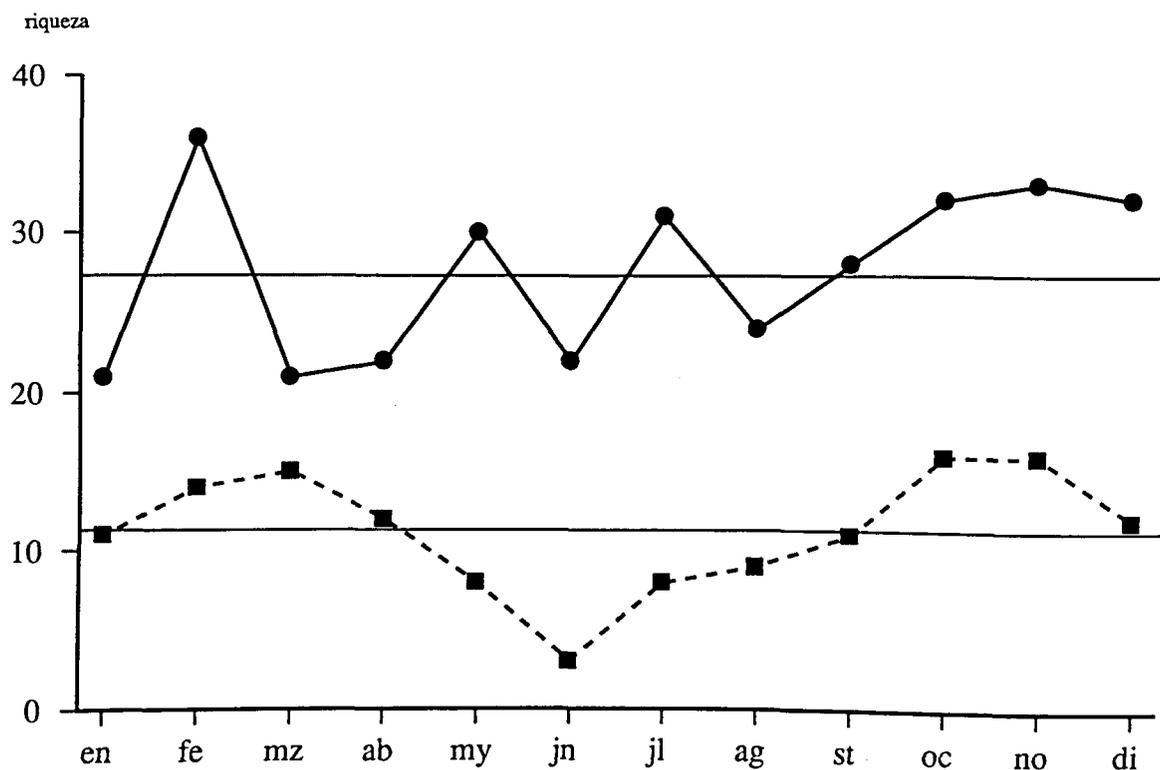


Figura 8.3b.- Serra de l'Obac. Evolución anual de la riqueza de especies en las parcelas control y quemada.

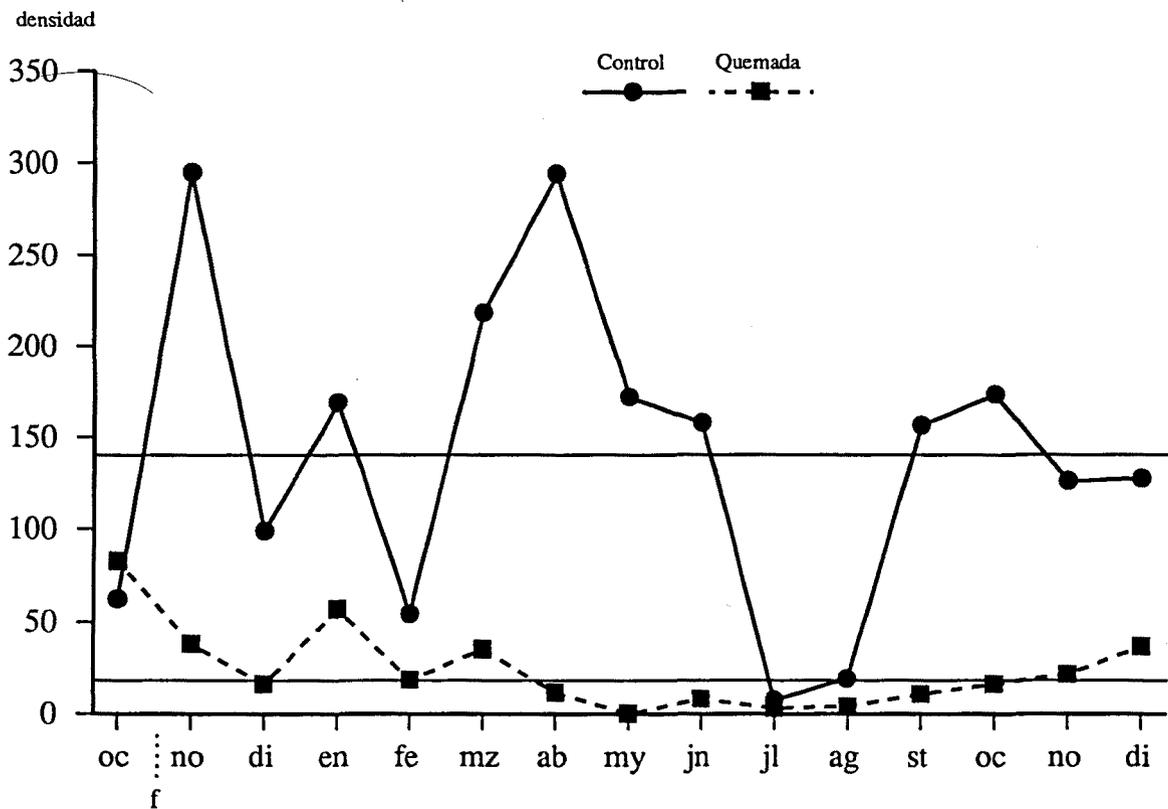


Figura 8.4a.- Serra de Prades. Evolución anual de la densidad (ej/100 cm²) en las parcelas control y quemada.

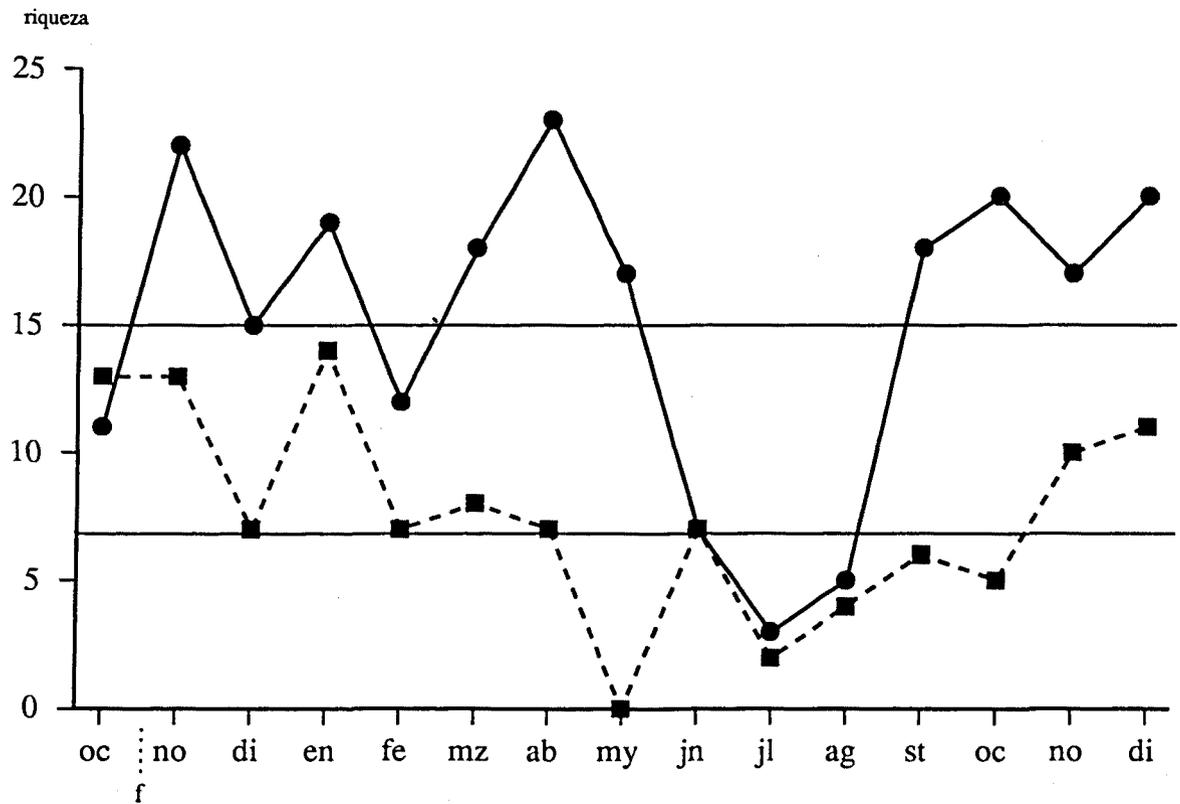


Figura 8.4b.- Serra de Prades. Evolución anual de la riqueza de especies en las parcelas control y quemada. (f)= momento en que tuvo lugar el incendio.

9.- ESTRUCTURA VERTICAL DE LA COMUNIDAD DE COLÉMBOLOS EDAFICOS.

En este capítulo se analizan las comunidades de colémbolos edáficos de cada parcela en la serra de l'Obac y la serra de Prades, diferenciando los distintos horizontes del perfil edáfico que fueron muestreados: horizontes L, F, H, A11 y A12 en las parcelas control; y horizontes Ce, H, A11 y A12 en las quemadas.

En el perfil vertical de cada parcela se analiza el espectro faunístico a nivel de grupos tal y como lo realizábamos en el capítulo 7.3:

Hypogastruridae - HYP -
Odontellidae - ODO -
Neanuridae - NEA -
Onychiuridae - ONY -
Isotomidae - ISO -
Entomobryidae - ENT -
sinfipleonas - SIN - (donde fusionamos todas las familias de *Neelipleona* y *Symphyleona*)
otros - OTR - donde incluimos, cuando las hay, el resto de familias.

Seguidamente se realiza un análisis de la comunidad en base a los diferentes parámetros de densidad y diversidad específica, en el que se da una tabla que contiene la media anual y la significación de las diferencias de distribución anual de estos parámetros entre pares de horizontes consecutivos. Como veíamos en el capítulo 8.3, los valores puntuales de los índices de diversidad específica de un determinado mes o de un determinado horizonte aisladamente, no son buenos estimadores de la diversidad específica del conjunto del sistema, como tampoco lo son los valores totales acumulados de estos índices; por este motivo, utilizaremos los valores medios anuales de los diferentes parámetros, y sus coeficientes de variación, como estimadores de la diversidad específica.

A continuación se analiza la densidad, abundancia relativa y frecuencia de las distintas especies y, finalmente, un estudio de la composición específica de los diferentes horizontes del perfil mediante diferentes análisis de correspondencias.

Como veíamos en el capítulo de análisis previo de los datos (capítulo 8.1), las variables Especie, Horizonte, Mes y Parcela son mutuamente dependientes, así como sus interacciones. Los análisis de correspondencias nos permitirán visualizar esta dependencia de forma gráfica y se realizarán dos en cada parcela, uno en base a una matriz de datos que contempla todas las variables indicadas, y otro en base a una matriz simplificada que nos será útil para determinar las preferencias de distribución vertical de cada una de las especies de colémbolos.

En primer lugar estudiaremos las comunidades de colémbolos edáficos de las parcelas control de las dos localidades y, con los resultados que obtengamos, tendremos una estima de la composición, estructura y dinámica vertical, en el transcurso de un ciclo anual, de estas comunidades en los enci-

nares que consideraremos típicos de la Sierra Prelitoral Catalana.

En segundo lugar estudiaremos las comunidades de las parcelas quemadas de ambas localidades y, comparando los resultados que se obtengan con los de los respectivos controles, podremos determinar cuáles han sido los efectos producidos por los incendios en estas comunidades de colémbolos. Se analizarán los efectos inmediatos del fuego, así como los producidos a corto y medio plazo.

De cara a poder realizar estas comparaciones entre los diferentes horizontes edáficos de las parcelas control y quemada, los horizontes orgánicos L, F y H de las control y los Ce y H de las quemadas, se agrupan bajo la denominación de paquete orgánico. De este modo, en cada localidad compararemos los resultados obtenidos en el paquete orgánico, horizonte A11 y horizonte A12 de la parcela control con el paquete orgánico, horizonte A11 y horizonte A12 de la quemada.

9.1.- PARCELA CONTROL DE LA SERRA DE L'OBAC.

9.1.1.- Espectro faunístico.

El espectro faunístico a nivel de familias, en lo que a densidad se refiere (figura 9.1), es muy similar en los tres horizontes orgánicos (L, F y H). En los tres el grupo más abundante es el de los isotómidos (ISO), que representa más del 60% de la densidad total en cada caso, seguidos por oniquiúridos (ONI), entomóbridos (ENT) e hipogastrúridos (HYP). Los odontélidos (ODO), neanúridos (NEA) y sinfipleonas (SIN) representan poco porcentaje en conjunto.

En los horizontes minerales se produce una disminución de isotómidos (ISO) y entomóbridos (ENT) en favor de los oniquiúridos (ONI), más patente a medida que aumenta la profundidad. Pese a todo, los isotómidos (ISO) se mantienen, en todo el perfil, como el grupo mayoritario (aunque equiparado con los oniquiúridos en el horizonte más profundo A12). Los hipogastrúridos (HYP) odontélidos (ODO) y neanúridos (NEA) no varían sustancialmente desde los horizontes orgánicos hasta el A12, mientras que los sinfipleonas (SIN) disminuyen en los horizontes minerales.

Por lo que respecta al número de especies representadas de cada una de las familias (figura 9.2), la distribución porcentual es muy similar en todo el perfil edáfico. Destaca el aumento progresivo de oniquiúridos (ONI) a medida que aumenta la profundidad en el gradiente "PAQUETE ORG.--HOR.A11--HOR.A12".

Los grupos con menor representatividad en especies son los odontélidos (ODO) y la categoría otros (OTR). El resto de familias muestra una cantidad de especies bastante similar.

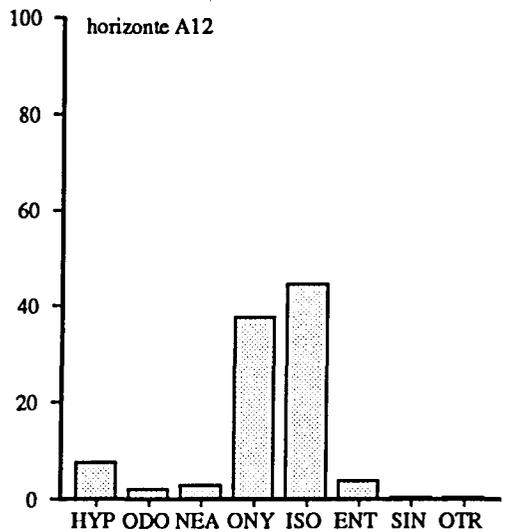
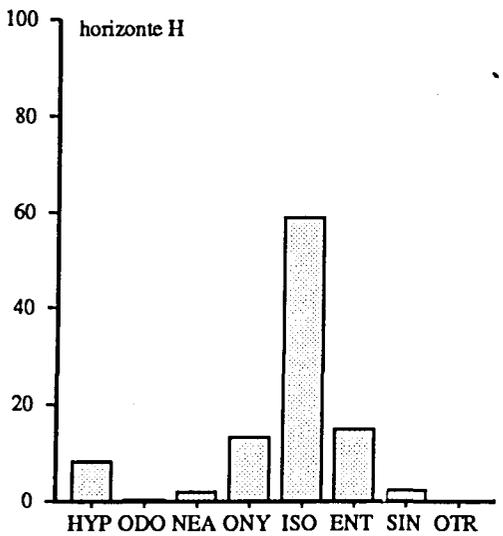
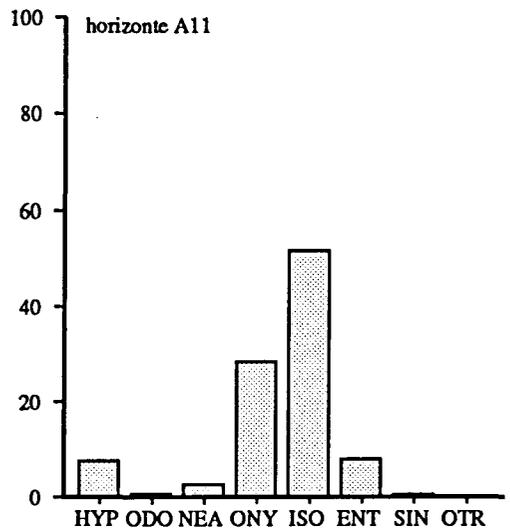
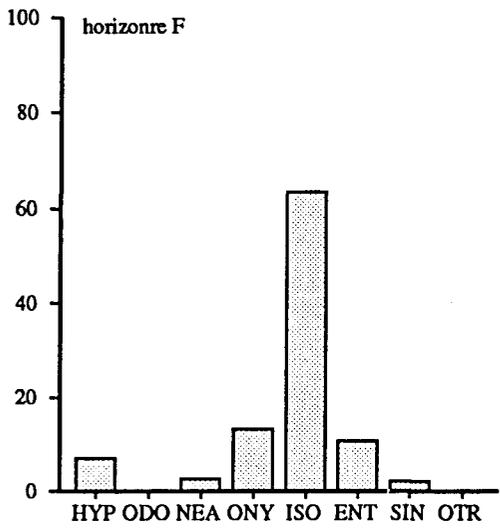
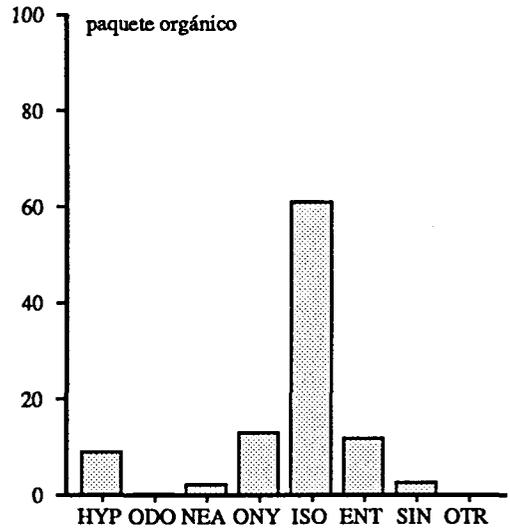
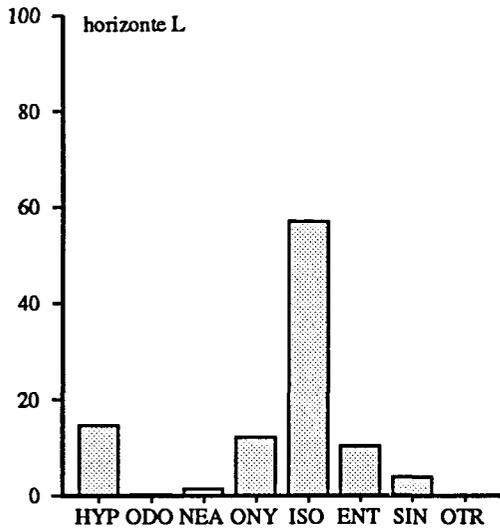


Figura 9.1.- Serra de l'Obac, parcela control. Reparto porcentual de densidad en los distintos horizontes del perfil edáfico. paquete orgánico=horizontes L+F+H. Códigos de grupos especificados al comienzo del capítulo 9.

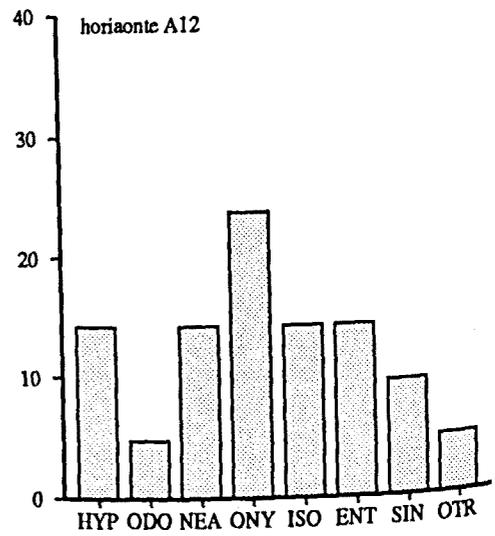
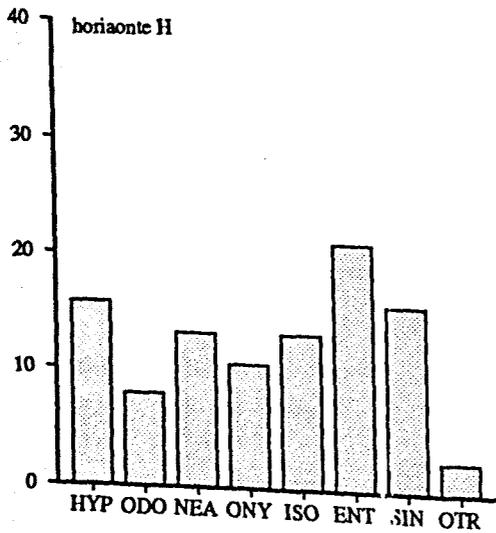
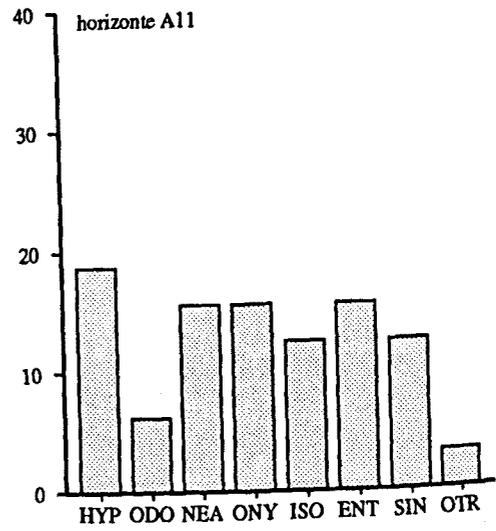
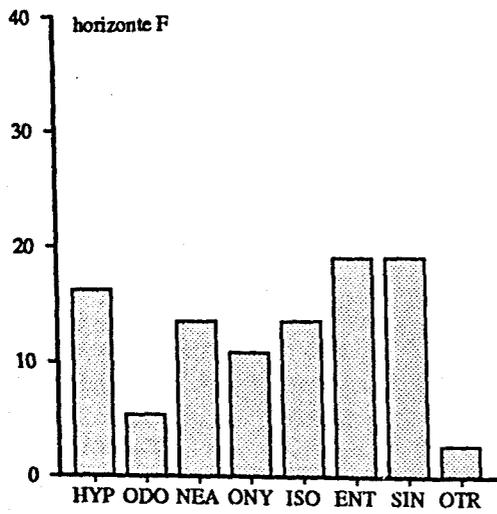
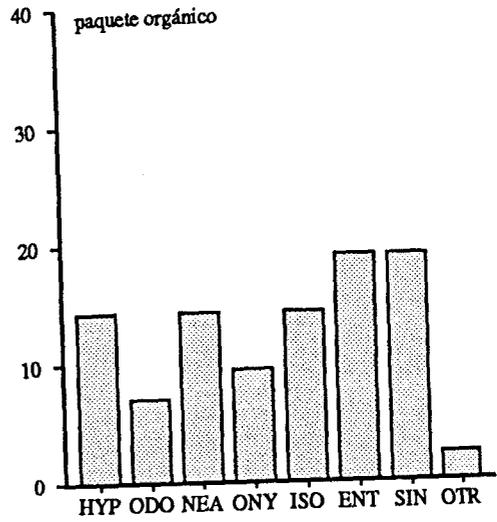
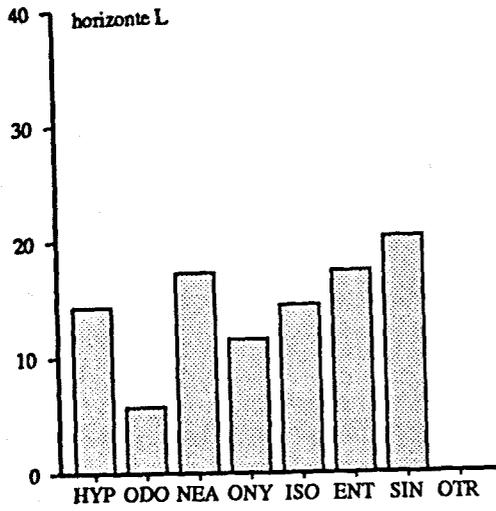


Figura 9.2.- Serra de l'Obac, parcela control. Reparto porcentual de la riqueza de cada grupo en los distintos horizontes del perfil edáfico. paquete orgánico=horizontes L+F+H. Códigos de grupos especificados al comienzo del capítulo 9.

Destacan por lo tanto los neanúridos (NEA) que, con una representatividad en porcentaje de individuos bastante baja, supone un porcentaje mucho más elevado en cuanto a número de especies.

9.1.2.- Análisis de la comunidad (diversidad específica).

En la figura 9.3 se representa la distribución anual de la densidad, riqueza y diversidad de Shanon del total de colémbolos en cada uno de los horizontes del perfil edáfico. En la tabla 9.1 se indican las medias anuales de estos tres parámetros, así como del resto de parámetros medidos a lo largo del año, con sus correspondientes coeficientes de variación anuales y la significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar la distribución de cada parámetro entre pares de horizontes consecutivos.

	L		F		H	Org		A11		A12
Dm	27.84	*	71.50	ns	37.93	137.27	**	49.14	**	15.45
CV	74.26		75.22		70.80	62.66		76.35		83.52
Sm	13.17	ns	16.83	ns	15.25	22.75	**	14.33	***	7.58
CV	45.55		39.39		28.47	32.90		13.16		48.29
Hm	2.42	ns	2.61	ns	2.64	2.85	ns	3.03	*	2.23
CV	37.44		21.69		12.52	10.59		15.08		46.45
Em	0.73	ns	0.71	ns	0.68	0.65	**	0.79	ns	0.86
CV	16.36		17.77		11.56	9.04		15.43		8.13
Rm	24.41	ns	38.77	ns	25.81	43.95	**	9.75	*	0.00
CV	87.96		49.95		81.12	53.18		152.06		0.00
B _{Pm}	0.44	ns	0.37	ns	0.41	0.37	ns	0.31	ns	0.43
CV	47.10		26.03		29.93	24.16		45.04		60.46
S _{50m}	3.83	ns	1.92	ns	1.75	2.00	*	2.75	ns	2.25
CV	153.53		25.72		24.74	20.41		36.74		32.08

Tabla 9.1.- Serra de l'Obac, parcela control. Parámetros medios anuales y sus coeficientes de variación en los distintos horizontes del perfil edáfico. org=paquete de horizontes orgánicos (L+F+H). Entre columnas se indica la significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar las diferencias de distribución anuales de cada parámetro entre horizontes consecutivos. *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, ns diferencias anuales no significativas. Los códigos de los parámetros se especifican en el capítulo 4.2.

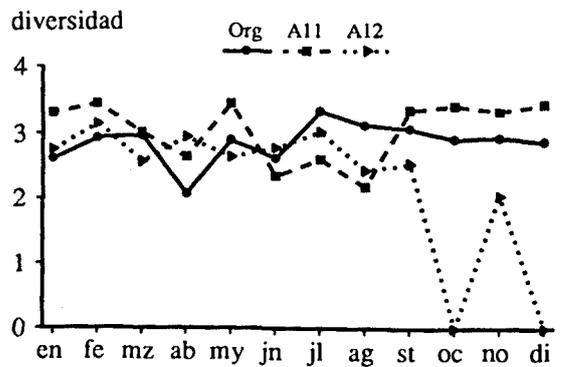
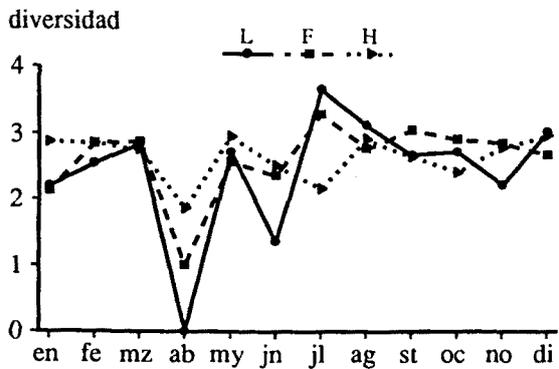
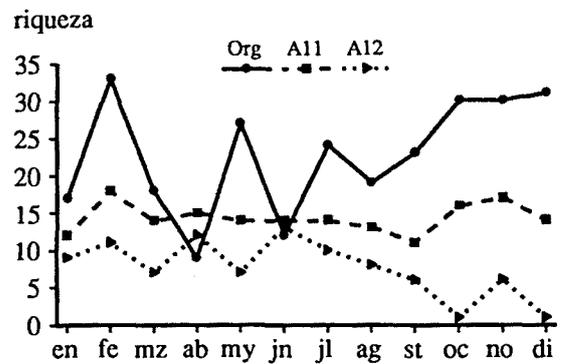
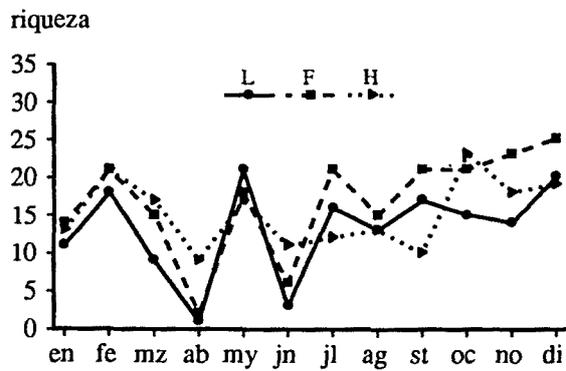
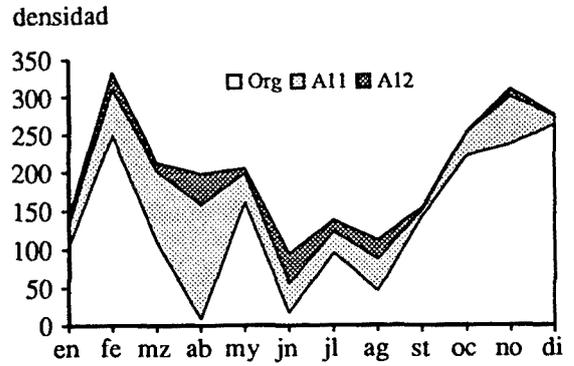
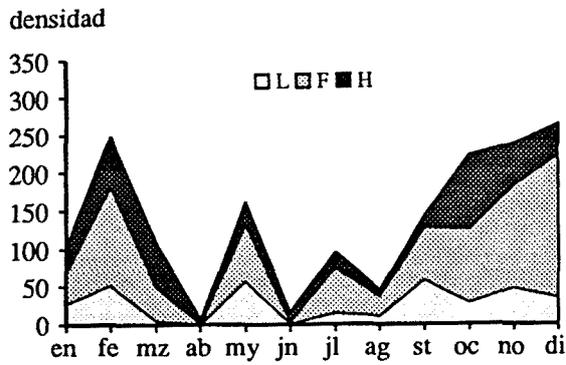


Figura 9.3.- Serra de l'Obac, parcela control. Distribución anual de la densidad (en ej/100 cm²), riqueza de especies y diversidad de Shannon en los distintos horizontes del perfil edáfico. En la columna de la izquierda se representan los tres horizontes L, F y H. En la columna de la derecha se representan el paquete de horizontes orgánicos (org), horizonte A11 y horizonte A12.

La densidad total de colémbolos en cada uno de los horizontes orgánicos L, F y H presenta unas fluctuaciones anuales muy similares (observese que los coeficientes de variación de los valores medios anuales son muy similares en los tres horizontes), con dos mínimos muy claros en los meses de abril y junio. En media anual, el menor valor de densidad se obtiene en el horizonte más superficial L, y el mayor en el horizonte inmediatamente inferior F. El horizonte H muestra un valor intermedio. La prueba U sólo indica significación entre los horizontes L y F, por lo que concluimos que en el horizonte L es donde se obtiene una menor densidad de población de entre los horizontes orgánicos.

Considerando los horizontes orgánicos en conjunto (paquete orgánico del perfil) y comparándolos con los horizontes A11 y A12, la mayor densidad de población anual se obtiene en el paquete orgánico y disminuye con la profundidad. La prueba U indica diferencias significativas entre la densidad del paquete orgánico con respecto al horizonte A11, y entre éste y el horizonte más profundo A12. Los coeficientes de variación anuales no son muy diferentes entre estos tres horizontes, pero se observa una tendencia de aumento desde los orgánicos hacia el A12 que nos indica una mayor oscilación anual de la densidad a medida que se profundiza en el perfil del suelo.

Lo más destacable de la distribución anual de la densidad en todo el perfil es que en el mes de abril, cuando la densidad es mínima en el paquete orgánico, es máxima en los horizontes A11 y A12. En junio se da el otro mínimo anual de densidad en los horizontes orgánicos, mientras que en los minerales A11 y A12 este parámetro es ligeramente superior. En general, durante todo el periodo estival (climatológicamente representados por junio, julio y agosto), es cuando se presenta una mayor homogeneidad de densidad en todo el perfil edáfico, mientras que en meses lluviosos (o sin déficit hídrico) la densidad de población es siempre superior en el paquete orgánico del suelo.

Los rangos de variación anual de la densidad total de colémbolos en cada uno de los horizontes son los siguientes:

		máximo		mínimo
Horizonte L	setiembre	57.76 ej/100 cm ²	abril	0.41 ej/100 cm ² .
Horizonte F	diciembre	186.75 ej/100 cm ²	abril	0.41 ej/100 cm ² .
Horizonte H	octubre	98.17 ej/100 cm ²	abril	7.14 ej/100 cm ² .
Horizonte A11	abril	149.20 ej/100 cm ²	setiembre	8.15 ej/100 cm ² .
Horizonte A12	abril	40.23 ej/100 cm ²	octubre	0.51 ej/100 cm ²

La riqueza de especies de colémbolos en cada uno de los tres horizontes orgánicos L, F y H es muy similar durante todo el año, con medias anuales y coeficientes de variación prácticamente iguales. La prueba U no da significación entre pares de horizontes. En la distribución anual de riqueza en los tres horizontes se producen dos mínimos anuales correspondientes a los meses de abril y junio.

Comparando el conjunto del paquete orgánico con los dos horizontes minerales, la riqueza es mayor en el primero y disminuye con la profundidad (la prueba U indica diferencias significativas entre orgánicos y A11 por un lado, y entre A11 y A12 por otro). En el horizonte A11 es donde se obtiene un menor coeficiente de variación anual, lo que indica que en este horizonte es donde se dan las menores oscilaciones anuales de riqueza.

El único mes del año en que la riqueza es menor en el paquete orgánico que en los horizontes minerales es en abril. En junio la riqueza es prácticamente la misma en todo el perfil. En el resto del año la riqueza es siempre superior en el conjunto de los horizontes orgánicos, seguidos del A11 y el A12.

Mediante análisis de correlación de rango entre la pluviosidad mensual (en mm) y la densidad y riqueza totales de colémbolos en cada horizonte del perfil edáfico (tabla 9.2), comprobamos que en los horizontes orgánicos la correlación es positiva, mientras que en los minerales es negativa. En los horizontes L, F y el conjunto del paquete orgánico, las correlaciones son significativas entre la pluviosidad mensual y la densidad y riqueza; en los horizontes minerales A11 y A12 sólo se da significación entre la pluviosidad y la densidad.

		rs	sig.	p
horizonte L	densidad	0.81	+	**
	riqueza	0.73	+	*
horizonte F	densidad	0.68	+	*
	riqueza	0.66	+	*
horizonte H	densidad	0.36	+	ns
	riqueza	0.39	+	ns
paquete hor. orgánicos	densidad	0.69	+	*
	riqueza	0.64	+	*
horizonte A11	densidad	0.67	-	*
	riqueza	0.07	-	ns
horizonte A12	densidad	0.75	-	*
	riqueza	0.59	-	ns

Tabla 9.2.- Serra de l'Obac, parcela control. Análisis de correlación de rango entre la pluviosidad mensual y la densidad (ej/100 cm²) y entre la pluviosidad y la riqueza. La columna signo indica el signo de la correlación. rs coeficiente de correlación de rango de Spearman. La columna p indica el nivel de significación de la correlación: ** p<0.01, * p<0.05, ns correlación no significativa.

Esto evidencia una dinámica anual similar en los horizontes orgánicos por un lado, y en los minerales por otro, y contraria entre ambos grupos de horizontes. Asimismo pone de manifiesto la mayor dependencia de los horizontes orgánicos más superficiales L y F frente a las oscilaciones de pluviosidad, así como las migraciones verticales entre los dos grupos de horizontes en función de la disponibilidad de agua.

La diversidad de Shanon es muy similar en los tres horizontes orgánicos, con medias anuales prácticamente iguales; la prueba U no indica diferencias significativas entre ningún par de horizontes. Los coeficientes de variación, si bien son de rango semejante, muestran una tendencia a disminuir desde el horizonte más superficial L hasta el H. En el primero de éstos es donde se observan las mayores oscilaciones anuales, con un mínimo muy acusado en abril.

Entre el paquete orgánico y el horizonte A11 no hay diferencias de diversidad, presentando unas medias anuales y unos coeficientes de variación muy similares. Sin embargo, el horizonte A12 sí presenta una diversidad significativamente inferior a la de los horizontes superiores y con un coeficiente de variación algo mayor. Esta situación se da debido a que en los meses de octubre y noviembre se producen valores cero de diversidad (comunidades monoespecíficas) que hacen disminuir la media y aumentar el coeficiente de variación; pero si atendemos a los meses de enero a setiembre, la diversidad no presenta diferencias en ninguno de los niveles del perfil edáfico.

La uniformidad es prácticamente igual en cada uno de los tres horizontes orgánicos. Entre éstos en conjunto y los horizontes A11 y A12 sí se observan diferencias (prueba U significativa entre el paquete orgánico y el horizonte A11), apreciándose un aumento de uniformidad media desde los horizontes orgánicos hacia los minerales. Los coeficientes de variación anuales de este parámetro son bastante bajos (máximo de 16.36% en el horizonte L) y muy similares en todo el perfil de suelo.

La rareza es muy semejante entre los tres horizontes orgánicos, con medias anuales similares y un coeficiente de variación bastante más bajo en el horizonte F con respecto al L y el H. Entre el paquete orgánico y los horizontes minerales sí se dan diferencias significativas (prueba U significativa entre pares de horizontes), produciéndose un descenso neto de especies raras a medida que se profundiza desde los horizontes orgánicos hacia el horizonte A11 y el A12. El coeficiente de variación es muy superior en el A11, mientras que en el A12 es cero ya que la media anual de rareza es cero.

El índice de Berger-Parker no muestra diferencias significativas entre los tres horizontes orgánicos, ni tampoco entre estos en conjunto y los horizontes minerales ni entre los horizontes minerales entre si. Es un parámetro muy homogéneo en todo el perfil en cuanto a media anual, si bien los coeficientes de variación, aunque de rango moderadamente bajo, son algo más variables y presentan una tendencia de aumento a medida que se profundiza en el perfil del suelo.

El índice S_{50} no muestra diferencias significativas entre los tres horizontes orgánicos, si bien es de distribución anual muy variable en el horizonte L, con respecto al F y el H, como indica su elevado coeficiente de variación. Entre el paquete orgánico y el horizonte A11 si hay diferencias (prueba U significativa), presentandose un gradiente de aumento entre el conjunto de los horizontes orgánicos y los horizontes minerales. Los coeficientes de variación son bastante similares entre el A11 y el A12, y algo menor en el paquete orgánico.

En resumen, en la distribución vertical de la comunidad de colémbolos a lo largo del año cabe destacar los siguientes puntos:

- Fluctuación anual de densidad y riqueza de colémbolos en los tres horizontes orgánicos L, F y H en concordancia con el agua de lluvia caída en cada periodo de muestreo, como puede verse por la comparación entre los diagramas de precipitación (figura 2.1 en capítulo 2.1) y la figura 9.3 y en el análisis de correlación de la tabla 9.2.
- Migración de los colémbolos hacia horizontes profundos en periodos de poca disponibilidad de agua (escasas precipitaciones), donde la humedad ambiente es más elevada.
- Homogeneización de densidad y riqueza en todo el perfil edáfico durante el periodo estival.
- Homogeneidad del índice de Berger-Parker en todo el perfil de suelo. Por lo tanto, por término medio, la especie de colémbolo más abundante supone entre el 31% y el 44% del total de colémbolos en todo el perfil edáfico.
- En los tres horizontes orgánicos L, F y H, la comunidad de colémbolos presenta una estructura semejante, con la única diferencia de que el horizonte L es el más pobre en densidad, mientras que, en conjunto, el paquete orgánico muestra una estructura de la comunidad diferenciada de la que presentan los horizontes minerales A11 y A12.
- Se observa un gradiente en profundidad (considerando los tres horizontes orgánicos como una unidad), que se caracteriza por:
 - . Disminución de densidad, riqueza y rareza (y de diversidad sólo entre A11 y A12).
 - . Aumento de uniformidad (y del S_{50} sólo entre orgánicos y A11).
 - . Se requieren un promedio de dos especies para contabilizar el 50% del total de colémbolos en los horizontes orgánicos, y algo más de dos especies en los horizontes minerales.

9.1.3.- Densidad, frecuencia y abundancia de las especies.

En las tablas 9.3 y 9.4 se indica, para cada especie, la densidad media anual, su coeficiente de variación, la abundancia relativa y la frecuencia en cada uno de los horizontes del perfil edáfico. Los datos de frecuencia y abundancia se representan conjuntamente en las figuras 9.4, 9.5 y 9.6. En estas gráficas se señalan mediante líneas punteadas, en el eje x (abundancia relativa) los puntos de 2% y 5%, que marcan los límites de las especies poco dominantes ($Ar < 2\%$), medianamente dominantes ($5\% > Ar > 2\%$) y dominantes ($Ar > 5\%$); y en el eje y (frecuencia) los puntos de 25%, 50% y 75%, que marcan los límites de especies accidentales ($F < 25\%$), accesorias ($25\% < F < 50\%$), constantes ($50\% < F < 75\%$) y euconstantes ($75\% < F < 100\%$).

Folsomia manolachei (Fma) e *Isotoma notabilis* (Ino) son dominantes en todos los horizontes del perfil, euconstantes en los orgánicos y A11 y constantes en el A12. En los tres horizontes orgánicos destacan, además, *Lepidocyrtus lanuginosus* (Lla), *Protaphorura nemorata* (Pne) en F y H, y *Xenylla maritima* (Xma) y *Mesaphorura italica* (Mit) en el horizonte más superficial L.

En los horizontes A11 y A12 es donde hay un mayor número de especies dominantes, y toman importancia especies euedáficas como *Isotomiella minor* (Imi) y *Neonaphorura hexaspina* (Nhe) (esta última sólo en A12).

Estas ocho especies mencionadas, por su elevada abundancia relativa y frecuencia combinadas, podemos considerarlas como fundamentales de la parcela control de la serra de l'Obac.

Analizando los coeficientes de variación de la densidad total en cada uno de los horizontes del perfil, se observa que la mayoría de las especies presenta un CV superior a 100 sea cual sea el horizonte. Esto nos indica que las fluctuaciones de densidad específica anual son, en general, bastante acusadas.

Tabla 9.3.- (página siguiente) Serra de l'Obac, parcela control. Densidad media (Dm) con su coeficiente de variación (CV), Abundancia relativa (Ar) y frecuencia anual (F) de cada especie en los tres horizontes orgánicos L, F y H. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

Tabla 9.4.- (página siguiente) Serra de l'Obac, parcela control. Densidad media (Dm) con su coeficiente de variación (CV), Abundancia relativa (Ar) y frecuencia anual (F) de cada especie en el paquete de horizontes orgánicos (L+F+H), horizonte A11 y horizonte A12. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

SERRA DE L'OBAC. PARCELA CONTROL

	horizonte L				horizonte F				horizonte H			
	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F
Xma	2.76	88.14	9.90	83.33	2.76	182.89	3.85	75.00	0.46	120.53	1.21	66.67
Xsc	0.22	88.04	0.79	66.67	0.12	191.13	0.17	33.33	0.75	209.29	1.97	41.67
Car	0.09	267.58	0.31	16.67	0.53	201.43	0.74	50.00	0.65	115.19	1.70	66.67
Cen	0.88	129.29	3.18	58.33	0.63	145.32	0.88	58.33	0.58	193.76	1.52	41.67
Wan	0.14	176.78	0.49	33.33	1.05	152.16	1.47	58.33	0.60	111.50	1.57	66.67
Mdu	-	-	-	-	0.02	331.66	0.02	8.33	0.07	254.95	0.18	16.67
Ogi	0.02	331.66	0.06	8.33	0.05	331.66	0.07	8.33	0.14	154.11	0.36	33.33
Olo	0.05	331.66	0.18	8.33	-	-	-	-	0.02	331.66	0.04	8.33
Ova	-	-	-	-	0.02	331.66	0.02	8.33	0.02	331.66	0.04	8.33
Ffa	0.09	206.88	0.31	25.00	0.70	137.00	0.98	50.00	0.36	156.71	0.94	41.67
Ppa	0.05	238.05	0.18	16.67	0.10	173.21	0.14	33.33	0.09	228.91	0.22	16.67
Pca	0.02	331.66	0.06	8.33	0.09	118.32	0.12	41.67	0.07	254.95	0.18	16.67
Mpy	0.09	331.66	0.31	8.33	0.65	150.25	0.90	50.00	0.09	182.21	0.22	25.00
Mse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pbo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dde	0.14	206.16	0.49	33.33	0.44	97.60	0.62	83.33	0.15	155.16	0.40	33.33
Bau	0.02	331.66	0.06	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Maf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nhe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mcr	0.10	129.10	0.37	41.67	1.09	87.39	1.52	83.33	0.65	120.82	1.70	58.33
Mit	2.62	217.25	9.41	58.33	3.13	120.18	4.38	83.33	1.53	101.62	4.04	83.33
Pne	0.66	94.94	2.38	83.33	5.19	89.54	7.25	83.33	2.64	91.90	6.95	83.33
Osi	0.02	331.66	0.06	8.33	0.15	204.58	0.21	25.00	0.17	145.60	0.45	41.67
Cde	-	-	-	-	0.05	331.66	0.07	8.33	0.02	331.66	0.04	8.33
Aly	0.12	130.15	0.43	41.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Pac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fma	9.75	88.66	35.00	83.33	22.96	87.47	32.11	83.33	8.64	70.35	22.78	91.67
Ifu	0.24	200.51	0.86	33.33	0.36	165.16	0.50	50.00	0.10	152.75	0.27	33.33
Imi	0.10	191.49	0.37	25.00	3.21	169.44	4.50	66.67	1.43	173.79	3.77	58.33
Ino	5.68	115.01	20.40	75.00	18.83	84.51	26.33	83.33	12.19	129.62	32.15	83.33
Emu	0.07	187.08	0.24	25.00	0.03	223.61	0.05	16.67	0.02	331.66	0.04	8.33
Enb	0.53	90.03	1.89	75.00	1.43	122.34	2.00	91.67	0.80	76.92	2.11	83.33
Lla	1.63	83.39	5.86	83.33	5.56	111.91	7.78	91.67	4.52	93.31	11.93	100.00
Lli	0.09	206.88	0.31	25.00	0.03	223.61	0.05	16.67	0.03	331.66	0.09	8.33
Llu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lmo	-	-	-	-	0.02	331.66	0.02	8.33	0.02	331.66	0.04	8.33
Pfa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psu	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	223.61	0.09	16.67
Hma	0.39	98.67	1.41	58.33	0.44	111.21	0.62	66.67	0.09	206.88	0.22	25.00
Oqu	0.22	95.77	0.79	66.67	0.20	122.47	0.29	58.33	0.12	109.73	0.31	50.00
Cal	-	-	-	-	0.02	331.66	0.02	8.33	0.02	331.66	0.04	8.33
Onc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mmi	0.02	331.66	0.06	8.33	0.15	173.21	0.21	33.33	0.09	267.58	0.22	16.67
Spu	0.66	187.64	2.38	41.67	0.95	149.32	1.33	58.33	0.34	137.11	0.90	58.33
Ssp	0.03	223.61	0.12	16.67	0.07	331.66	0.10	8.33	0.05	238.05	0.13	16.67
Aca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ael	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	187.08	0.18	25.00
Sre	0.26	146.52	0.92	41.67	0.39	117.55	0.55	58.33	0.34	143.53	0.90	66.67
Dor	0.02	331.66	0.06	8.33	0.02	331.66	0.02	8.33	-	-	-	-
Bou	0.03	223.61	0.12	16.67	0.05	173.21	0.07	25.00	0.02	331.66	0.04	8.33
Llb	0.07	187.08	0.24	25.00	0.02	331.66	0.02	8.33	-	-	-	-

Tabla 9.3

SERRA DE L'OBAC. PARCELA CONTROL

	paquete de horizontes orgánicos				horizonte A11				horizonte A12			
	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F
Xma	5.97	118.30	4.35	100.00	0.04	331.66	0.09	8.33	-	-	-	-
Xsc	1.09	170.36	0.79	66.67	0.04	331.66	0.09	8.33	-	-	-	-
Car	1.26	139.00	0.92	75.00	0.81	155.69	1.64	66.67	0.34	176.78	2.20	33.33
Cen	2.09	101.87	1.52	75.00	1.06	143.28	2.16	58.33	0.34	111.80	2.20	50.00
Wan	1.79	126.24	1.30	75.00	1.70	96.70	3.45	66.67	0.51	168.33	3.30	33.33
Mdu	0.09	206.88	0.06	25.00	0.08	223.61	0.17	16.67	-	-	-	-
Ogi	0.20	163.30	0.15	33.33	0.30	130.15	0.60	41.67	0.34	289.40	2.20	16.67
Olo	0.07	254.95	0.05	16.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Ova	0.03	223.61	0.02	16.67	0.04	331.66	0.09	8.33	-	-	-	-
Ffa	1.14	127.16	0.83	58.33	0.59	109.73	1.21	58.33	0.34	141.42	2.20	41.67
Ppa	0.24	181.27	0.17	33.33	0.21	153.62	0.43	33.33	-	-	-	-
Pca	0.17	95.92	0.12	66.67	0.08	223.61	0.17	16.67	-	-	-	-
Mpy	0.82	160.40	0.59	58.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Mse	-	-	-	-	0.08	223.61	0.17	16.67	-	-	-	-
Pbo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cna	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	331.66	0.27	8.33
Dde	0.73	77.65	0.53	83.33	0.34	141.42	0.69	41.67	0.08	331.66	0.55	8.33
Bau	0.02	331.66	0.01	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Maf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nhe	-	-	-	-	1.06	124.64	2.16	66.67	2.04	81.01	13.19	75.00
Mcr	1.84	80.64	1.34	83.33	1.99	159.26	4.06	83.33	0.51	122.47	3.30	50.00
Mit	7.28	124.79	5.30	100.00	3.90	103.58	7.94	91.67	2.04	187.92	13.19	66.67
Pne	8.49	70.56	6.18	83.33	5.35	94.88	10.88	91.67	0.47	272.58	3.02	16.67
Osi	0.34	163.10	0.25	41.67	1.65	78.57	3.37	91.67	0.76	100.00	4.95	66.67
Cde	0.07	254.95	0.05	16.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Aly	0.12	130.15	0.09	41.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Pac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fma	41.35	76.62	30.12	91.67	10.52	107.28	21.42	100.00	2.97	122.39	19.23	58.33
Ifu	0.70	167.90	0.51	66.67	0.13	238.05	0.26	16.67	-	-	-	-
Imi	4.75	166.73	3.46	75.00	5.26	118.48	10.71	100.00	2.08	147.09	13.46	66.67
Ino	36.70	81.34	26.74	83.33	9.55	154.61	19.43	100.00	1.82	137.41	11.81	66.67
Emu	0.12	130.15	0.09	41.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Enb	2.76	83.07	2.01	100.00	0.13	238.05	0.26	16.67	0.13	238.05	0.82	16.67
Lla	11.72	87.45	8.54	100.00	3.23	139.80	6.56	91.67	0.34	154.11	2.20	33.33
Lli	0.15	155.16	0.11	41.67	0.04	331.66	0.09	8.33	-	-	-	-
Llu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lmo	0.03	331.66	0.02	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Pfa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psu	0.03	223.61	0.02	16.67	0.42	107.70	0.86	50.00	0.13	173.21	0.82	25.00
Hma	0.92	100.82	0.67	75.00	0.13	238.05	0.26	16.67	-	-	-	-
Oqu	0.54	73.95	0.40	91.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Cal	0.03	331.66	0.02	8.33	0.13	238.05	0.26	16.67	0.08	331.66	0.55	8.33
Onc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mmi	0.26	139.04	0.19	41.67	0.04	331.66	0.09	8.33	-	-	-	-
Spu	1.96	143.74	1.42	66.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Ssp	0.15	218.58	0.11	33.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Aca	-	-	-	-	0.08	223.61	0.17	16.67	0.04	331.66	0.27	8.33
Ael	0.07	187.08	0.05	25.00	0.04	331.66	0.09	8.33	-	-	-	-
Sre	0.99	123.22	0.72	66.67	0.08	223.61	0.17	16.67	-	-	-	-
Dor	0.03	223.61	0.02	16.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Bou	0.10	152.75	0.07	33.33	-	-	-	-	0.04	331.66	0.27	8.33
Llb	0.09	153.62	0.06	33.33	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 9.4

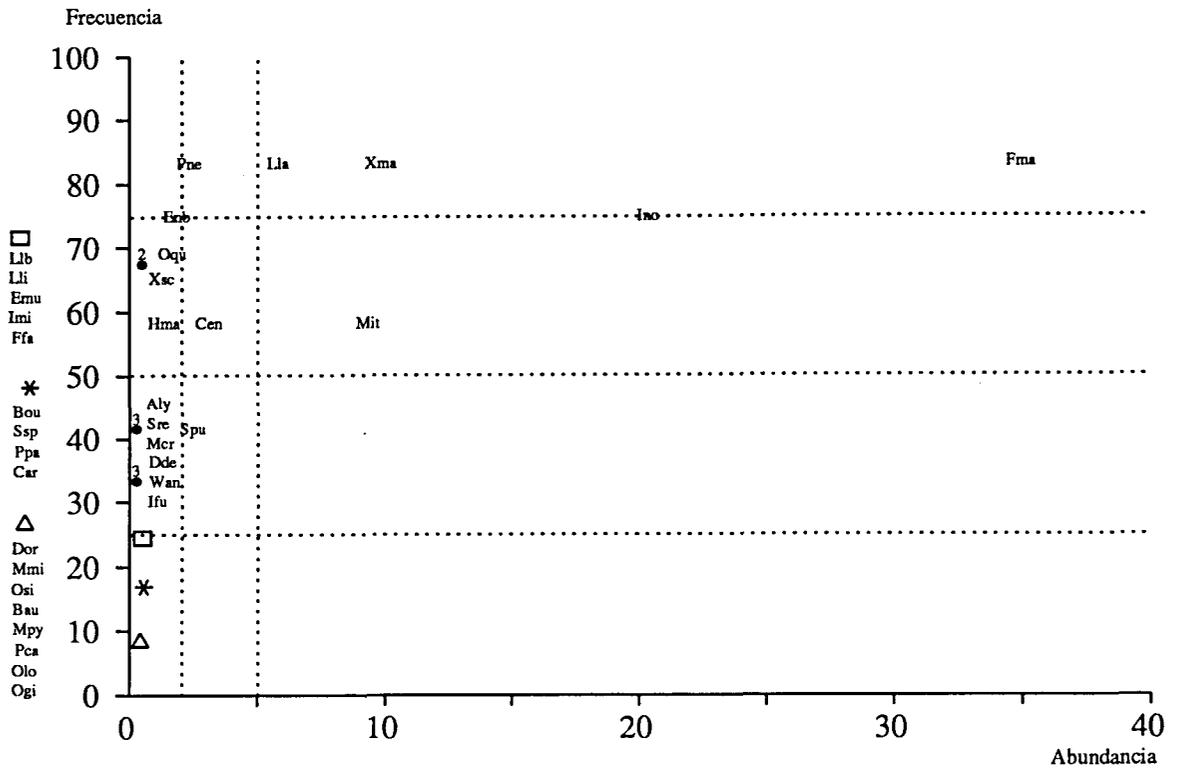


Figura 9.4a.- Serra de l'Obac, parcela control. Horizonte L. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

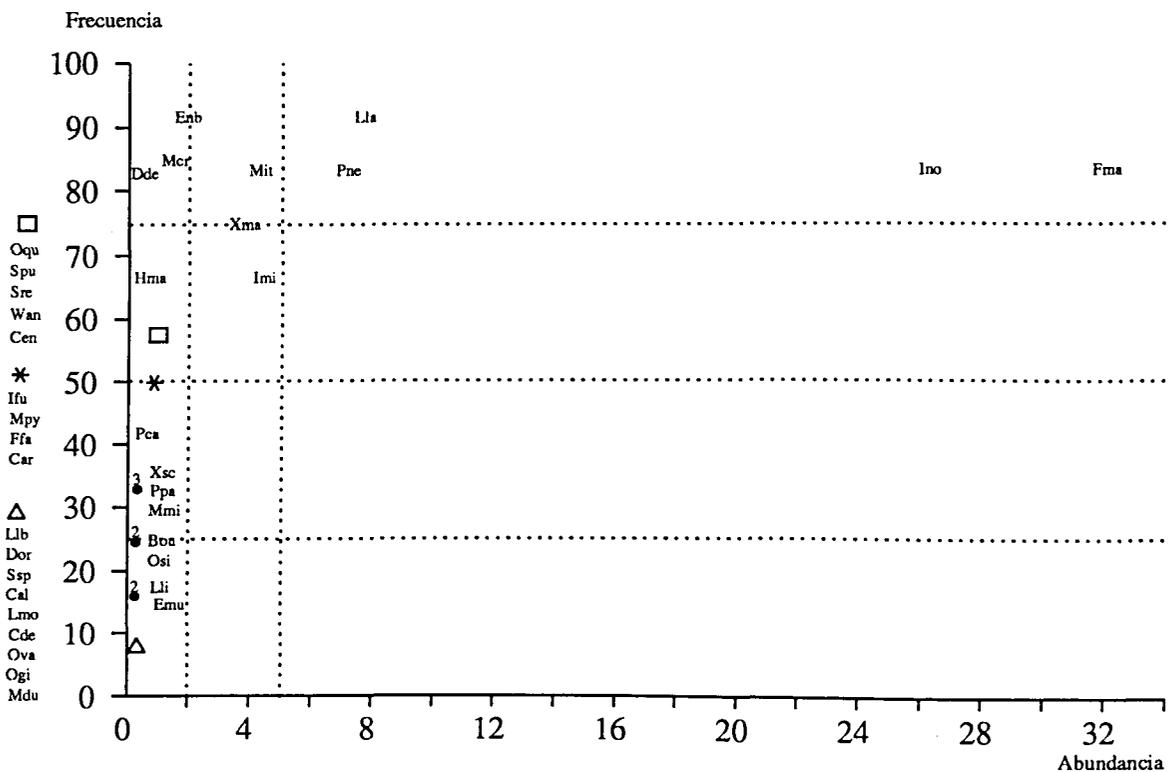


Figura 9.4b.- Serra de l'Obac, parcela control. Horizonte F. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

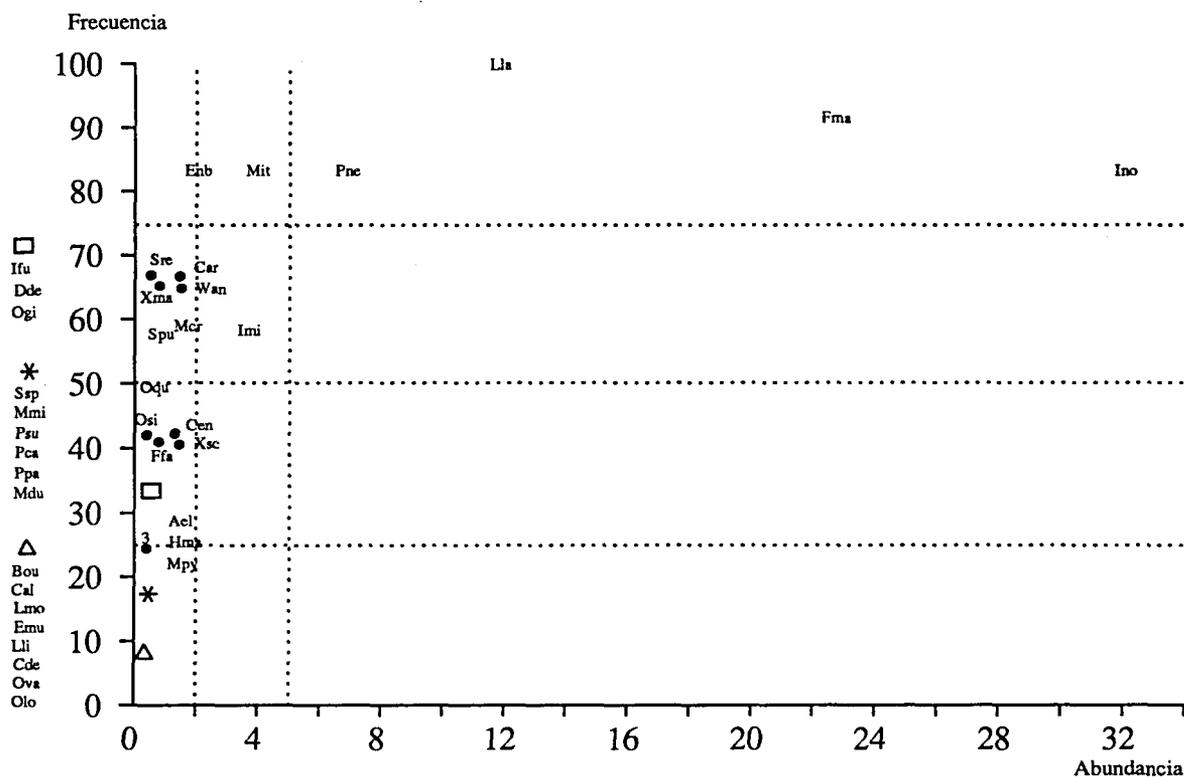


Figura 9.5a.- Serra de l'Obac, parcela control. Horizonte H. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

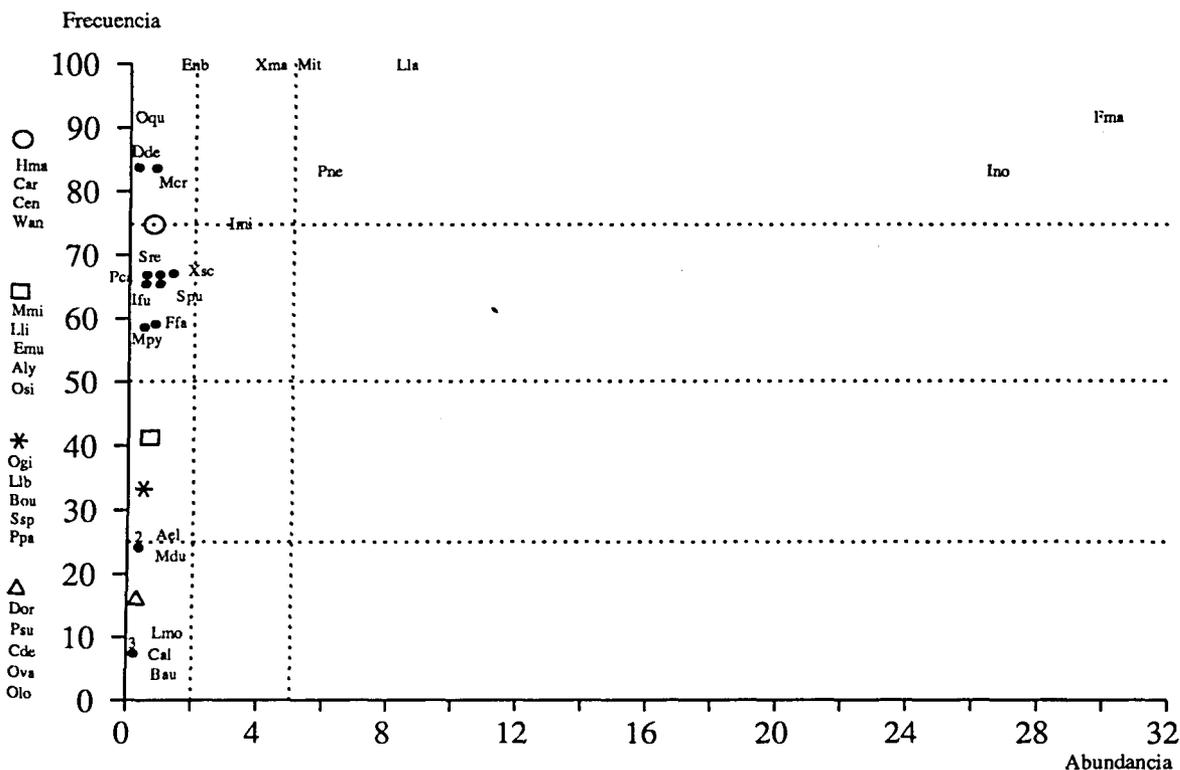


Figura 9.5b.- Serra de l'Obac, parcela control. Paquete de horizontes orgánicos(L+F+H). Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

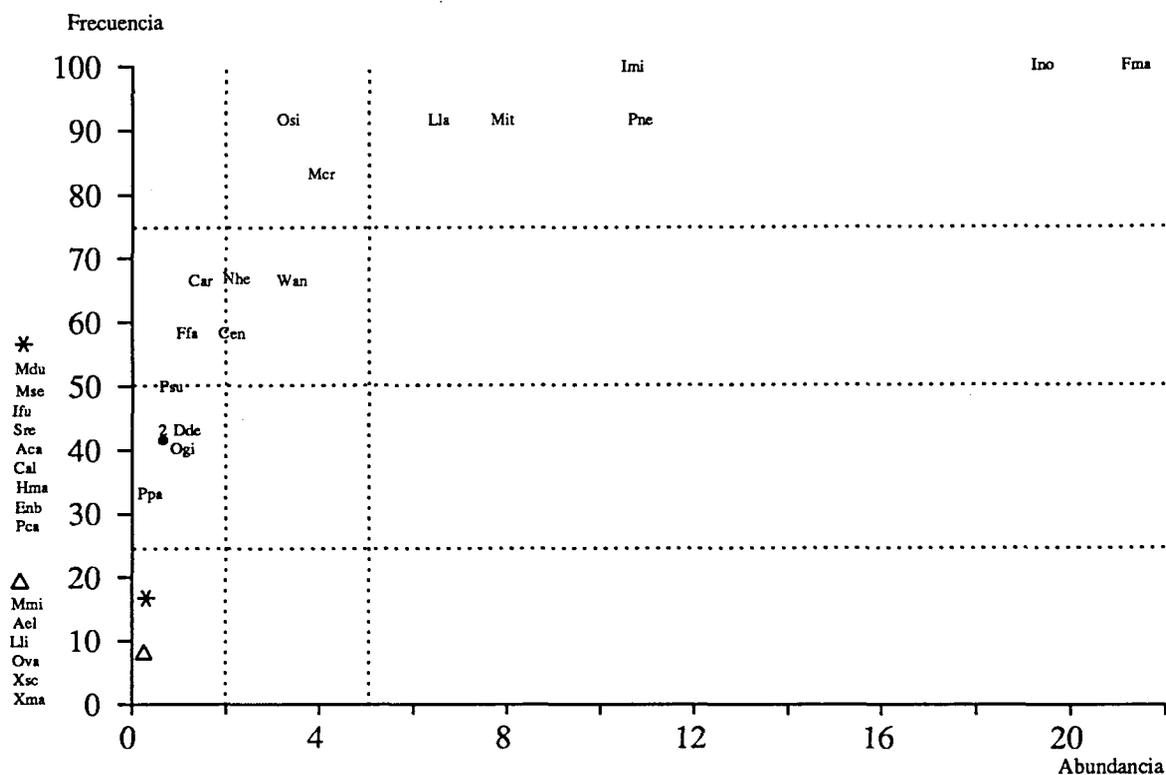


Figura 9.6a.- Serra de l'Obac, parcela control. Horizonte A11. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

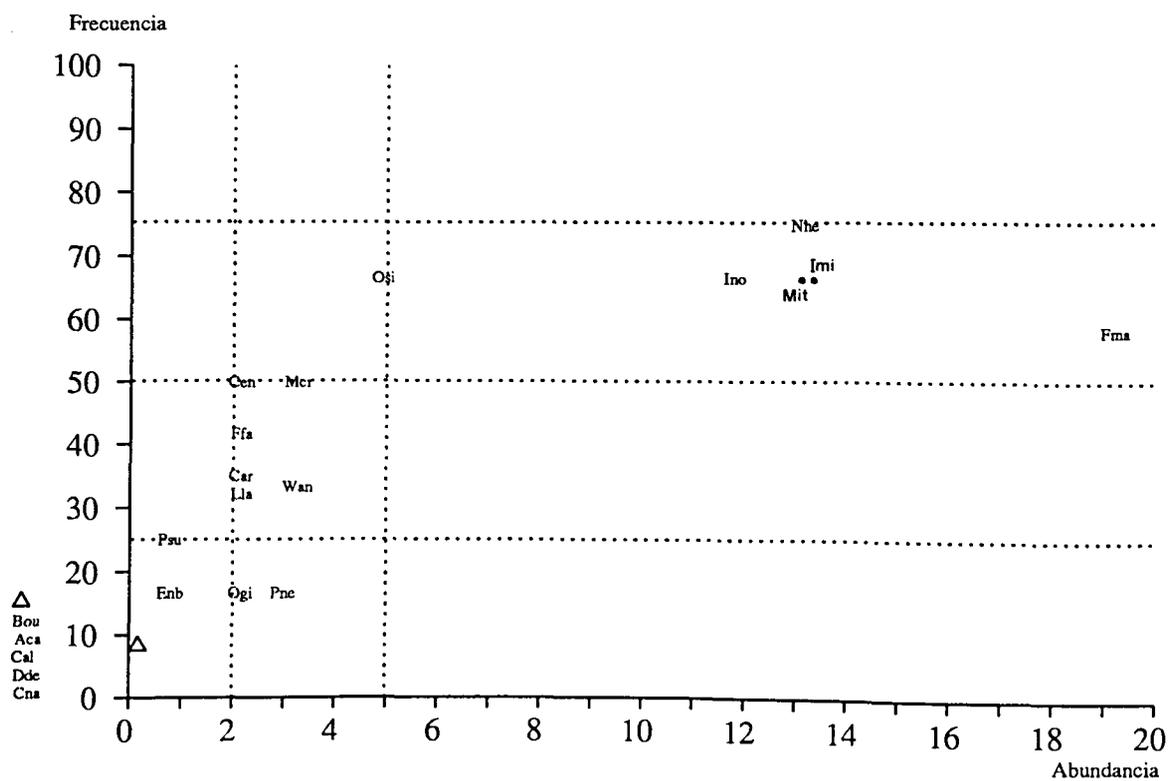


Figura 9.6b.- Serra de l'Obac, parcela control. Horizonte A12. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

En los horizontes orgánicos hay un mayor número de especies euconstantes y constantes que en los horizontes minerales. De esta forma, el porcentaje de especies con frecuencia superior al 50% en cada uno de los horizontes es:

horizonte L	31.4%
horizonte F	43.2%
horizonte H	34.2%
horizontes orgánicos (L+F+H) ...	50.0%
horizonte A11	25.8%
horizonte A12	28.6%

Por lo tanto, en el paquete de horizontes orgánicos (y en cada uno de ellos individualmente) hay un mayor número de especies que habitan durante más tiempo al año que en los horizontes A11 y A12.

9.1.4.- Análisis de correspondencias (composición específica).

Se han realizado dos análisis de correspondencias utilizando dos matrices distintas de especies por muestras (ANACOR OC-1 y ANACOR OC-2). En estos análisis se han eliminado, de aquellas especies cuya frecuencia anual es inferior a 17% (especies presentes en menos de tres meses al año), las que tienen una abundancia relativa anual inferior o igual a 0.1%, de cara a evitar una excesiva polarización de los datos debido a la presencia de especies que se presentan en muy poca cantidad y en muy pocas muestras. Han quedado un total de 38 especies que intervendrán en los análisis.

El primer análisis (ANACOR OC-1) se ha realizado en base a una matriz de 38 especies por 60 muestras, que contiene la densidad de aquellas en cada una de éstas. En esta matriz intervienen tres fuentes de variación distintas que interaccionan entre sí: la estacionalidad (variable Mes con 12 categorías), el nivel de profundidad que ocupa cada especie en cada periodo del año (variable Horizonte con 5 categorías), y las diferentes especies (variable Especie con 38 categorías).

El primer eje según este análisis extrae el 18% de la varianza total, y el segundo eje el 14%.

La representación de los puntos-muestra en el espacio de las especies se ha desdoblado en dos. Uno para los puntos-mes y otro para los puntos-horizonte (figuras 9.7 y 9.8 respectivamente). La representanci3n de los puntos-especie se realiza en la figura 9.9.

En la representación de los puntos-mes de la figura 9.7, los cinco puntos correspondientes a cada mes no se agrupan juntos, lo que indica que dentro de cada periodo de muestreo existe variabilidad vertical en la composición específica de la comunidad colembológica. Observando conjuntamente esta representación y la de los puntos-horizonte de la figura 9.8, se observa que, dentro de cada mes, el primer eje separa básicamente las muestras de

horizontes minerales (A11 y A12) en valores positivos y las de horizontes orgánicos (L, F, H) en valores negativos.

El segundo eje establece una separación en función de la estacionalidad. La mayor polaridad según este eje, se da para muestras de horizontes orgánicos, entre las que se diferencian muestras de periodos secos en valores negativos (abril y junio), frente a muestras de periodos "no secos" (el resto de meses) en valores positivos.

Por lo tanto, el eje 1 se interpreta claramente como un factor asociado a la variable Horizonte, mientras que el eje 2 lo está a la variable Mes. En el plano de los dos ejes las muestras de horizontes L, F y H presentan mayor dispersión que las de A11 y A12, lo que indica que las poblaciones de colémbolos en los horizontes orgánicos son más heterogéneas en su composición a lo largo del año.

En el espacio de las muestras las especies se distribuyen según los mismos gradientes explicados más arriba, tal y como se observa en la figura 9.9:

En valores más positivos del eje 1 las especies típicamente euedáficas, en valores negativos del eje 1 las especies características de horizontes orgánicos. Estas últimas se separan, según el eje 2, en características de meses secos en valores negativos, y características de meses no secos en valores positivos. Las especies situadas alrededor del centro de coordenadas pueden considerarse como eurítomas en lo que se refiere a su posición en el perfil vertical del suelo.

En el espacio delimitado por los ejes 1 y 2, las especies más definitorias de las situaciones extremas en la nube de puntos son:

- *Xenylla schillei* (Xsc), que es indicadora de horizontes superficiales durante meses con escasa pluviosidad.
- El grupo de especies *Entomobrya multifasciata* (Emu), *Anurophorus lydiae* (Aly), *Xenylla maritima* (Xma), *Sphaeridia pumilis* (Spu), *Lipothrix lubbocki* (Llb) y *Sminthurides* sp. (Ssp), que son indicadoras de horizontes orgánicos en meses sin déficit hídrico.
- *Arrhopalites caecus* (Aca) y *Neonaphorura hexaspina* (Nhe), que son indicadoras de horizontes minerales.

De este primer análisis extraemos las siguientes conclusiones básicas:

- Se observa una clara segregación entre los horizontes L, F y H por un lado y los horizontes A11 y A12 por otro, en cuanto a la representatividad de las distintas especies en cada uno de ellos.
- Que la comunidad de colémbolos edáficos está directamente influenciada por las características climatológicas que se presentan en cada mes (fundamentalmente la pluviosidad), siendo en los horizontes L, F y H donde esta influencia es más notoria.

- Se detecta la existencia de especies concretas asociadas a los distintos horizontes del perfil de suelo y, dentro de los orgánicos, a las diferentes condiciones climáticas a lo largo del año.

El segundo análisis de correspondencias (ANACOR OC-2) se ha realizado en base a una matriz que contiene la densidad de las 38 especies por cinco muestras (L, F, H, A11, A12), que resultan de fusionar los muestreos realizados en cada horizonte edáfico a lo largo del año en una única muestra acumulada hipotética. De esta forma se elimina la variabilidad original debida a la estacionalidad, con lo que obtendremos una visión de cómo se reparten las especies en el perfil de suelo, independientemente de la época del año.

Se han representado los puntos-muestra y los puntos-especie simultáneamente en el espacio delimitado por los dos primeros ejes de este análisis, figura 9.10.

El primer eje, que extrae el 64% del total de la varianza, separa los horizontes minerales A11 y A12 en valores positivos, de los horizontes orgánicos L, F y H en valores negativos. Las especies se distribuyen igualmente a derecha e izquierda del eje 1 según si son características de horizontes minerales u orgánicos. Las situadas próximas al centro de coordenadas son eurítocas en cuanto a su posición vertical en el perfil.

El segundo eje, que extrae el 23% de la varianza total, establece una polaridad máxima entre la especie *Anorophorus lydiae* (Aly), exclusiva del horizonte L, y *Arrhopalites elegans* (Ael) que sólo se encuentra en los horizontes H y A11. Este eje, en comparación con el eje 1, explica un bajo porcentaje de la varianza y establece un gradiente bien marcado en la distribución de las especies en los tres horizontes orgánicos. De esta forma, atendiendo a las especies situadas en valores negativos del eje 1, el gradiente según el eje 2 va desde las especies características del horizonte L en el extremo positivo, hasta las especies características del horizonte H en valores negativos, pasando por las del horizonte F en valores centrales.

En base a los dos análisis de correspondencias realizados y consultando las tablas 9.3 y 9.4, podemos catalogar las especies según su preferencia por ocupar un determinado horizonte edáfico. Así, en la tabla 9.5 se clasifican éstas según un gradiente vertical (superficie-profundidad) en el perfil, de forma que la primera es exclusiva del horizonte orgánico más superficial L, y la última es exclusiva de los horizontes minerales A11 y A12 (se excluyen las especies con abundancia relativa total anual inferior o igual a 0.1% y con frecuencia anual inferior a 17%).

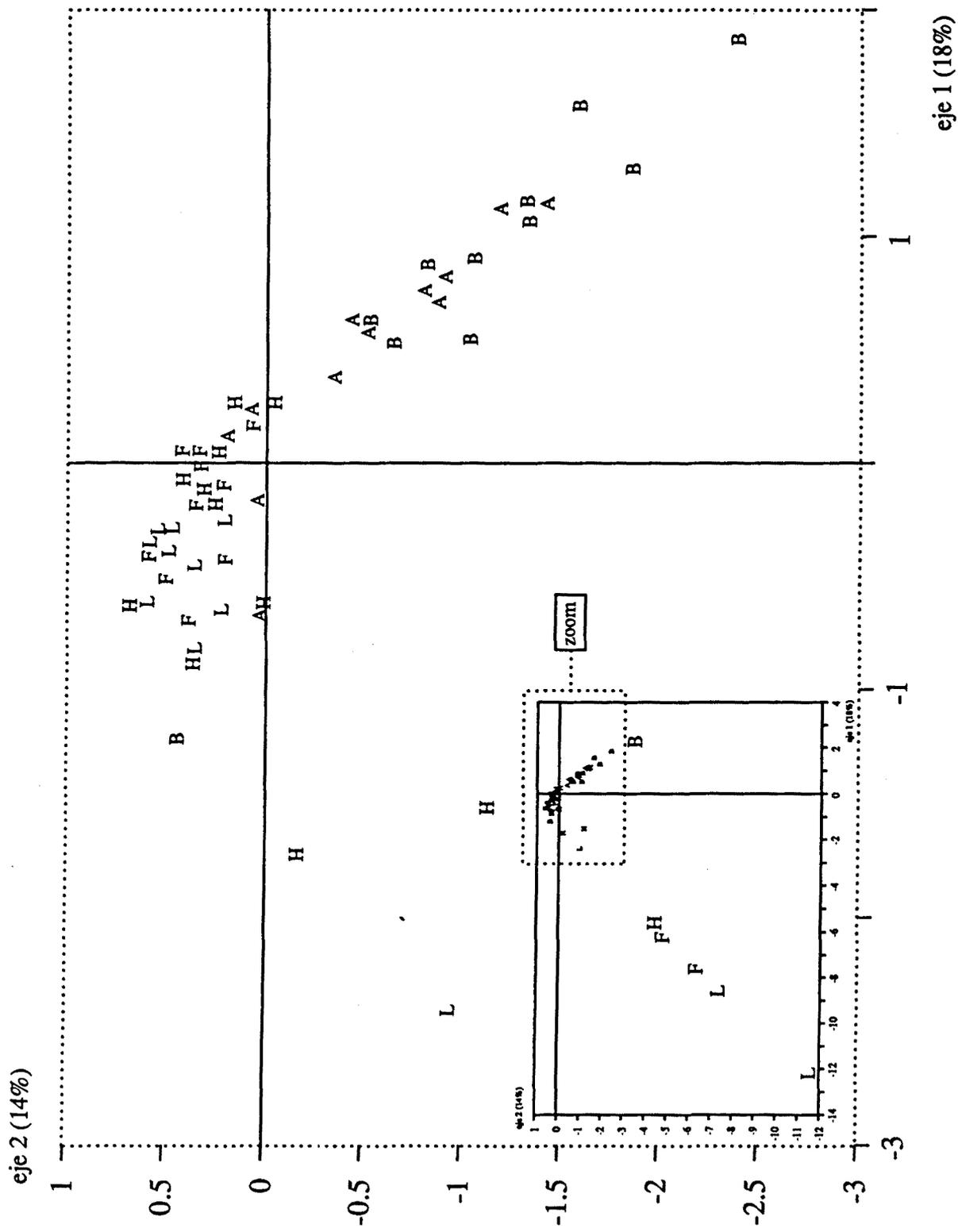


Figura 9.8.- Serra de l'Obac, parcela control. ANACOR OC-1. Representación de los puntos-horizonte en el plano delimitado por los dos primeros ejes. La zona punteada (zoom) de la gráfica pequeña se ve ampliada en la gráfica grande. L, F, H, A, B = horizontes L, F, H, A12 y A12 respectivamente.

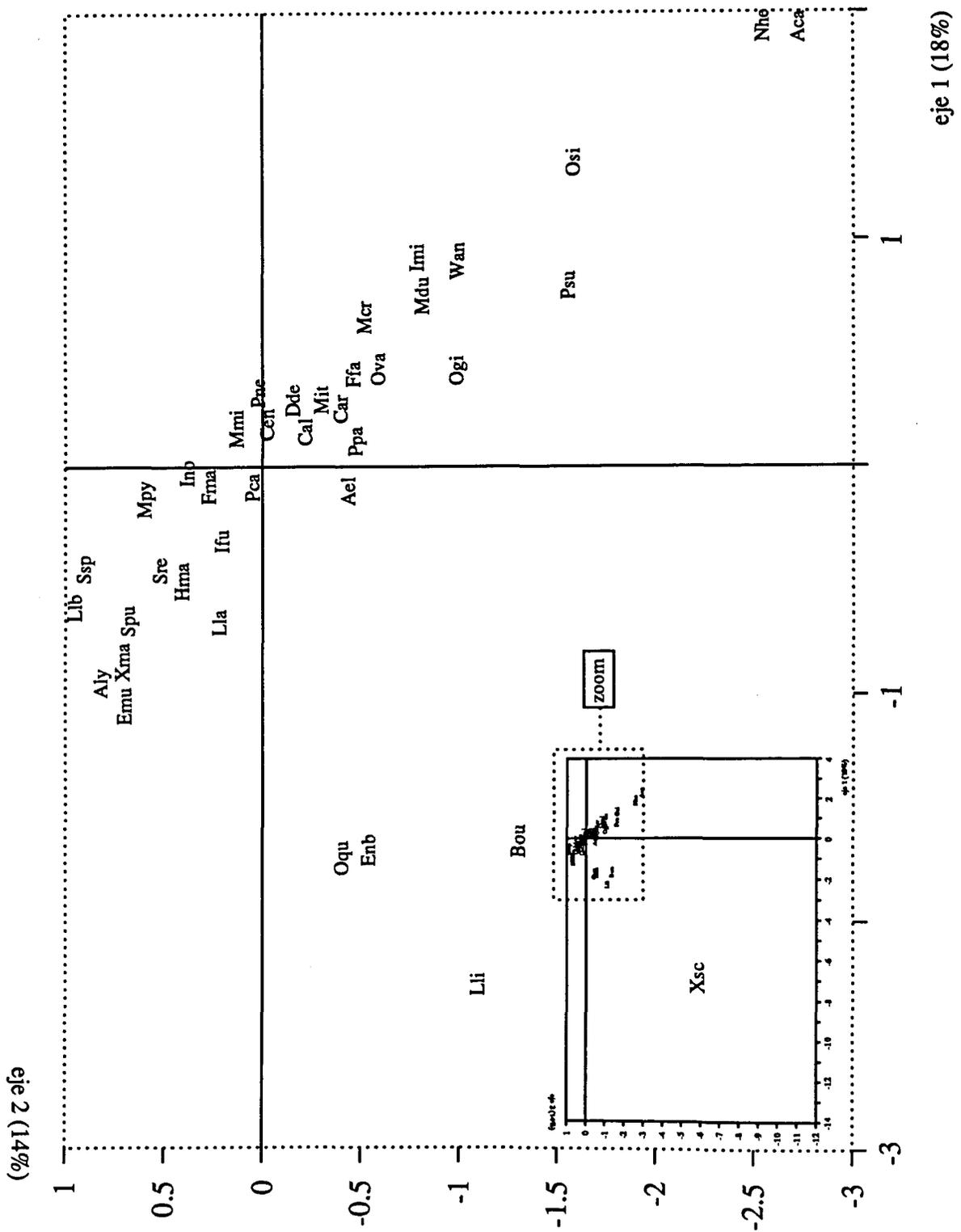


Figura 9.9.- Serra de l'Obac, parcela control. ANACOR OC-1. Representación de los puntos-especie en el plano delimitado por los dos primeros ejes. La zona punteada (zoom) de la gráfica pequeña se ve ampliada en la gráfica grande. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo 8.

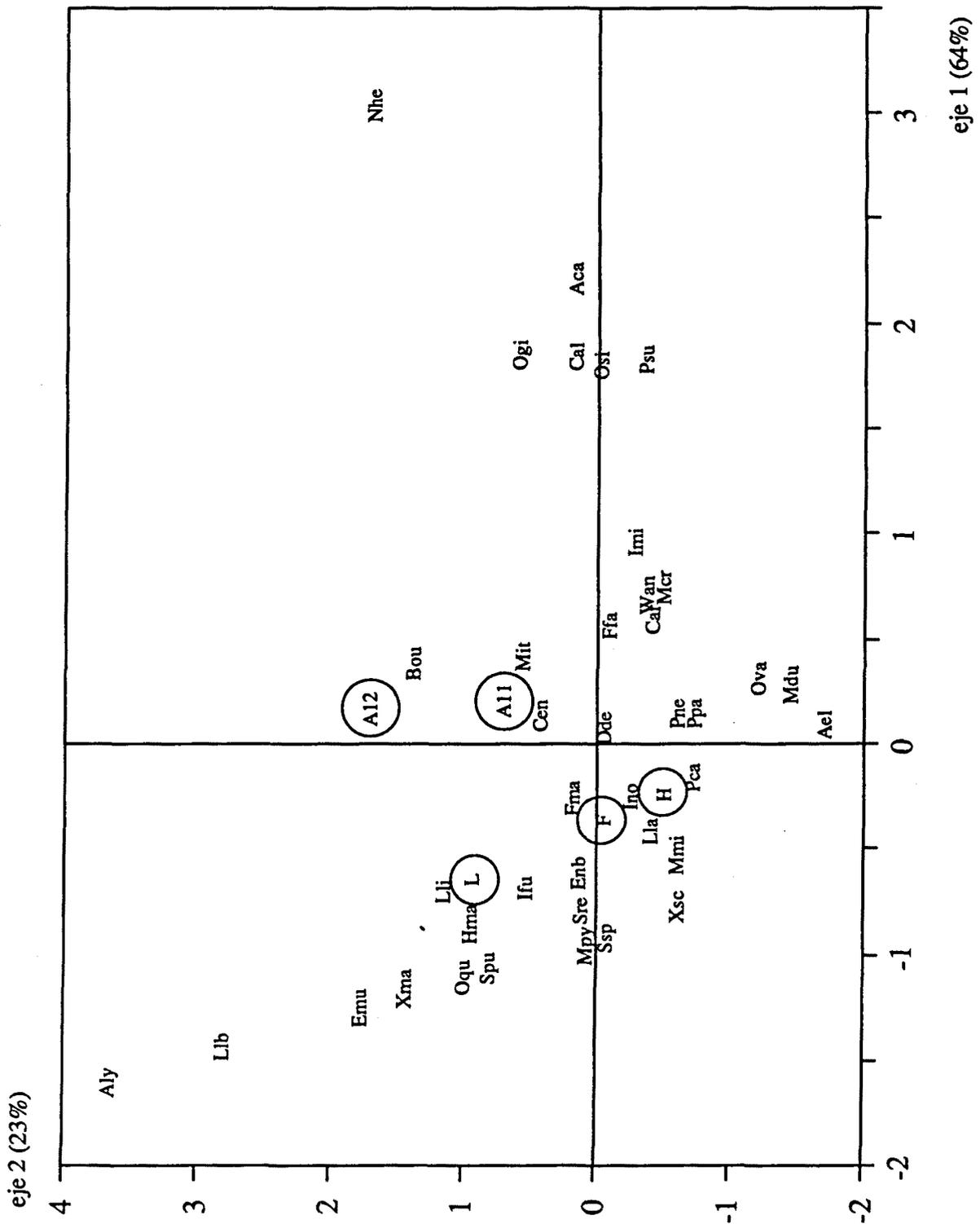


Figura 9.10.- Serra de l'Obac, parcela control. ANACOR OC-2. Representación simultánea de los puntos horizonte y los puntos-especie en el plano delimitado por los dos primeros ejes. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo 8.

ESPECIES EXCLUSIVAS DE HORIZONTES ORGANICOS

Aly	<i>Anurophorus lydiae</i>
Llu	<i>Lipothrix lubbocki</i>
Mpy	<i>Micranurida pygmaea</i>
Emu	<i>Entomobrya multifasciata</i>
Oqu	<i>Orchesella quinquefasciata</i>
Spu	<i>Sphaeridia pumilis</i>
Ssp	<i>Sminthurides sp.</i>

ESPECIES CARACTERISTICAS DE HORIZONTES ORGANICOS

Xma	<i>Xenylla maritima</i>
Lli	<i>Lepidocyrtus lignorum</i>
Hma	<i>Heteromurus major</i>
Ifu	<i>Isotomurus fucicola</i>
Enb	<i>Entomobrya nivalis+bimaculata</i>
Sre	<i>Sminthurinus reticulatus</i>
Xsc	<i>Xenylla schillei</i>
Mmi	<i>Megalothorax minimus</i>

ESPECIES EURITOPAS EN EL PERFIL EDAFICO

Fma	<i>Folsomia manolachei</i>
Ino	<i>Isotoma notabilis</i>
Lla	<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>
Pca	<i>Pseudachorutella catalonica</i>
Bou	<i>Bourletiella</i>
Mit	<i>Mesaphorura italica</i>
Pne	<i>Protaphorura nemorata</i>
Cen	<i>Ceratophysella engadinensis</i>
Dde	<i>Deutonura deficiens</i>
Ppa	<i>Pseudachorutes parvulus</i>
Ova	<i>Odontella vallvidrerensis</i>
Mdu	<i>Microgastrura duodecimoculata</i>
Ael	<i>Arrhopalites elegans</i>
Ffa	<i>Friesea fagei</i>
Car	<i>Ceratophysella armata</i>
Wan	<i>Willemia anophthalma</i>
Mcr	<i>Mesaphorura critica</i>
Imi	<i>Isotomiella minor</i>

ESPECIES CARACTERISTICAS DE HORIZONTES MINERALES

Ogi	<i>Odontella gisini</i>
Cal	<i>Cyphoderus albinus</i>
Osi	<i>Onychiurus silvarius</i>
Psu	<i>Pseudosinella subilliciens</i>

ESPECIES EXCLUSIVAS DE HORIZONTES MINERALES

Aca	<i>Arrhopalites caecus</i>
Nhe	<i>Neonaphorura hexaspina</i>

Tabla 9.5.- Serra de l'Obac, parcela control. Catalogación de las especies según sus preferencias de posición vertical en el perfil del suelo.

9.2.- PARCELA CONTROL DE LA SERRA DE PRADES.

9.2.1.- Espectro faunístico.

En cuanto a porcentaje de densidad de las diferentes familias (figura 9.11), los tres horizontes orgánicos L, F y H muestran un patrón similar con isotómidos (ISO), entomóbridos (ENT) e hipogastrúridos (HYP) como grupos mayoritarios y con odontélidos (ODO) representando un escaso porcentaje. Los oniquiúridos (ONI) muestran un aumento de importancia porcentual desde el horizonte L hasta el H, mientras que neanuridos (NEA) y sinfipleonas (SIN) disminuyen.

En los horizontes minerales se produce un gran aumento de oniquiúridos, que se constituye en el grupo mayoritario, en detrimento de hipogastrúridos, entomóbridos y sinfipleonas (este último grupo deja de estar presente en los horizontes minerales). Odontélidos y neanuridos no muestran variaciones notables desde el paquete de horizontes orgánicos hacia los minerales.

En cuanto al porcentaje de especies de cada familia (figura 9.12), en los tres horizontes orgánicos se presenta una situación parecida. Todas las familias suponen un porcentaje bastante similar, excepto los sinfipleonas que son minoritarios en los horizontes L y F, y los odontélidos que están sensiblemente menor representados en los tres horizontes.

En los horizontes minerales se da un espectro similar al del conjunto del paquete orgánico, con la salvedad de que los sinfipleonas no están aquí representados.

Lo más destacado con respecto a los porcentajes de densidad, es que los odontélidos y neanúridos muestran un mayor porcentaje en cuanto a número de especies, al igual que ocurría con los neanúridos en la serra de l'O-bac.

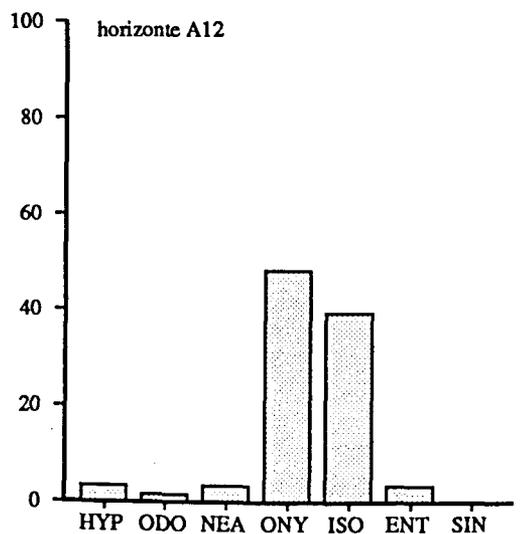
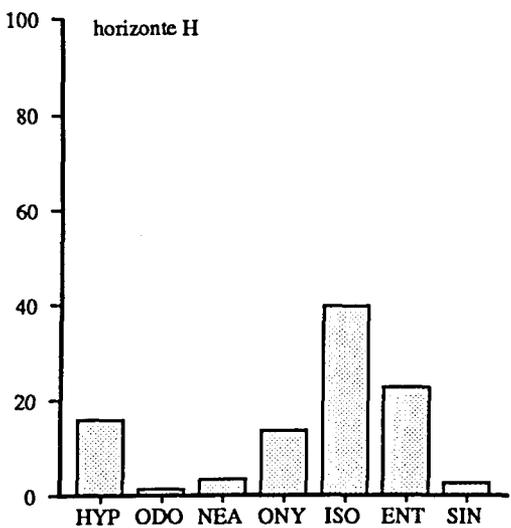
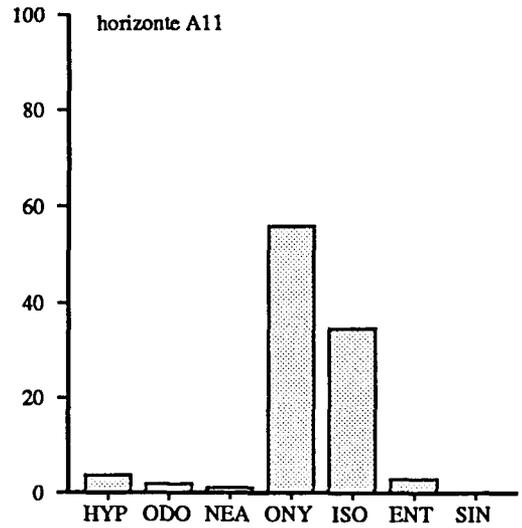
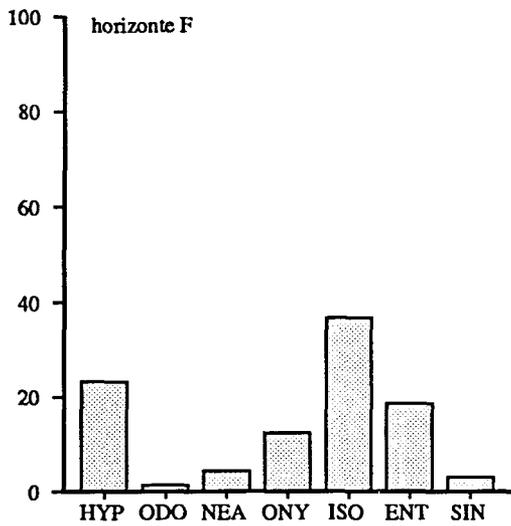
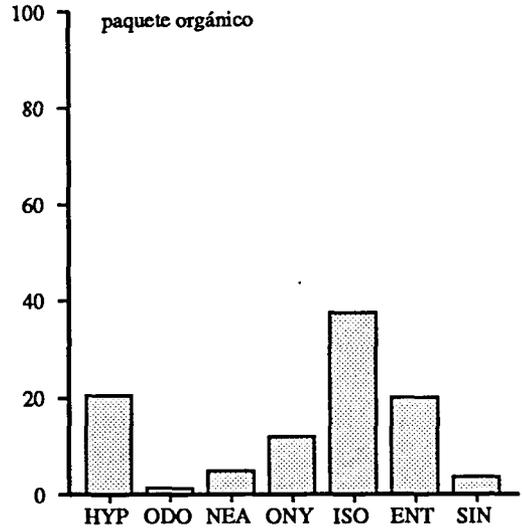
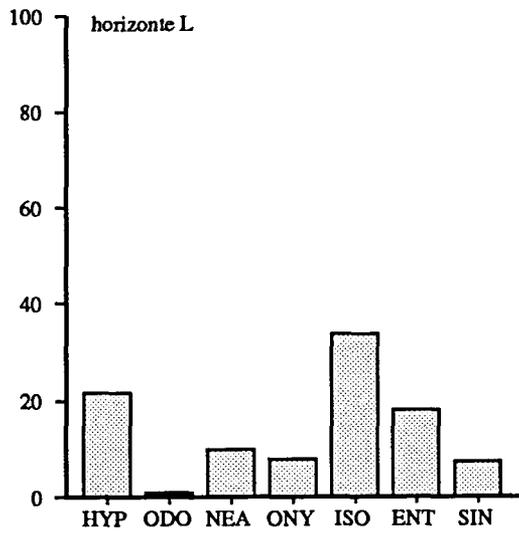


Figura 9.11.- Serra de Prades, parcela control. Reparto porcentual de densidad de cada grupo en los distintos horizontes del perfil edáfico. paquete orgánico=horizontes L+F+H. Códigos de grupos especificados al comienzo del capítulo 9.

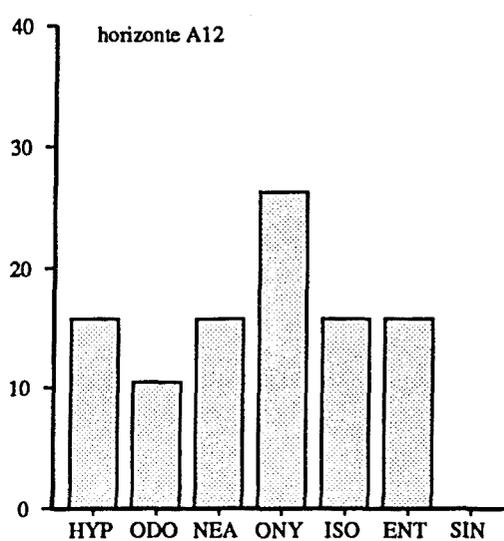
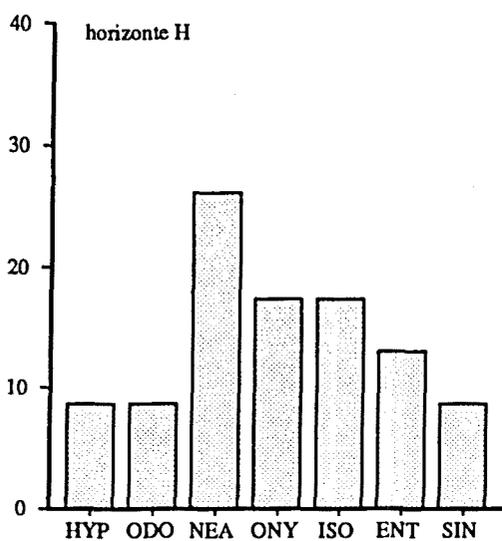
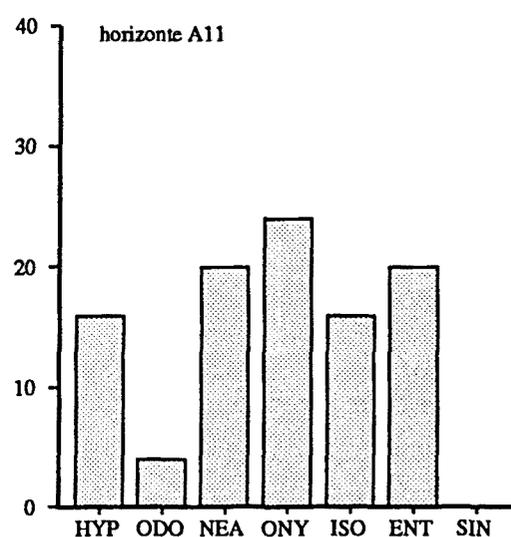
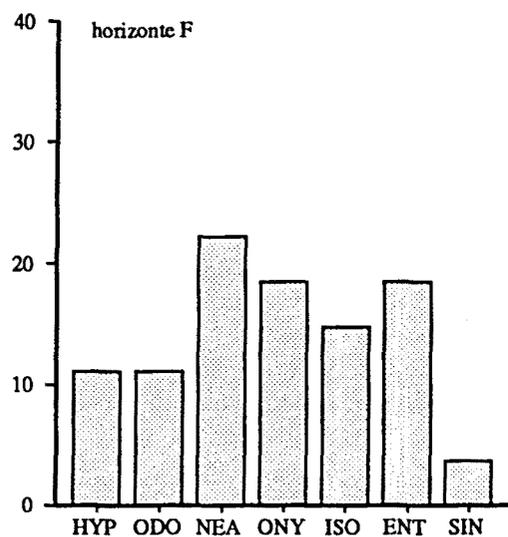
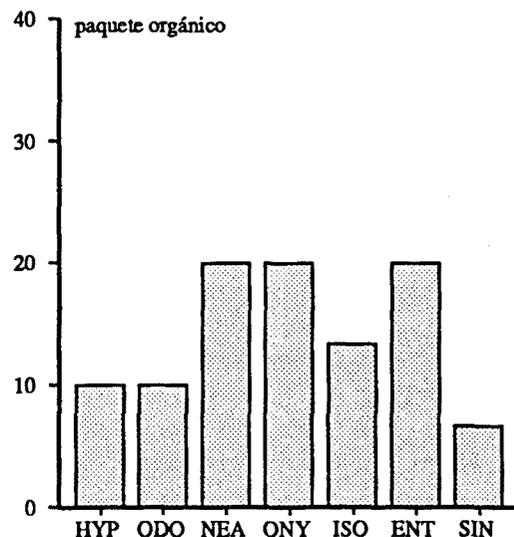
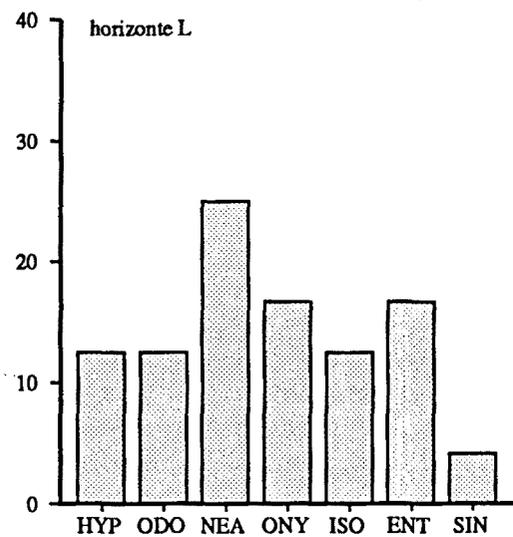


Figura 9.12.- Serra de Prades, parcela control. Reparto porcentual de la riqueza de cada grupo en los distintos horizontes del perfil edáfico. paquete orgánico=horizontes L+F+H. Códigos de grupos especificados al comienzo del capítulo 9.

9.2.2.- Análisis de la comunidad (diversidad específica).

En la figura 9.13 se representa la distribución de la densidad, riqueza y diversidad de Shanon del total de colémbolos en cada uno de los horizontes del perfil edáfico durante quince meses consecutivos. En la tabla 9.6 se indican las medias anuales de los doce meses del año 1989 de estos tres parámetros, así como del resto de parámetros medidos, con sus correspondientes coeficientes de variación anuales y la significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar la distribución de cada parámetro entre pares de horizontes consecutivos.

La densidad de colémbolos totales presenta un patrón similar en los tres horizontes orgánicos L, F y H (los coeficientes de variación de los tres horizontes son muy iguales, aunque el del L es algo superior), con mínimos muy acentuados entre diciembre-88 y marzo y entre julio y agosto. El menor valor, en media anual, corresponde al horizonte más superficial L y el mayor al horizonte inmediatamente inferior F, pero la prueba U no arroja diferencias significativas para ningún par de horizontes, por lo que hemos de interpretar que los tres horizontes tienen una densidad de colémbolos sensiblemente similar.

Considerando el conjunto del paquete orgánico se observa un gradiente de disminución de densidad media desde éste hacia el horizonte A12. La prueba U no es significativa entre el paquete orgánico y el horizonte A11, mientras que sí lo es entre éste último y el horizonte A12. Por lo tanto, la densidad de colémbolos totales es sensiblemente similar entre el paquete orgánico y el horizonte A11, y disminuye al descender hacia el horizonte A12. Los coeficientes de variación anual de la media son muy parecidos entre estos tres horizontes, lo que indica unas oscilaciones anuales de rango similar.

Pero aunque estas oscilaciones sean de rango similar, sus máximos y mínimos no se producen simultáneamente, sino más bien en correlación negativa. Efectivamente, el máximo de densidad en el horizonte A11 se produce en el mes de enero, que es cuando en el conjunto de horizontes orgánicos se da uno de los mínimos anuales, mientras que un mínimo en el A11 se produce en el mes de noviembre-88, que coincide con un máximo en el paquete orgánico.

En los meses estivales de julio y agosto se produce una homogeneización en la densidad de todo el perfil edáfico, coincidiendo con mínimos en todos los horizontes, mientras que en los periodos sin déficit hídrico la densidad es mayor en el paquete orgánico.

Los rangos de variación anual de la densidad total de colémbolos en cada uno de los horizontes son los siguientes:

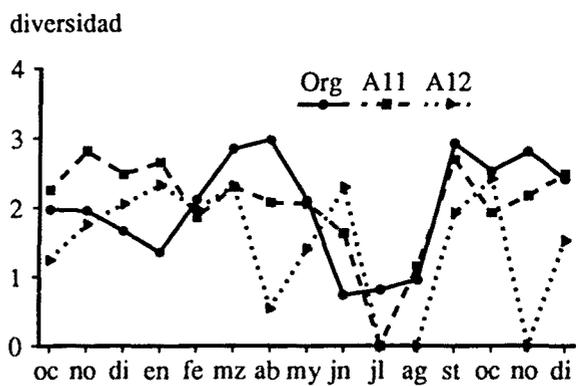
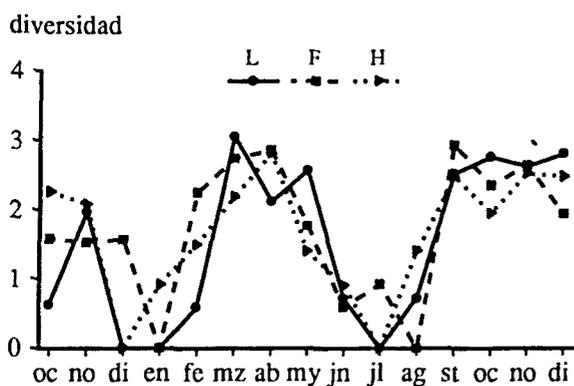
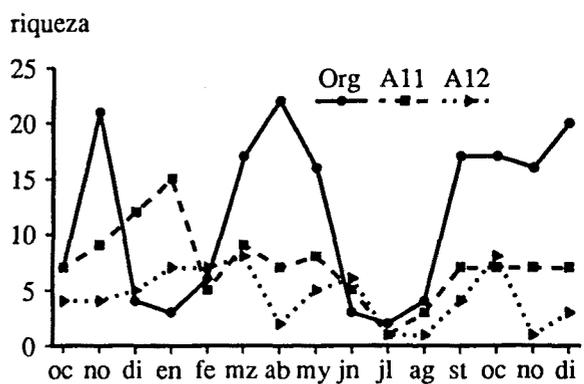
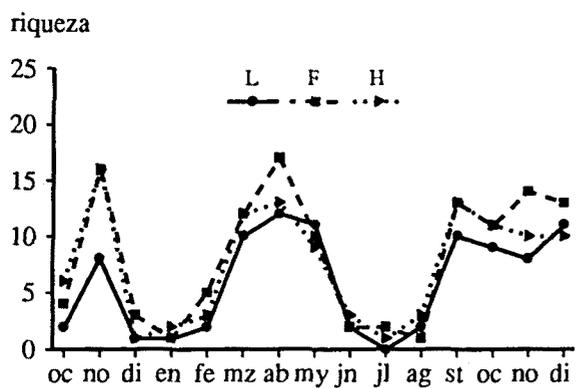
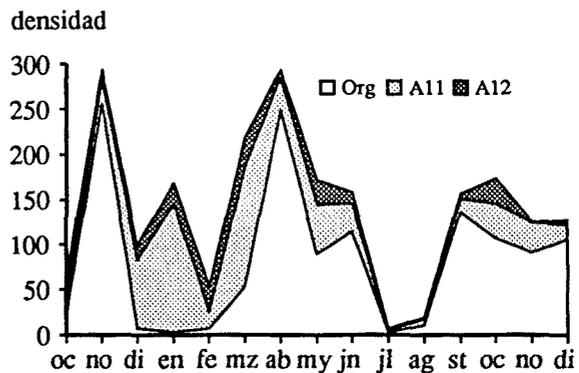
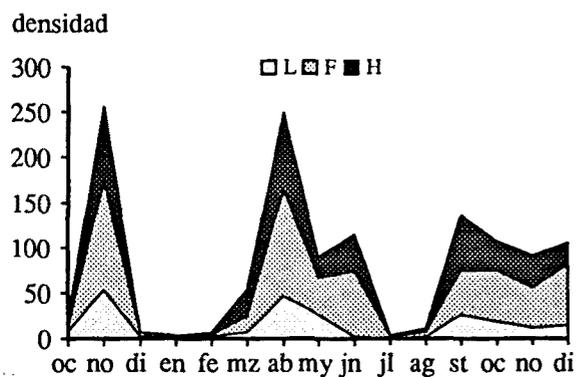


Figura 9.13.- Serra de Prades, parcela control. Distribución anual de la densidad (en ej/100 cm²), riqueza de especies y diversidad de Shannon en los distintos horizontes del perfil edáfico. En la columna de la izquierda se representan los tres horizontes orgánicos L, F y H. En la columna de la derecha se representan el paquete de horizontes orgánicos (org), horizonte A11 y horizonte A12.

	L		F		H	Org		A11		A12
Dm	13.30	ns	39.22	ns	28.30	80.82	ns	43.97	*	14.60
CV	101.77		87.02		88.18	85.24		99.98		81.78
Sm	6.50	ns	8.42	ns	7.50	11.92	ns	6.75	ns	4.42
CV	68.37		66.23		59.75	60.94		48.43		60.23
Hm	1.71	ns	1.75	ns	1.71	2.04	ns	1.91	ns	1.39
CV	66.63		59.93		46.93	40.30		37.07		67.96
Em	0.76	ns	0.72	ns	0.72	0.66	ns	0.76	ns	0.78
CV	13.92		19.88		21.52	19.52		11.30		17.66
Rm	1.51	ns	14.60	ns	6.41	29.91	*	7.78	ns	0.00
CV	316.23		121.62		228.91	77.39		234.31		0.00
BPM	0.54	ns	0.58	ns	0.55	0.53	ns	0.48	ns	0.61
CV	49.64		43.11		36.12	34.14		42.88		44.05
S ₅₀ ^m	1.73	ns	1.58	ns	1.50	1.58	ns	1.75	ns	1.50
CV	43.40		40.43		43.03	40.43		34.01		33.33

Tabla 9.6.- Serra de Prades, parcela control. Parámetros medios anuales (del año 1989) y sus coeficientes de variación en los distintos horizontes del perfil edáfico. org-paquete de horizontes orgánicos. Entre columnas se indica la significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar las diferencias de distribución anuales de cada parámetro entre horizontes consecutivos. *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, ns diferencias anuales no significativas. Los códigos de los parámetros se especifican en el capítulo 4.2.

		máximo		mínimo
Horizonte L	noviembre-88	53.07 ej/100cm ²	julio-89	0.00 ej/100cm ²
Horizonte F	noviembre-88	119.60 ej/100cm ²	enero-89	1.22 ej/100cm ²
Horizonte H	abril-89	85.31 ej/100cm ²	diciembre-88	0.41 ej/100cm ²
Horizonte A11	enero-88	141.60 ej/100cm ²	julio-89	2.04 ej/100cm ²
Horizonte A12	marzo-89	32.60 ej/100cm ²	agosto-89	1.02 ej/100cm ²

La riqueza de especies de colémbolos es muy similar en los tres horizontes orgánicos durante todo el año, con medias anuales y coeficientes de variación muy iguales; la prueba U no arroja significación en la comparación entre ningún par de horizontes. Durante los quince meses representados, la distribución de la riqueza presenta tres periodos de mínima, uno en octubre-88, otro entre diciembre-88 y febrero, y otro entre junio y agosto. Estos periodos coinciden exactamente con las mínimas de densidad.

Entre el conjunto del paquete orgánico y los horizontes A11 y A12 no se aprecian diferencias significativas de riqueza. De todas formas, sí se observa una tendencia a una disminución de este parámetro desde los horizontes orgánicos hacia el horizonte más profundo A12.

En los meses de octubre-88, diciembre-88, enero y febrero, y en el periodo estival (junio-agosto), durante los cuales se registraron escasas precipitaciones, la riqueza es menor o muy parecida en los horizontes orgánicos y en los minerales. Destaca el mes de enero, de muy poca precipitación y precedido de un mes igualmente seco, en el cual la riqueza en los horizontes orgánicos es muy baja, mientras que en el horizonte A11 es máxima y en el A12 es de las mayores que se registran.

Por lo tanto vemos que en los horizontes orgánicos, tanto la riqueza como la densidad de colémbolos, fluctúan durante los meses prospectados en concordancia con la pluviosidad. Para comprobar esto se ha realizado un análisis de correlación de rango entre la pluviosidad y estas variables en los distintos periodos de muestreo. Los resultados de esta correlación se indican en la tabla 9.7, donde observamos que la densidad y riqueza muestran correlación significativamente positiva con la pluviosidad en los horizontes orgánicos, mientras que en los horizontes minerales la correlación no es significativa y, además, es fundamentalmente de signo negativo.

De la interpretación de este análisis de correlación se obtienen dos conclusiones básicas: que los colémbolos migran en profundidad en periodo seco y hacia la superficie en periodo húmedo, y que la comunidad colembológica en los horizontes orgánicos está mucho más influenciada por la climatología exterior que en los horizontes minerales.

		rs	sig.	p
horizonte L	densidad	0.80	+	**
	riqueza	0.72	+	**
horizonte F	densidad	0.55	+	*
	riqueza	0.82	+	**
horizonte H	densidad	0.70	+	**
	riqueza	0.77	+	**
hor. orgánicos en general	densidad	0.64	+	*
	riqueza	0.74	+	**
horizonte A11	densidad	0.06	-	ns
	riqueza	0.07	+	ns
horizonte A12	densidad	0.20	-	ns
	riqueza	0.28	-	ns

Tabla 9.7.- Serra de Prades, parcela control. Análisis de correlación de rango entre la pluviosidad y la densidad (ej/100 cm²) mensuales y entre la pluviosidad y la riqueza mensuales. rs coeficiente de correlación de rango de Spearman. La columna sig. indica el signo de la correlación. La columna p indica el nivel de significación de la correlación: ** p<0.01, * p<0.05, ns correlación no significativa.

La diversidad de Shanon es casi idéntica entre los tres horizontes orgánicos, con iguales medias anuales, y con una distribución en los diferentes meses de muestreo prácticamente igual. Los coeficientes de variación indican una mayor homogeneidad de distribución desde el horizonte L hacia el H, aunque las diferencias no son muy notorias.

Los periodos de mínima diversidad en estos horizontes se corresponden con los observados para la densidad y la riqueza.

Entre el paquete orgánico y los horizontes minerales tampoco se obtienen diferencias significativas de diversidad, observándose unas medias anuales muy similares y unos coeficientes de variación parecidos entre los horizontes orgánicos y el A11, pero algo mayor en el A12 ya que en éste se producen valores cero de diversidad durante tres meses del año 1989.

La rareza es un parámetro de distribución muy variable entre los distintos horizontes tal y como indican los elevados coeficientes de variación. Entre los tres horizontes orgánicos, si bien las medias anuales son muy diferentes, la prueba U no indica diferencias significativas para ningún par de horizontes. Entre el conjunto de éstos y los horizontes minerales si se obtienen diferencias significativas, observándose una disminución de rareza desde los horizontes orgánicos hacia el A12.

La uniformidad, índice de Berger-Parquer y el S_{50} son parámetros que no presentan diferencias significativas entre ningún par de horizontes, y que muestran unas medias anuales y unos coeficientes de variación similares en todo el perfil edáfico.

En resumen, en la distribución vertical de la comunidad de colémbolos a lo largo del año cabe destacar los siguientes puntos:

- Correlación positiva de la distribución anual de la densidad y la riqueza de colémbolos en los tres horizontes orgánicos L, F y H con las precipitaciones caídas entre periodos de muestreo.
- Migración de los colémbolos hacia horizontes profundos en periodos de poca disponibilidad de agua. El mes de junio, de elevada temperatura y escasa pluviosidad, representa una excepción ya que durante éste la densidad es mayor en los horizontes orgánicos que en los minerales cuando, en función de lo que acontece en julio y agosto y de lo que ocurría en la serra de l'Obac, cabría esperar una mayor densidad en los horizontes minerales que en los orgánicos. Como veremos más adelante, y como podemos intuir en función de la poca riqueza de especies y la baja diversidad que se da durante este mes en los horizontes orgánicos, lo que ocurre es que una especie aumenta de forma explosiva su densidad de población en este mes.
- Homogeneización de densidad y riqueza en todo el perfil edáfico durante el periodo estival.
- Valores similares de riqueza, diversidad de Shanon, uniformidad,

Berger-Parker y S_{50} en todo el perfil de suelo. En definitiva igual diversidad específica en todo el suelo.

Por lo tanto, en cada mes del año y en cada uno de los horizontes del perfil, por término medio, hacen falta de una a dos especies para contabilizar el 50% del total de colémbolos, presentando la especie más dominante una abundancia relativa que oscila entre el 48% y el 61%.

- Estructura de la comunidad de colémbolos semejante en los tres horizontes orgánicos L, F y H, no presentándose diferencias significativas entre pares de horizontes para ninguno de los parámetros medidos.
- En conjunto, el paquete orgánico muestra un estructura de la comunidad diferenciada de la que presentan los horizontes minerales A11 y A12, observándose un gradiente en profundidad caracterizado por:
 - . Disminución de densidad y rareza, y tendencia a una disminución de riqueza.
 - . Tendencia a un aumento de uniformidad.

9.2.3.- Densidad, frecuencia y abundancia de las especies.

En las tablas 9.8 y 9.9 se indica, para cada especie, la densidad media anual, su coeficiente de variación, la abundancia relativa y la frecuencia en cada uno de los horizontes del perfil edáfico. Los datos de frecuencia y abundancia se representan simultáneamente en las figuras 9.14, 9.15 y 9.16.

En estas gráficas se señalan mediante líneas punteadas, en el eje x (abundancia relativa) los puntos de 2% y 5%, que marcan los límites de las especies poco dominantes ($Ar < 2\%$), medianamente dominantes ($5\% > Ar > 2\%$) y dominantes ($Ar > 5\%$); y en el eje y (frecuencia) los puntos de 25%, 50% y 75%, que marcan los límites de especies accidentales ($F < 25\%$), accesorias ($25\% < F < 50\%$), constantes ($50\% < F < 75\%$) y euconstantes ($75\% < F < 100\%$).

Folsomia sexoculata (Fse) y *Mesaphorura macrochaeta* (Mma) son dominantes en todo el perfil edáfico, si bien la segunda presenta una abundancia relativa mucho más elevada en los horizontes minerales que en los orgánicos. *Xenylla schillei* (Xsc) y *Entomobrya nivalis+strigata* (Ens) son igualmente dominantes en los horizontes L, F y H. En el L destaca además *Sphaeridia pumilis* (Spu) (aunque con una frecuencia bastante baja), y en F y H *Lepidocyrtus lanuginosus* (Lla) y *Folsomia fimetaria* (Ffi). Esta última especie, junto con *Mesaphorura critica* (Mcr) y *Mesaphorura italica* (Mit) son también dominantes en los horizontes A11 y A12.

SERRA DE PRADES. PARCELA CONTROL.

	horizonte L				horizonte F				horizonte H			
	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F
Xbm	0.58	194.30	4.35	25.00	0.54	247.49	1.39	25.00	-	-	-	-
Xsc	2.21	126.44	16.62	75.00	8.44	205.28	21.51	58.33	4.39	202.67	15.50	58.33
Cen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cte	0.10	173.21	0.77	25.00	0.17	153.62	0.43	33.33	0.14	187.08	0.48	25.00
Wsc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mdu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ogi	0.03	331.66	0.26	8.33	0.44	182.52	1.13	41.67	0.37	163.38	1.32	33.33
Olo	0.03	331.66	0.26	8.33	0.07	223.61	0.17	16.67	0.03	331.66	0.12	8.33
Ova	0.07	223.61	0.51	16.67	0.03	331.66	0.09	8.33	-	-	-	-
Bpa	0.44	259.61	3.32	16.67	0.20	276.89	0.52	16.67	0.10	331.66	0.36	8.33
Fsp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fsu	0.03	331.66	0.26	8.33	0.03	331.66	0.09	8.33	0.07	223.61	0.24	16.67
Ppa	0.14	187.08	1.02	25.00	0.34	153.62	0.87	33.33	0.17	206.88	0.60	25.00
Pca	0.03	331.66	0.26	8.33	0.07	223.61	0.17	16.67	0.07	223.61	0.24	16.67
Rai	0.51	160.42	3.84	41.67	0.99	111.36	2.52	58.33	0.54	138.07	1.92	41.67
Cna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bau	0.17	153.62	1.28	33.33	0.07	223.61	0.17	16.67	0.03	331.66	0.12	8.33
Pcl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ndu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mcr	0.03	331.66	0.26	8.33	0.37	241.72	0.95	25.00	0.24	130.15	0.84	41.67
Mit	0.03	331.66	0.26	8.33	0.14	187.08	0.35	25.00	0.37	144.03	1.32	41.67
Mma	0.95	141.42	7.16	50.00	4.29	171.71	10.93	50.00	3.20	142.90	11.30	58.33
Ppr	0.03	331.66	0.26	8.33	0.03	331.66	0.09	8.33	-	-	-	-
Psh	-	-	-	-	0.03	331.66	0.09	8.33	-	-	-	-
Omi	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	223.61	0.24	16.67
Osi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ffi	-	-	-	-	1.94	265.90	4.94	33.33	1.84	318.37	6.49	25.00
Fsc	4.01	187.00	30.18	58.33	11.36	127.58	28.97	58.33	8.30	104.39	29.33	58.33
Imi	0.07	331.66	0.51	8.33	0.03	331.66	0.09	8.33	0.03	331.66	0.12	8.33
Ino	0.41	158.11	3.07	33.33	1.09	154.11	2.78	58.33	1.12	206.84	3.97	50.00
Ens	1.67	121.82	12.53	83.33	4.01	144.47	10.23	83.33	3.37	132.15	11.90	75.00
Equ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lla	0.54	127.48	4.09	50.00	3.10	131.26	7.89	66.67	2.99	167.69	10.58	75.00
Llu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lvi	-	-	-	-	0.03	331.66	0.09	8.33	-	-	-	-
Pal	-	-	-	-	0.10	173.21	0.26	25.00	0.10	173.21	0.36	25.00
Pil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hma	0.14	254.95	1.02	16.67	0.07	223.61	0.17	16.67	-	-	-	-
Oqu	0.07	331.66	0.51	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Spu	0.99	283.41	7.42	25.00	1.22	273.18	3.12	33.33	0.68	279.64	2.40	25.00
Sau	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	331.66	0.24	8.33

Tabla 9.8.- Serra de Prades, parcela control. Densidad media (Dm) con su coeficiente de variación (CV), Abundancia relativa (Ar) y frecuencia anual (F) de cada especie en los tres horizontes orgánicos L, F y H. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

SERRA DE PRADES. PARCELA CONTROL.

	paquete de horizontes orgánicos				horizonte A11				horizonte A12			
	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F
Xbm	1.12	151.48	1.39	33.33	0.08	331.66	0.19	8.33	0.08	331.66	0.58	8.33
Xsc	15.04	180.32	18.60	83.33	1.19	184.61	2.70	50.00	0.34	141.42	2.33	33.33
Cen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cte	0.41	129.10	0.51	50.00	0.25	173.21	0.58	25.00	0.08	331.66	0.58	8.33
Wac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mdu	-	-	-	-	0.08	331.66	0.19	8.33	-	-	-	-
Ogi	0.85	173.57	1.05	50.00	0.85	145.60	1.93	41.67	0.17	223.61	1.16	16.67
Olo	0.14	187.08	0.17	25.00	-	-	-	-	0.08	331.66	0.58	8.33
Ova	0.10	173.21	0.13	25.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Bpa	0.75	269.83	0.93	25.00	0.08	331.66	0.19	8.33	0.34	331.66	2.33	8.33
Fsp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fsu	0.14	187.08	0.17	25.00	0.17	223.61	0.39	16.67	0.08	331.66	0.58	8.33
Ppa	0.65	104.60	0.80	58.33	0.08	331.66	0.19	8.33	-	-	-	-
Pca	0.17	182.21	0.21	25.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Rsi	2.04	99.33	2.53	58.33	0.08	331.66	0.19	8.33	0.08	331.66	0.58	8.33
Cna	-	-	-	-	0.08	331.66	0.19	8.33	-	-	-	-
Bau	0.27	165.83	0.34	41.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Pcl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maf	-	-	-	-	0.08	331.66	0.19	8.33	0.08	331.66	0.58	8.33
Ndu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mer	0.65	139.94	0.80	58.33	6.62	152.88	15.06	66.67	1.27	150.11	8.72	58.33
Mit	0.54	119.90	0.67	50.00	3.06	165.55	6.95	66.67	2.29	150.85	15.70	58.33
Mma	8.44	153.91	10.44	66.67	14.35	72.03	32.63	100.00	3.31	115.21	22.67	58.33
Ppr	0.07	223.61	0.08	16.67	0.25	331.66	0.58	8.33	0.08	331.66	0.58	8.33
Psh	0.03	331.66	0.04	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Omi	0.07	223.61	0.08	16.67	0.17	223.61	0.39	16.67	-	-	-	-
Osi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ffi	3.78	290.49	4.67	41.67	3.57	153.20	8.11	58.33	1.02	195.79	6.98	33.33
Fse	23.68	111.23	29.29	58.33	11.46	142.00	26.06	83.33	4.50	139.10	30.81	58.33
Imi	0.14	223.61	0.17	16.67	0.08	331.66	0.19	8.33	0.25	238.05	1.74	16.67
Ino	2.62	148.05	3.24	58.33	0.08	331.66	0.19	8.33	-	-	-	-
Ens	9.05	112.03	11.20	100.00	0.17	223.61	0.39	16.67	0.25	238.05	1.74	16.67
Equ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lla	6.63	137.61	8.21	83.33	0.68	215.06	1.54	25.00	0.17	223.61	1.16	16.67
Llu	-	-	-	-	0.08	331.66	0.19	8.33	-	-	-	-
Lvi	0.03	331.66	0.04	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Pal	0.20	152.75	0.25	33.33	0.25	331.66	0.58	8.33	0.08	331.66	0.58	8.33
Pil	-	-	-	-	0.08	331.66	0.19	8.33	-	-	-	-
Hma	0.20	191.49	0.25	25.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Oqu	0.07	331.66	0.08	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Spu	2.89	277.87	3.58	33.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Sau	0.07	331.66	0.08	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 9.9.- Serra de Prades, parcela control. Densidad media (Dm) con su coeficiente de variación (CV), Abundancia relativa (Ar) y frecuencia anual (F) de cada especie en el paquete de horizontes orgánicos (L+F+H), horizonte A11 y horizonte A12. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

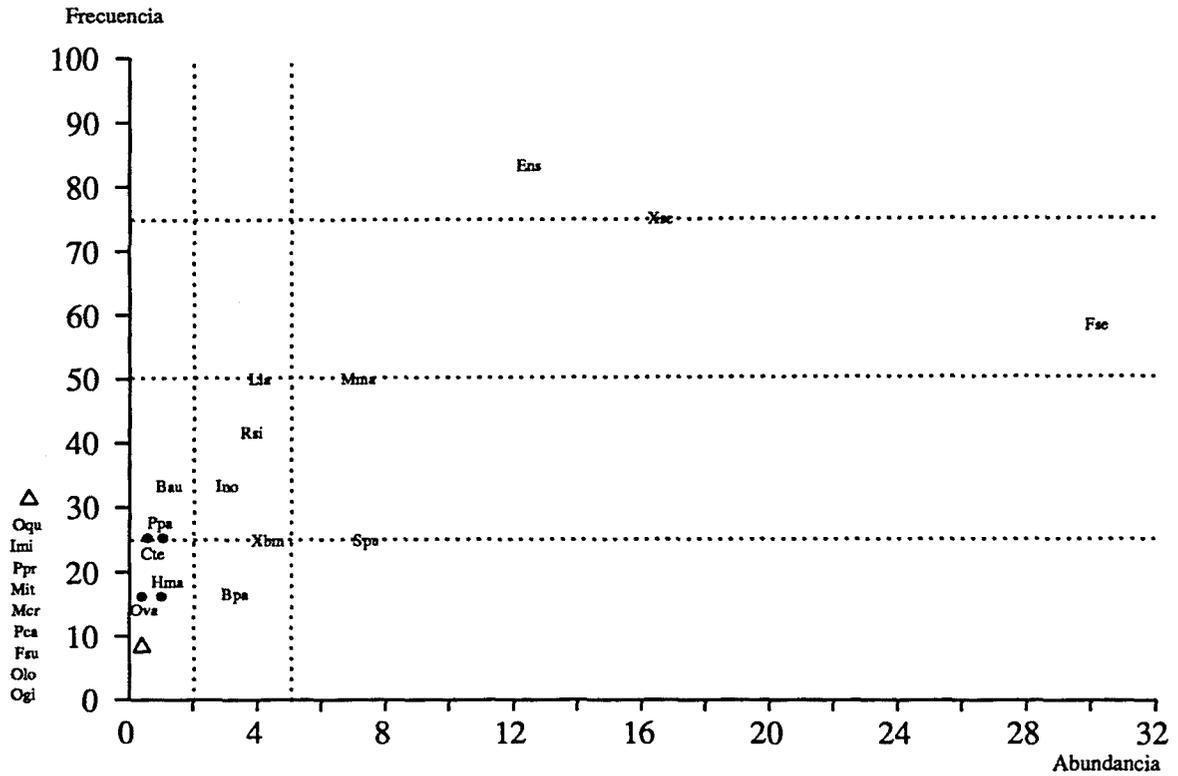


Figura 9.14a.- Serra de Prades, parcela control. Horizonte L. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

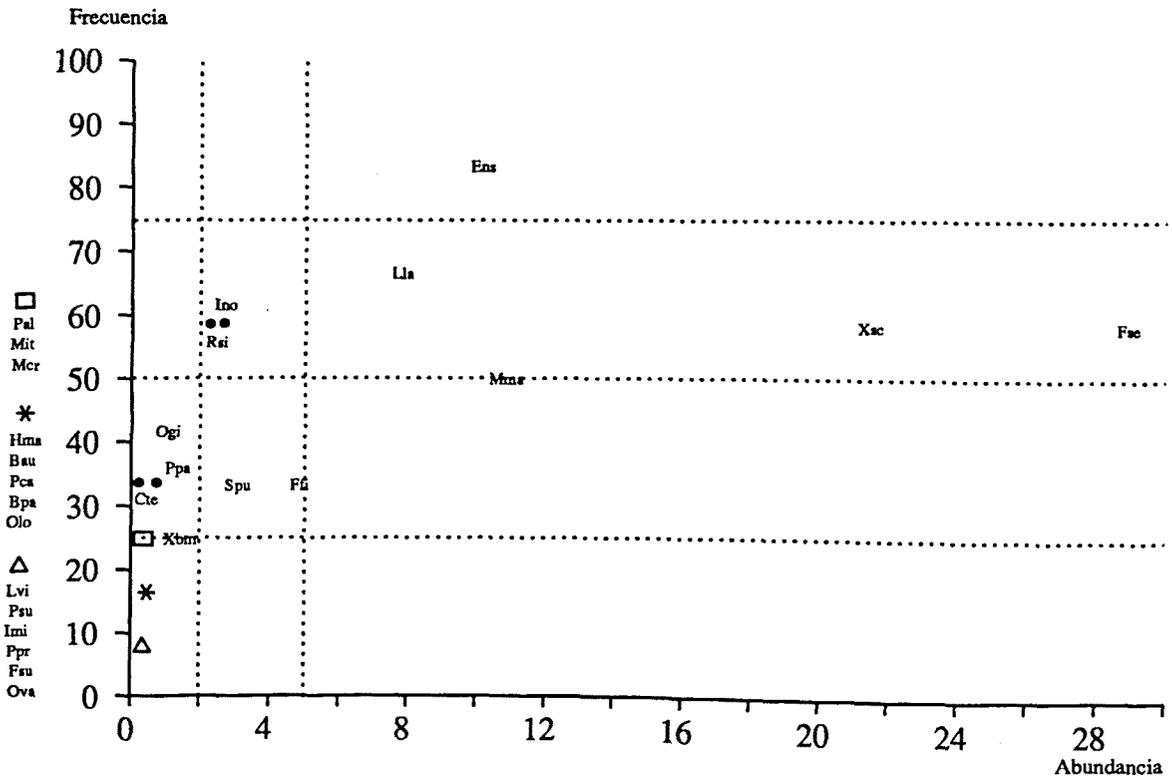


Figura 9.14b.- Serra de Prades, parcela control. Horizonte F. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

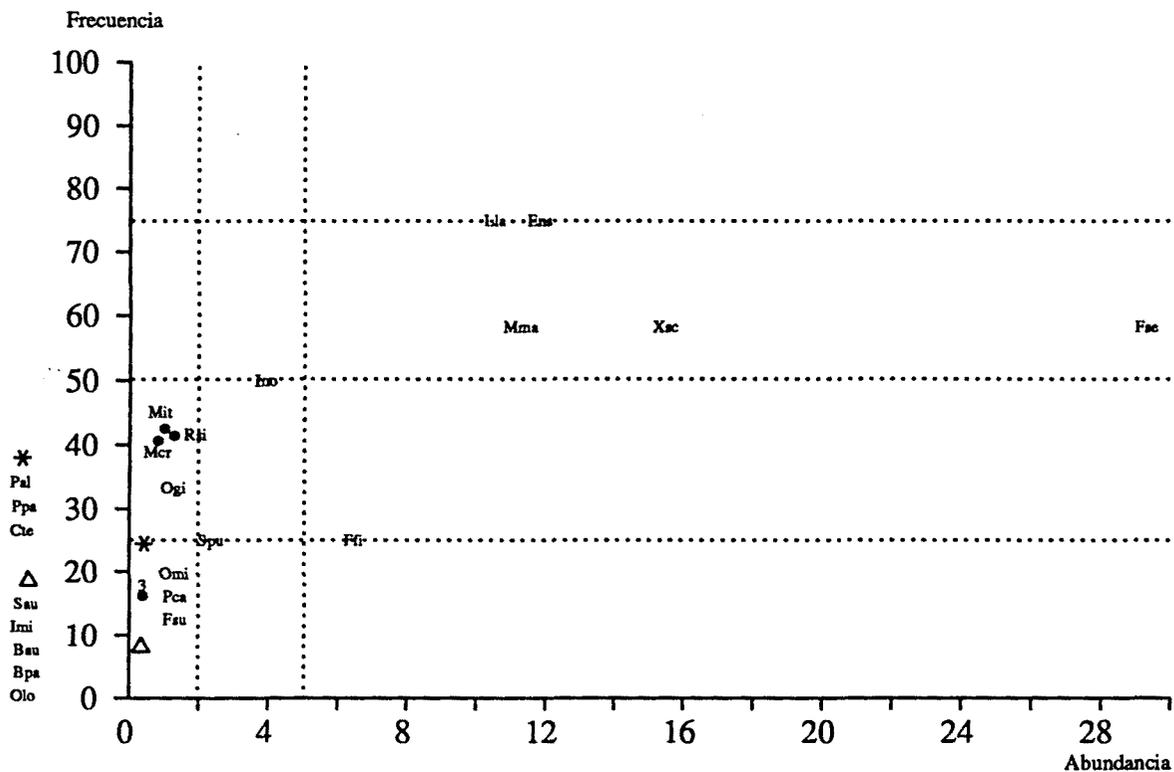


Figura 9.15a.- Serra de Prades, parcela control. Horizonte H. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

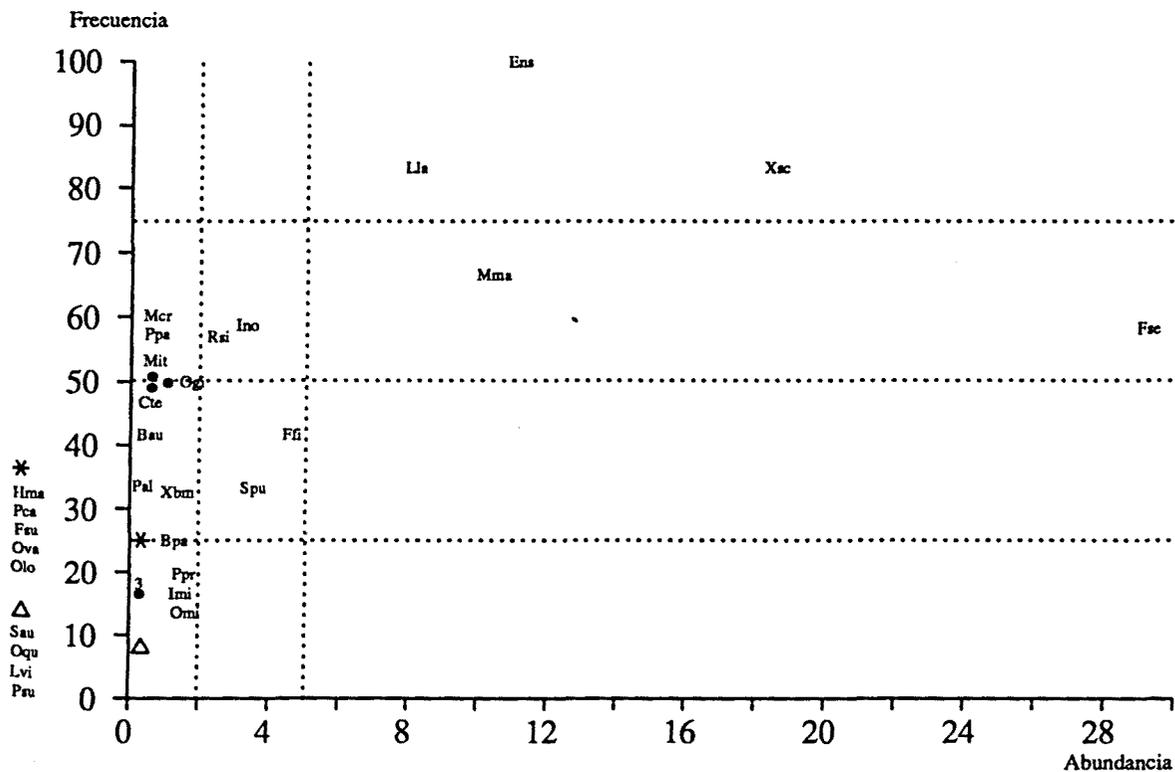


Figura 9.15b.- Serra de Prades, parcela control. Paquete de horizontes orgánicos(L+F+H). Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

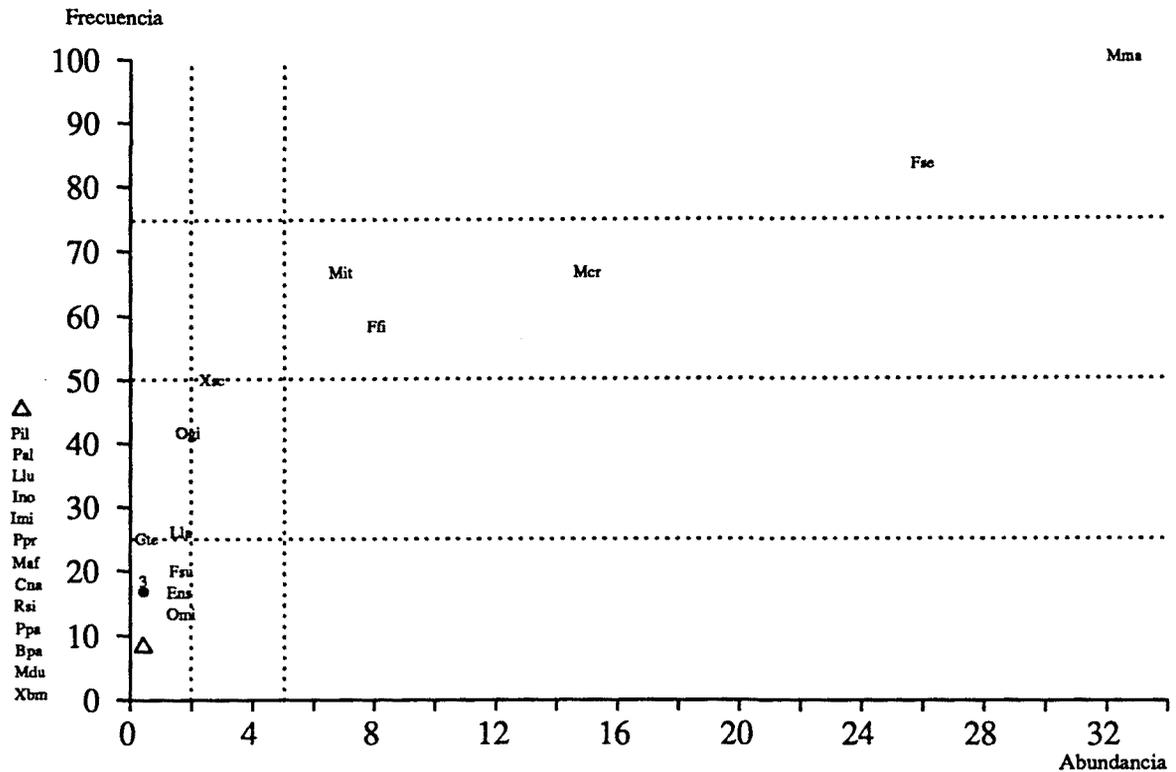


Figura 9.16a.- Serra de Prades, parcela control. Horizonte A11. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

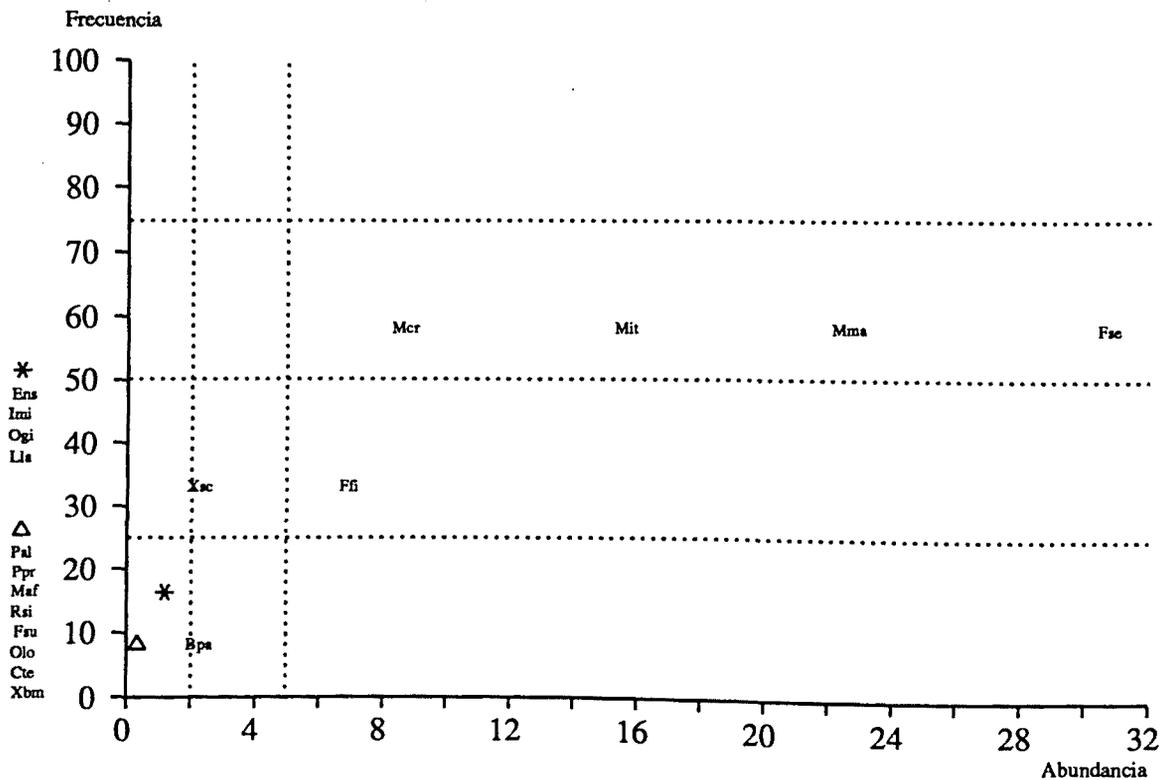


Figura 9.16b.- Serra de Prades, parcela control. Horizonte A12. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

Estas nueve especies mencionadas, por su elevada abundancia relativa y frecuencia combinadas, podemos considerarlas como fundamentales de la parcela control de la serra de Prades.

Analizando los coeficientes de variación de la densidad en cada uno de los horizontes del perfil, observamos que todas las especies, excepto *Mesaphorura macrochaeta* (Mma) en el horizonte A11, presentan un CV muy elevado, lo que indica que las fluctuaciones anuales de la densidad específica son muy acusadas.

En todos los horizontes hay un número similar de especies constantes y euconstantes; de esta forma, el porcentaje de especies con frecuencia superior al 50% en cada uno de los horizontes es:

horizonte L	12.5%
horizonte F	22.3%
horizonte H	21.7%
horizontes orgánicos (L+F+H) ...	33.3%
horizonte A11	20.0%
horizonte A12	21.0%

El horizonte L es el que presenta un menor porcentaje en todo el perfil, mientras que el resto de horizontes muestran unos valores similares. Pero si se toman los horizontes L, F y H en conjunto (paquete orgánico), se observa esta disminución de especies constantes y euconstantes en los horizontes minerales con respecto al paquete orgánico.

9.2.4.- Análisis de correspondencias (composición específica).

Se han realizado dos análisis de correspondencias en base a dos matrices de muestras por especies: ANACOR PC-1 y ANACOR PC-2.

Previamente, con objeto de evitar un excesivo sesgo a causa de las especies raras, se han eliminado, de las especies con frecuencia anual menor que 17% (presentes en menos de tres meses), aquellas que tienen una abundancia relativa menor o igual a 0.1% en el total del muestreo. Quedan 26 especies que intervendrán en los análisis. No se han tenido en cuenta los muestreos realizados en octubre, noviembre y diciembre de 1988, con objeto de incluir en las matrices de datos únicamente un ciclo anual completo (todo el año 1989).

Un primer análisis de correspondencias (ANACOR PC-1) se ha realizado en base a una matriz que incluye la densidad de las 26 especies en 59 muestras (se ha eliminado la muestra compuesta correspondiente al horizonte L del mes de julio, ya que no se encontró ningún colémbolo). En esta matriz intervienen tres fuentes de variación distintas que interaccionan entre sí: la estacionalidad (variable Mes con 12 categorías), el nivel de profundidad que ocupa cada especie en cada periodo del año (variable Horizon-

te con 5 categorías), y las diferentes especies (variable Especie con 26 categorías).

El eje 1 extrae el 23.87% de la varianza total y el eje 2 el 15.42%. La representación de los puntos-muestra en el espacio de las especies se ha desglosado en dos: una representación para los puntos-mes y otra para los puntos-horizonte.

En la representación de los puntos-mes, figura 9.17, los distintos puntos de cada uno de los meses no se presentan agrupados, lo que indica la existencia de variabilidad vertical en el perfil en cuanto a la composición específica de colémbolos en cada uno de ellos.

Observando conjuntamente esta representación y la de los puntos-horizonte de la figura 9.18, se aprecia que la dispersión de los puntos en función de los dos ejes se realiza en base a dos patrones en los que interaccionan los factores Mes y Horizonte. De esta forma, las muestras de horizontes minerales (A11 y A12) se sitúan preferentemente hacia valores negativos del eje 1 y positivos del eje 2; la dispersión hacia valores positivos del eje 1 atiende a las muestras de horizontes orgánicos (L, F y H) de meses secos, y la dispersión hacia valores negativos del eje 2 se realiza en base a los puntos de horizontes orgánicos de meses húmedos (principalmente del mes de setiembre, que marca el final del periodo estival y el comienzo del otoño).

La dispersión de las muestras de horizontes orgánicos es mucho mayor que la que muestran las muestras de horizontes A11 y A12, lo cual indica que en los horizontes L, F y H la estacionalidad afecta de forma mucho más clara.

En consecuencia, tanto el eje 1 como el eje 2 se interpretan como asociados a la variable Mes y Horizonte.

La representación de las especies en el espacio de las muestras, figura 9.19, establece un máximo distanciamiento, según el eje 1, entre *Xenylla schillei* (Xsc), en el extremo positivo, y el resto de especies. Ésta es una especie que caracteriza los horizontes orgánicos de meses con escasa pluviosidad, precisamente aquellos en los que el resto de colémbolos migra en su mayoría hacia horizontes minerales, o bien entran en alguna fase criptobiótica. El eje 2 distancia en valores positivos las especies básicamente euedáficas, de las especies características de horizontes orgánicos en valores negativos.

Por tanto, hacia valores positivos del eje 1 y negativos del eje 2 se sitúan las especies que habitan fundamentalmente en horizontes orgánicos, y hacia valores negativos del eje 1 y positivos del eje 2, aquellas que lo hacen en los horizontes minerales.

Las especies que definen las situaciones extremas en la nube de puntos son las siguientes:

- *Xenylla schillei* (Xsc), indicadora de horizontes superficiales en

meses estivales.

- *Sphaeridia pumilis* (Spu), indicadora de horizontes superficiales en meses sin déficit hídrico, principalmente a comienzos del otoño.
- *Mesaphorura critica* (Mcr), *Mesaphorura italica* (Mit), *Isotomiella minor* (Imi), *Friesea subterranea* (Fsu), *Protaphorura prolata* (Ppr-), *Onichyurus minutus* (Omi) y *Mesaphorura macrochaeta* (Mma), especies todas ellas indicadoras de horizontes minerales.

En base a este análisis de correspondencias obtenemos las mismas conclusiones básicas que en el análisis realizado en la serra de l'Obac:

- Se observa una clara segregación entre los horizontes L, F y H por un lado y los horizontes A11 y A12 por otro, en cuanto a la representatividad de las distintas especies en cada uno de ellos.
- Que la comunidad de colémbolos edáficos está directamente influenciada por las características climatológicas que se presentan en cada mes (fundamentalmente la pluviosidad), siendo en los horizontes L, F y H donde esta influencia es más notoria.
- Se detecta la existencia de especies concretas asociadas a los distintos horizontes del perfil de suelo y, dentro de los orgánicos, a las diferentes condiciones climáticas a lo largo del año.

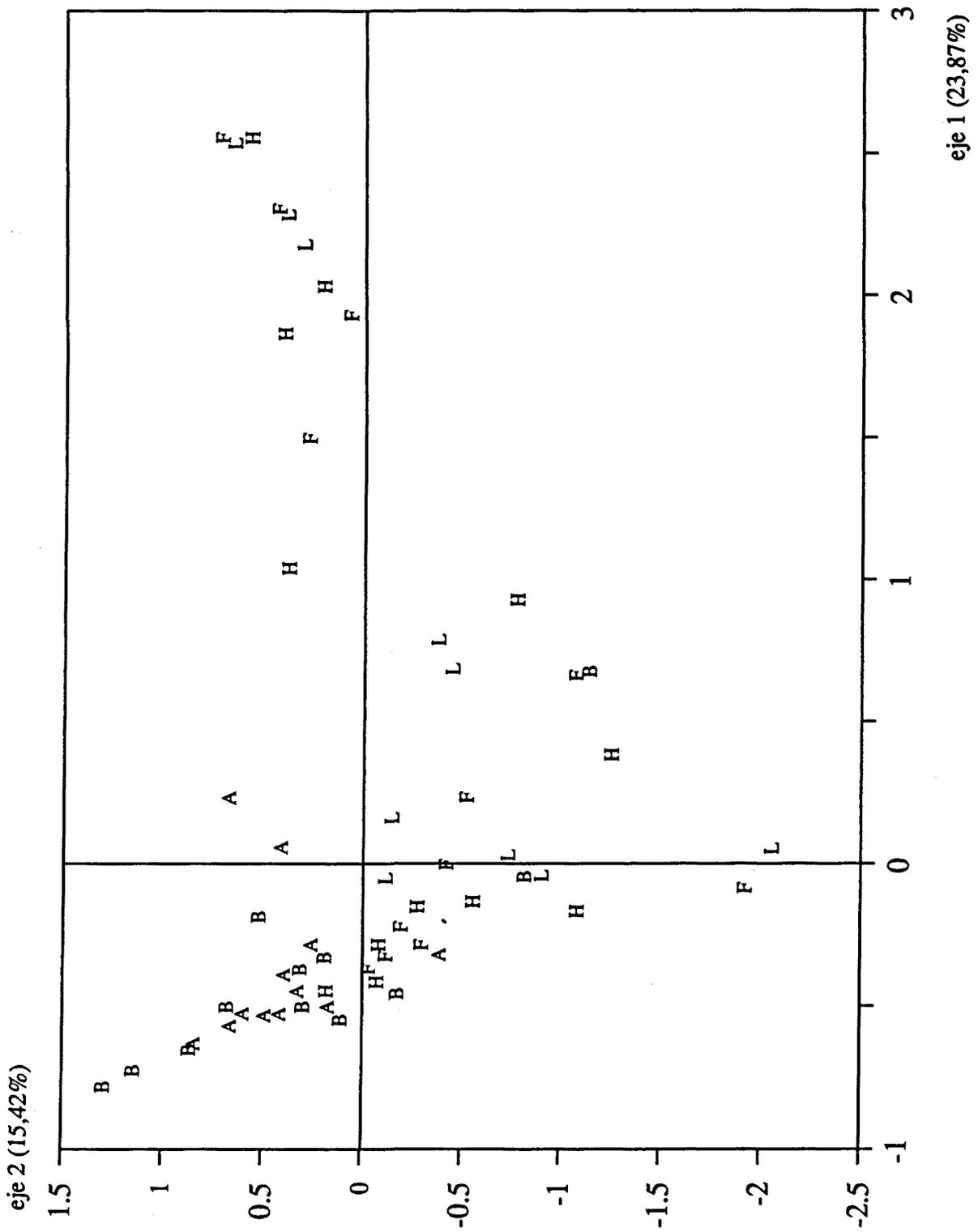


Figura 9.18.- Serra de Prades, parcela control. ANACOR PC-1. Representación de los puntos-horizonte en el plano delimitado por los dos primeros ejes. L, F, H, A, B = horizontes L, F, H, A11 y A12 respectivamente.

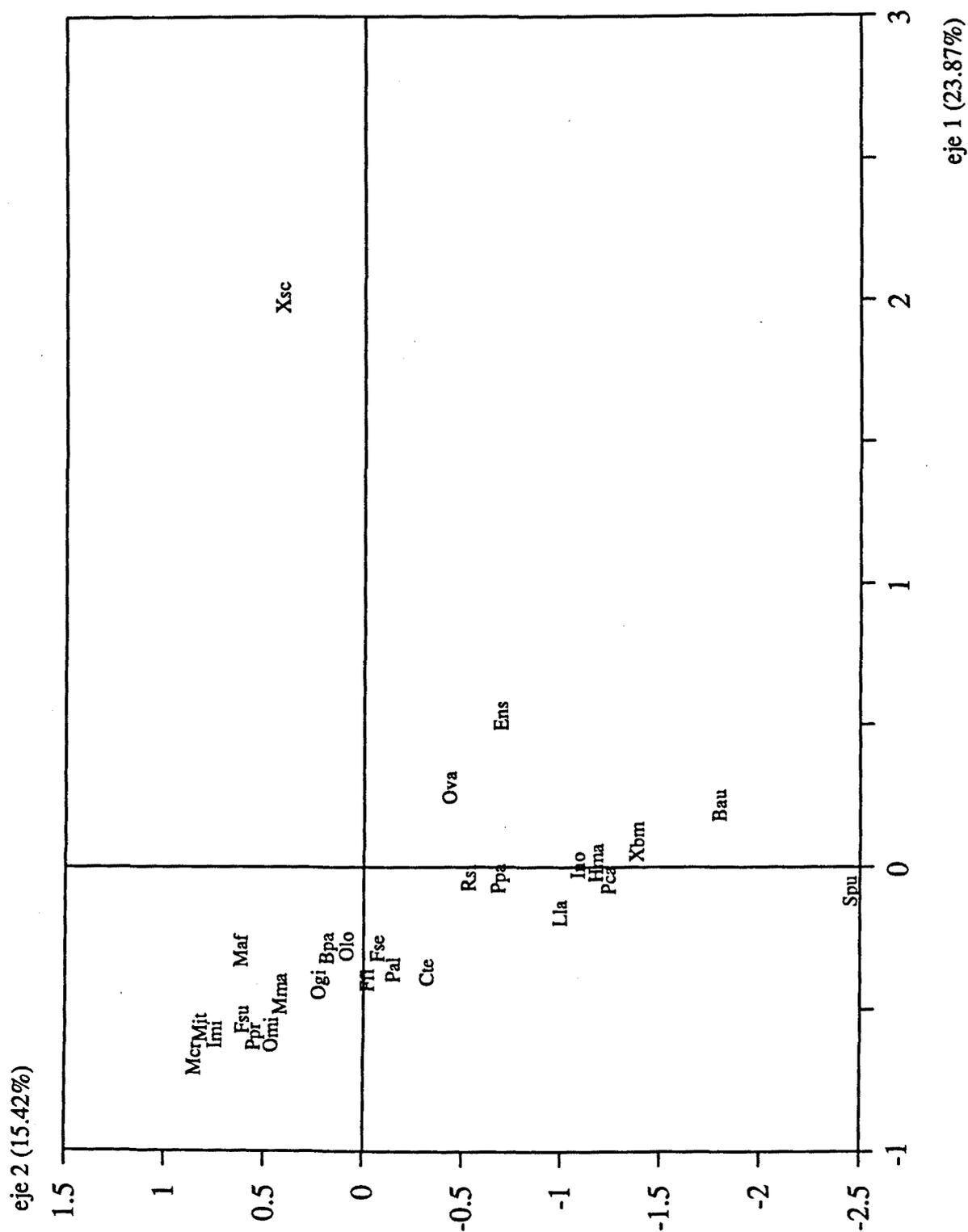


Figura 9.19.- Serra de Prades, parcela control. ANACOR PC-1. Representación de los puntos-especie en el plano delimitado por los dos primeros ejes. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo 8.

Un segundo análisis de correspondencias (ANACOR PC-2) se ha realizado en base a una matriz que incluye la densidad de las 26 especies en 5 muestras compuestas (L, F, H, A11 y A12), resultado de la fusión de los resultados obtenidos en los doce muestreos realizados en cada uno de los horizontes edáficos durante el año 1989.

El eje 1 explica el 77.3% de la inercia total y el eje 2 el 13.5%. Mediante análisis Ji-cuadrado este segundo eje ha resultado no significativo, con lo cual su interpretación carece de sentido y basta con el eje 1 para explicar la dispersión de los puntos-muestra y los puntos-especie.

Las coordenadas de las muestras y las especies según este eje 1 se indican en la tabla 9.10, en la que se observa la separación de los horizontes orgánicos L, F y H en valores positivos de los horizontes minerales A11 y A12 en valores negativos. Las especies se separan según este eje con el mismo criterio: en valores positivos las asociadas a horizontes orgánicos, en valores negativos las asociadas a horizontes minerales, y en valores centrales (alrededor del cero) las especies eurítopas en cuanto a preferencias verticales dentro del perfil de suelo.

En base a estos dos análisis de correspondencias, y mediante la información contenida en las tablas 9.8 y 9.9, se ha realizado una clasificación de las especies, en función de su posición preferente en el perfil edáfico (tabla 9.11), estableciéndose un gradiente de superficie-profundidad desde la primera a la última especie listada (sólo se incluyen las especies con abundancia relativa total anual mayor que 0.1% y frecuencia anual superior a 17%).

ANACOR PC-2

<i>Odontella vallvidrerensis</i>	Ova	1.08
<i>Heteromurus major</i>	Hma	1.07
<i>Bilobella aurantiaca</i>	Bau	1.04
<i>Sphaeridia pumilis</i>	Spu	0.92
<i>Pseudachorutella catalonica</i>	Pca	0.84
<i>Isotoma notabilis</i>	Ino	0.77
<i>Entomobrya nivalis-strigata</i>	Ens	0.76
<i>Xenylla brevisimilis mediterranea</i>	Xbm	0.75
<i>Rusekella similis</i>	Rsi	0.74
HORIZONTE L	L	0.68
<i>Xenylla schillei</i>	Xsc	0.66
<i>Pseudachorutes parvulus</i>	Ppa	0.65
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	Lla	0.57
HORIZONTE F	F	0.48
HORIZONTE H	H	0.40
<i>Brachystomella parvula</i>	Bpa	0.26
<i>Odontella lolae</i>	Olo	0.14
<i>Folsomia sexoculata</i>	Fse	0.04
<i>Ceratophysella tergilobata</i>	Cte	-0.04
<i>Odontella gisini</i>	Ogi	-0.29
<i>Folsomia fimetaria</i>	Ffi	-0.30
<i>Pseudosinella alba</i>	Pal	-0.44
<i>Friesea subterranea bioculata</i>	Fsu	-0.47
<i>Isotomiella minor</i>	Imi	-0.50
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	Mma	-0.53
HORIZONTE A12	A12	-0.61
<i>Onychiurus minutus</i>	Omi	-0.65
HORIZONTE A11	A11	-0.69
<i>Protaphorura prolata</i>	Ppr	-0.83
<i>Mesaphorura italica</i>	Mit	-0.97
<i>Mesaphorura critica</i>	Mcr	-1.03

Tabla 9.10.- Serra de Prades, parcela control. ANACOR PC-2. Coordenadas de los puntos-horizonte y los puntos-especie según el eje 1, que extrae el 77.3% de la varianza total.

ESPECIES EXCLUSIVAS DE HORIZONTES ORGANICOS

Ova	<i>Odontella vallvidrerensis</i>
Hma	<i>Heteromurus major</i>
Pca	<i>Pseudachorutella catalonica</i>
Bau	<i>Bilobella aurantiaca</i>
Spu	<i>Spaeridia pumilis</i>

ESPECIES CARACTERISTICAS DE HORIZONTES ORGANICOS

Ino	<i>Isotoma notabilis</i>
Ens	<i>Entomobrya nivalis+strigata</i>
Rsi	<i>Rusekella similis</i>
Xbm	<i>Xenylla brevisimilis mediterranea</i>
Xsc	<i>Xenylla schillei</i>
Ppa	<i>Pseudachorutes parvulus</i>
Lla	<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>

ESPECIES EURITOPAS EN EL PERFIL EDAFICO

Bpa	<i>Brachystomella parvula</i>
Ola	<i>Odontella lolae</i>
Fse	<i>Folsomia sexoculata</i>
Cte	<i>Ceratophysella tergilobata</i>
Ogi	<i>Odontella gisini</i>
Ffi	<i>Folsomia fimetaria</i>
Pal	<i>Pseudosinella alba</i>
Mma	<i>Mesaphorura macrochaeta</i>
Fsu	<i>Friesea subterranea bioculata</i>
Imi	<i>Isotomiella minor</i>

ESPECIES CARACTERISTICAS DE HORIZONTES MINERALES

Omi	<i>Onychiurus minutus</i>
Ppr	<i>Protaphorura prolata</i>
Mit	<i>Mesaphorura italica</i>
Mcr	<i>Mesaphorura critica</i>

Tabla 9.11.- Serra de Prades, parcela control. Catalogación de las especies según sus preferencias de posición vertical en el perfil del suelo.

9.3.- GENERALIDADES DE LAS PARCELAS CONTROL.

En el presente capítulo analizaremos conjuntamente los resultados expuestos en los dos capítulos anteriores (9.1 y 9.2), que hacen referencia a la composición, estructura y dinámica vertical (en el perfil de suelo) y temporal (a lo largo de un ciclo anual) de la comunidad de colémbolos edáficos en los bosques de la serra de l'Obac y Prades.

En primer lugar expondremos los factores comunes a las comunidades de los dos encinares control, lo que nos permitirá establecer cuál es la estructura y dinámica de una comunidad, que consideraremos tipo, de colémbolos edáficos de encinar de la Sierra Prelitoral Catalana.

En segundo lugar trataremos sobre las diferencias entre las comunidades de los dos encinares control, de donde extraeremos cuáles son las particularidades de cada una de ellas en cuanto a estructura, dinámica y composición específica.

9.3.1.- Factores comunes de las parcelas control de ambas localidades.

El espectro faunístico a nivel de grupos en ambas localidades muestra rasgos comunes. En los horizontes orgánicos, en cuanto a porcentaje de densidad, el grupo más importante es el de los isotómidos, seguidos de entomóbridos, hipogastrúridos y oniquiúridos. La diferencia más notoria para estos horizontes entre las dos localidades es que, en la primera, los neanúridos representan un escaso porcentaje del total de individuos, mientras que en la segunda están mejor representados, sobre todo en el horizonte L.

En los horizontes minerales (A11 y A12) las dos localidades se diferencian algo más, pero muestran un patrón similar en el sentido de que en ambas aumenta en gran medida la importancia numérica de los oniquiúridos con respecto a los horizontes orgánicos. En Obac, en los horizontes A11 y A12, el grupo dominante continúan siendo los isotómidos seguidos de oniquiúridos, mientras que en Prades los más dominantes son los oniquiúridos seguidos por los isotómidos.

En la serra de l'Obac la especie más dominante en el conjunto del perfil del suelo es *Folsomia manolachei* (Ar=27.17%) y en Prades es *Folsomia sexoculata* (Ar=28.43%). Varios autores han señalado la existencia de una vicarianza ecológica entre *F.sexoculata* y *F.quadrioculata* (SELGA, 1968; ARDANAZ & JORDANA, 1986), y nuestros datos apuntan hacia una vicarianza entre *F.sexoculata* y *F.manolachei*.

En cuanto a las especies fundamentales (las más abundantes y frecuentes) de cada una de las localidades, hay que hacer notar que todas ellas, menos tres, se incluyen en el listado de especies características de suelos de encinares de la Sierra Prelitoral Catalana que elaborábamos en el capítulo 7.4. Estas especies fundamentales son:

OBAC

Xenylla maritima
Neonaphorura hexaspina
Mesaphorura italica
Protaphorura nemorata
Folsomia manolachei
Isotomiella minor
Isotoma notabilis
Lepidocyrtus lanuginosus

PRADES

Xenylla schillei
Mesaphorura critica
Mesaphorura italica
Mesaphorura macrochaeta
Folsomia fimetaria
Folsomia sexoculata
Entomobrya nivalis-strigata
Lepidocyrtus lanuginosus
Sphaeridia pumilis

Las tres excepciones a las que hacemos referencia son:

- *Isotomiella minor*, que según GISIN (1942) y GAMA (1964) es típica de praderas, mientras que CASSAGNAU (1961) y ARBEA (1987) la encuentran más característica de medios forestales.

Según los datos analizados en el capítulo 7.4, es muy frecuente en medios forestales de la Península Ibérica, con abundancias relativas que oscilan entre 0.04% y 6% (este último en el encinar de la serra de l'Obac), pero que muestra una mayor dominancia en un suelo de prado, con una abundancia relativa de 16.5%. Esto hace que la hayamos considerado más característica de prados que de bosques (capítulo 7.4 y anexo 1), aunque en realidad lo que más destaca de esta especie es su amplia valencia ecológica y su capacidad para habitar en gran variedad de biotopos.

- *Folsomia sexoculata*, que es una especie que se encuentra en hábitats muy diversos, aunque con preferencia por medios forestales (ARBEA, 1987). En el análisis del capítulo 7.4 se ha considerado como más característica de bosques de Navarra, donde presenta abundancias relativas del orden del 63% en un encinar, y del 78% en un pinar, muy superiores a la abundancia relativa que presenta en el encinar de la serra de Prades (28.4% en el total del perfil edáfico).
- *Mesaphorura macrochaeta*, que habita en numerosos biotopos, y que en la Península Ibérica la hemos considerado más característica de bosques de la Sierra de Gredos (capítulo 7.4 y anexo 1), en los que presenta abundancias relativas del orden del 8.6% (en un pinar) y 34% (en un robledal), frente al 18.7% que tiene en el conjunto del perfil de la serra de Prades.

En el conjunto de las dos localidades, durante un ciclo anual, el número de especies raras (rareza) que se encuentran en los distintos horizontes oscila en gran medida (CV de Rm entre 20% y 300%); la densidad media de colémbolos totales también oscila bastante en los distintos meses del año (CV de Dm entre 10% y 100%). La riqueza de especies (Sm), diversidad de Shanon (Hm), índice de Berger-Parker (BPm) y S_{50} muestran unas oscilaciones menores (CV entre 10% y 70%), y la uniformidad es el parámetro que menos variaciones presenta en su distribución anual (CV de Em entre 8% y 20%).

En ambas localidades, es en el paquete de horizontes orgánicos del perfil edáfico (L, F, H) donde se localiza la mayoría de la fauna colembológica, tanto en número de ejemplares (densidad) como en número de especies (riqueza). En estos horizontes la comunidad muestra una estructura y dinámica anual similar, no observándose diferencias significativas en la distribución anual de ninguno de los parámetros medidos en los tres horizontes, a excepción de la menor densidad observada en el horizonte L de la serra de l'Obac (tabla 9.1 en el capítulo 9.1.2). A pesar de no haberse observado mayores diferencias significativas entre estos tres horizontes en lo que se refiere a densidad de población, sí se puede hablar de una tendencia, tanto en la serra de l'Obac como en la de Prades, en el sentido siguiente:

En el horizonte L es donde se aprecia el menor valor de densidad media anual, que puede ser explicado por varios motivos. Por un lado, este horizonte de hojarasca superficial es el más directamente influenciado por las fluctuaciones climáticas de la atmósfera, lo que lo convierte en un medio bastante inestable. Además, la disponibilidad de alimento para la microfauna colembológica es también menor en la hojarasca; así, según SADAKA & POINSOT, (1989), las hojas de encina tienen un contenido de taninos muy elevado (21% del peso seco) que son tóxicos para los colémbolos, y es necesaria la acción de hongos y bacterias para que este material foliar esté disponible para ellos, lo cual ocurre en horizontes inferiores.

El horizonte F es el que muestra las mayores medias anuales de densidad. Es un horizonte que, por su morfología (gran cantidad de microespacios por los que pueden circular libremente los colémbolos), su alto contenido en materia orgánica y el estar protegido del ambiente exterior por la hojarasca, es idóneo para el establecimiento de grandes densidades de población de microartrópodos.

El horizonte H presenta valores intermedios de densidad. Se le puede considerar como una superficie de interfase, de gran importancia en el intercambio de materia orgánica entre la hojarasca y el suelo, de gran actividad biológica y que, pese a ser de textura esponjosa y de alto contenido orgánico, su micromorfología no es tan adecuada como el horizonte superior (F) para la circulación de los colémbolos.

Entre éstos horizontes orgánicos considerados en conjunto (paquete orgánico) y los horizontes minerales (A11 y A12), se produce una gradación vertical en cuanto a la estructura de la comunidad, de forma que, en el gradiente PAQUETE ORGÁNICO - HOR. A11 - HOR. A12, se observa una tendencia a una disminución de densidad total de colémbolos, de riqueza y de especies raras, y a un aumento de uniformidad.

Aquí hablamos de tendencia general ya que, si bien en la serra de l'Obac las diferencias de distribución anual entre horizontes son significativas para los parámetros comentados (tabla 9.1 en capítulo 9.1.2), en la serra de Prades la significación es menor (tabla 9.6 en capítulo 9.2.2). De todas formas, la tendencia en ambas localidades es clara en el sentido que hemos indicado más arriba.

El suelo mineral se caracteriza, en cuanto a hábitat físico, por ser de naturaleza mucho más compacta que los horizontes orgánicos. Por lo tanto, en los colémbolos que habitan en él, el tamaño y la forma del cuerpo, así como el desarrollo de estructuras sobresalientes, como el aparato saltador, patas y antenas son caracteres que se han de modificar en gran medida con respecto a los habitantes de los horizontes superficiales del perfil.

Los habitantes de horizontes orgánicos, con respecto a los de suelo mineral, presentan un mayor desarrollo de los órganos visuales, antenas, patas y aparato saltador, así como un cuerpo menos fusiforme y con mayor pigmentación. Los dos extremos podemos encontrarlos en los *Entomobryidae* (típicos de la superficie del suelo) por un lado y *Onychiuridae* (típicos de suelo mineral) por otro. En las figuras 9.1 y 9.11 (capítulos 9.1.1 y 9.2.1 respectivamente) se aprecia claramente que los *Entomobryidae* disminuyen en densidad de población desde los horizontes orgánicos al A12, pasando por el A11, mientras que los *Onychiuridae* aumentan.

Aparte de estas limitaciones físicas que imponen los horizontes minerales, también son importantes otras limitaciones como el mayor contenido en CO₂, la menor disponibilidad de sustancias alimenticias (menor contenido en materia orgánica). Todo esto hace que los horizontes A11 y A12 sean mucho más restrictivos como hábitat para los colémbolos y, en consecuencia muestren menores valores de densidad y riqueza.

Además de la diferenciación en base a los parámetros de densidad, riqueza y uniformidad de colémbolos totales, mediante los análisis de correspondencias hemos puesto de manifiesto la diferenciación existente en la comunidad colembológica entre los horizontes orgánicos (L, F y H) por un lado y los minerales (A11 y A12) por otro, en cuanto a la composición específica.

Podríamos hablar por tanto de dos subcomunidades en el seno del perfil edáfico de estructura, dinámica y composición específica bien diferenciadas; una SUBCOMUNIDAD DE SUPERFICIE, habitante de los horizontes orgánicos L, F y H, y una SUBCOMUNIDAD DE PROFUNDIDAD, habitante de los horizontes minerales A11 y A12. Las especies definitorias de cada una de estas subcomunidades serían, para cada localidad, las exclusivas y características de horizontes orgánicos por un lado, y las características y exclusivas de horizontes minerales por otro, tal y como indicábamos en las tablas 9.5 y 9.11 (capítulos 9.1.4 y 9.2.4 respectivamente). La permanencia de una determinada especie en una u otra subcomunidad no es algo estático, sino que la posición vertical de la misma puede variar en función de las condiciones microambientales (humedad fundamentalmente). Las especies exclusivas de cada una de las subcomunidades son las únicas que nunca habitan juntas y, en definitiva, son las que establecen en último término la polarización en las dos subcomunidades indicadas.

Las especies eurítopas de los perfiles de cada localidad son aquellas especies menos exigentes en cuanto a posición vertical y las que hacen de nexo de unión entre ambas subcomunidades. Asimismo, estas especies eurítopas son las que muestran una mayor capacidad de migraciones verticales en el interior del suelo.

USHER & BOOTH (1984) hablan también de dos subcomunidades de artrópodos (ácaros y colémbolos) en suelo cubierto de musgos, que denominan "comunidad de musgo" (en superficie), que se sitúa entre 0 y 1.5 cm de profundidad, y "comunidad de profundidad" por debajo de 3 cm en el suelo.

Podríamos considerar estas subcomunidades bajo el punto de vista de FABER (1991b) y darles la denominación de "asociaciones de colémbolos", asumiendo que existe una estrecha relación entre la elección que realizan del microhábitat y el papel específico que realizan en las cadenas tróficas y los ciclos de nutrientes del suelo. Pero para afirmar ésto es preciso dirigir las investigaciones hacia el estudio de los hábitos alimenticios de las especies concretas que forman estas asociaciones, así como de las relaciones entre estas especies y el resto de organismos edáficos.

Estas dos subcomunidades muestran dinámicas anuales diferenciadas y a veces contrarias. De esta forma, la densidad y riqueza de colémbolos totales en ambas localidades muestra correlación significativamente positiva con la pluviosidad en los horizontes orgánicos, mientras que en los horizontes minerales la correlación es fundamentalmente de signo negativo y únicamente significativa en cuanto a la densidad en la serra de l'Obac (tablas 9.2 y 9.7 en capítulos 9.1.2 y 9.2.2). Además, comparando los diagramas representados en las figuras 9.3 y 9.13 (capítulos 9.1.2 y 9.2.2 respectivamente) con los gráficos de precipitación de los diagramas ombrotérmicos de cada parcela (figuras 2.1 y 2.2 del capítulo 2), se observa claramente la concordancia de oscilaciones mensuales entre la pluviosidad mensual y la densidad y riqueza en los horizontes orgánicos, mientras que en los minerales se da una mayor independencia con respecto a la precipitación.

En general podemos concluir que existe una clara influencia de la estacionalidad sobre las poblaciones de colémbolos, así como una clara diferenciación de composición específica, estructura y dinámica de las comunidades de colémbolos en función de la profundidad en el perfil de suelo. Los mismos resultados han sido obtenidos por otros autores en diversos ecosistemas mediterráneos, tanto de Europa como de América y Australia (MAJER & GREENSLADE, 1988; ATHIAS & CANCELA, 1976).

9.3.2.- Diferencias entre las parcelas control.

Aparte de los factores comunes que hemos extraído del análisis de las comunidades de las dos parcelas control, éstas presentan una serie de diferencias que es necesario remarcar.

En primer lugar existen diferencias en el grado de cobertura vegetal, en el espesor de los horizontes orgánicos, en el contenido en materia orgánica y en el pH, como veíamos en el capítulo 2; el suelo en la serra de l'Obac está más protegido por un mayor recubrimiento de sotobosque, el espesor de la hojarasca es también mayor, presenta un mayor contenido en materia orgánica y un pH neutro o ligeramente básico a nivel del horizonte A1.

Con referencia al pH del suelo, HEUGENS & DAELE (1984) indican que, en general, los colémbolos son más sensibles a los bajos que a los altos valores de pH, por lo que el suelo de la serra de Prades (con pH=4.8 a nivel del horizonte A1) puede ser en este sentido más restrictivo para estos artrópodos que el de la serra de l'Obac.

Además, la zona en la que se encuentra la parcela control de la serra de Prades era sometida, 40 años antes del inicio de los muestreos, a prácticas de carboneo, que suponían la tala periódica del estrato arbóreo, con la consiguiente disminución de espesor de la capa de hojarasca y alteración mecánica de los horizontes superficiales del suelo.

Todas estas diferencias en el hábitat se manifiestan también en diferencias significativas a nivel de algunos parámetros de la comunidad de colémbolos edáficos. En la tabla 9.12 se indica la significación de las diferencias de distribución anual entre los distintos parámetros medidos en cada uno de los horizontes del perfil en las parcelas control de las dos localidades. En esta tabla se aprecia que la comunidad de la serra de l'Obac presenta una mayor riqueza en todos los horizontes, una mayor diversidad de Shanon en todos menos en el horizonte L, una mayor rareza en los horizontes orgánicos y un mayor S_{50} en los horizontes minerales. En la parcela de Prades se da un mayor Berger-Parker en todos los horizontes menos en el L.

En función de estas diferencias, concluimos que la comunidad de colémbolos edáficos de la serra de l'Obac es más rica y con una mayor diversidad específica (en sentido amplio) que la de Prades. Esta mayor madurez en el encinar de l'Obac debemos atribuirla a las diferencias que hemos comentado más arriba de una localidad con respecto a la otra.

	horizonte L	horizonte F	horizonte H	horizonte A11	horizonte A12
Dm	ns	ns	ns	ns	ns
Sm	** (O > P)	** (O > P)	** (O > P)	*** (O > P)	* (O > P)
Hm	ns	* (O > P)	** (O > P)	*** (O > P)	*** (O > P)
Em	ns	ns	ns	ns	ns
Rm	** (O > P)	** (O > P)	* (O > P)	ns	ns
BPm	ns	* (P > O)	* (P > O)	* (P > O)	* (P > O)
$S_{50}m$	ns	ns	ns	* (O > P)	* (O > P)

Tabla 9.12.- Niveles de significación de la prueba U Mann-Whitney entre las parcelas control de la serra de l'Obac (O) y de la serra de Prades (P) de la distribución anual de los diversos parámetros. Los códigos de estos parámetros se indican en el capítulo 4.2. ns diferencias anuales no significativas, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$. Entre paréntesis se indica el sentido de las diferencias.

Otro dato que apoya esta conclusión se basa en los coeficientes de variación de la densidad media anual de las distintas especies en cada uno de los horizontes de ambas localidades. En las figuras 9.20 y 9.21 se representan estos coeficientes de variación, ordenados de mayor a menor, en función del rango de especies.

En estas gráficas se aprecia que en la serra de Prades, en todos los horizontes del perfil, la línea rango-coeficiente de variación es siempre superior que en la serra de l'Obac. Por lo tanto, en general, las especies en la serra de Prades presentan una mayor heterogeneidad en la distribución anual de la densidad, lo que se atribuye directamente a que este medio es más inestable.

También se observa que la estructura vertical de la comunidad es menos neta en Prades que en Obac, lo cual se desprende de las tablas 9.1 y 9.6 (capítulos 9.1.2 y 9.2.2 respectivamente), en las que observamos que en Obac se detectan mayores significaciones que en Prades en cuanto a las diferencias de distribución anual de los distintos parámetros en los distintos horizontes del perfil.

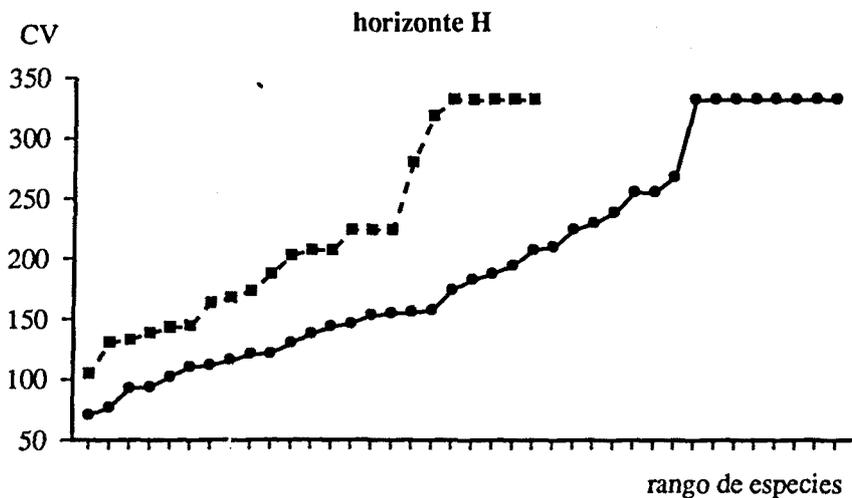
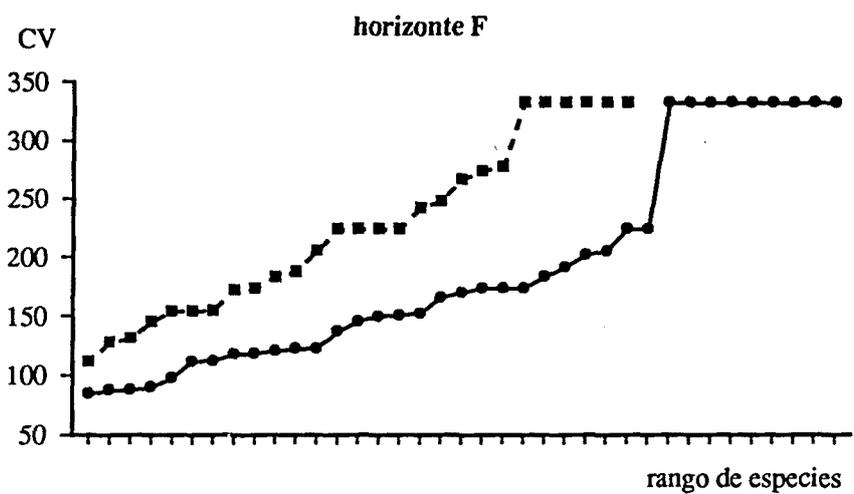
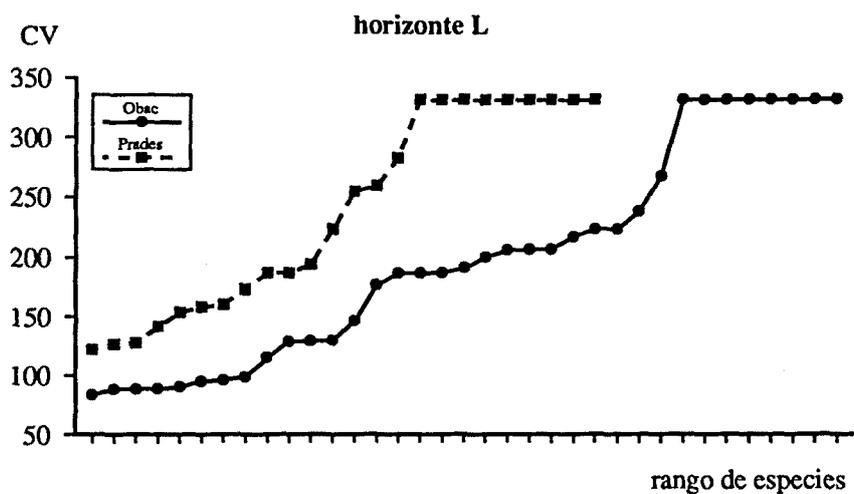


Figura 9.20.- Representación del coeficiente de variación (CV) de las especies, en función del rango de las mismas, ordenados de mayor a menor, en los horizontes orgánicos L, F y H de la serra de l'Obac y la serra de Prades.

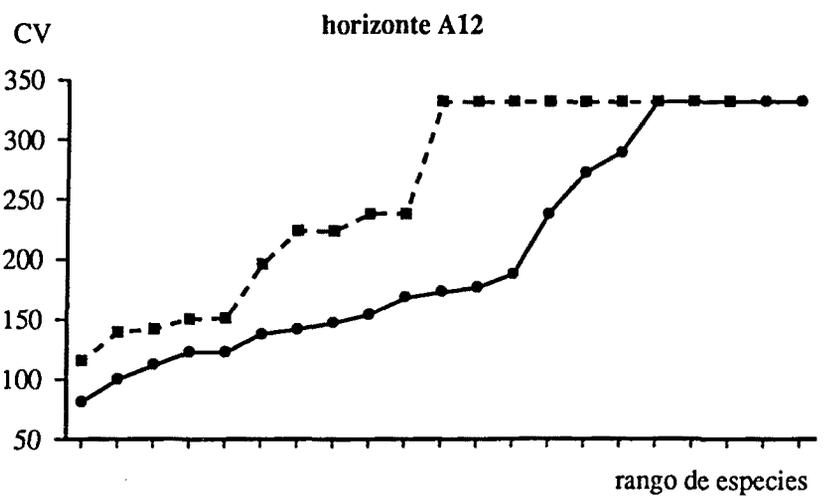
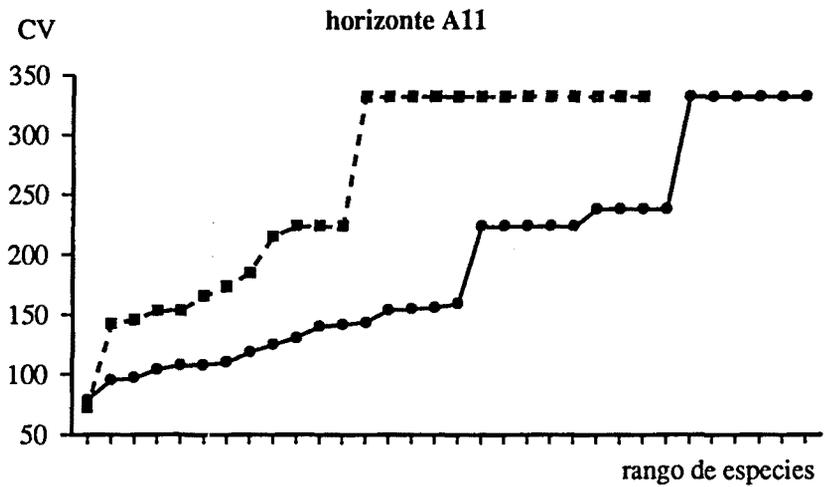
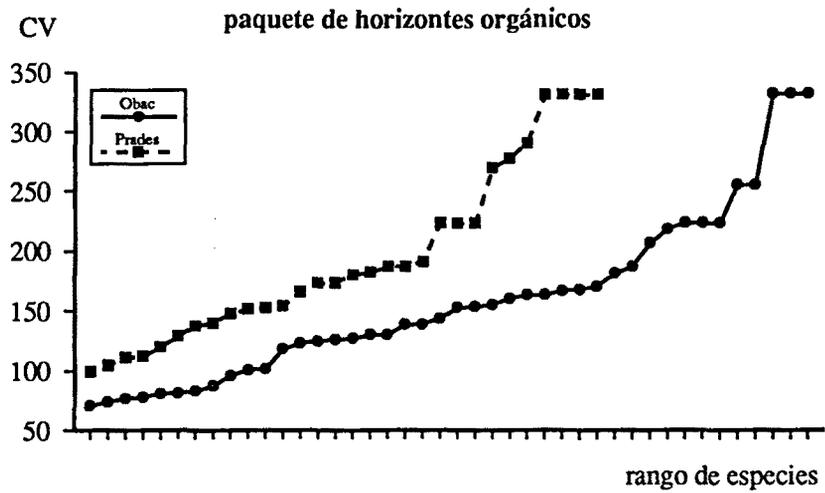


Figura 9.21.- Representación del coeficiente de variación (CV) de las especies, en función del rango de las mismas, ordenados de mayor a menor, en el paquete de horizontes orgánicos (L+F+H), horizonte A11 y horizonte A12 de la serra de l'Obac y la serra de Prades.

9.4.- PARCELA QUEMADA DE LA SERRA DE L'OBAC.

9.4.1.- Espectro faunístico.

El espectro porcentual de la densidad (figura 9.22) muestra que en la parcela quemada han desaparecido los odontélidos de todo el perfil edáfico, y los neanúridos del horizonte más superficial (Ce). En los dos horizontes orgánicos, Ce y H, la situación es la misma. El grupo más abundante lo constituyen los oniquiúridos (ONI) seguidos por los entomóbridos (ENT) e isotómidos (ISO). Hipogastruridos (HYP) y sinfipleonas (SIN) representan un escaso porcentaje del total de densidad.

En el horizonte A11, al igual que en el paquete orgánico, los tres grupos más importantes son oniquiúridos, isotómidos y entomóbridos. En el A12 los oniquiúridos aumentan en importancia, en detrimento fundamentalmente de los entomóbridos, representando algo más del 50% de la densidad total.

En cuanto al porcentaje de especies de cada grupo taxonómico (figura 9.23) en el horizonte Ce los que muestran un valor algo superior son los entomóbridos. En el horizonte H están presentes los neanúridos y otras familias, siendo los grupos mayoritarios oniquiúridos e isotómidos.

El paso de los horizontes orgánicos al horizonte A11 se caracteriza básicamente por un aumento de la importancia de los neanúridos, y el paso al A12 por un aumento de oniquiúridos y sinfipleonas y un descenso del número de especies de neanúridos e hipogastrúridos.

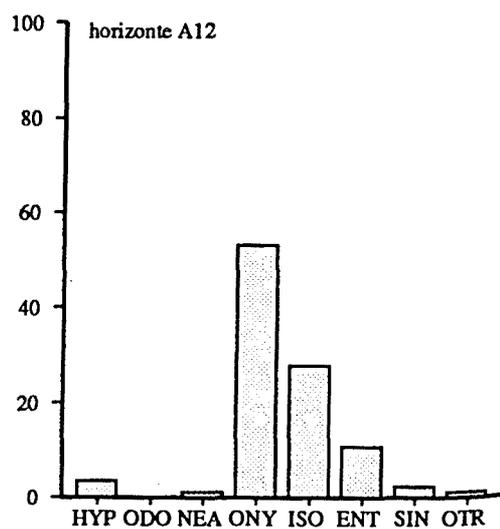
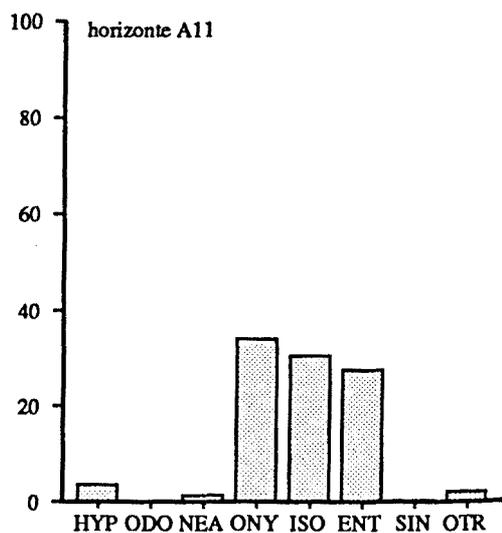
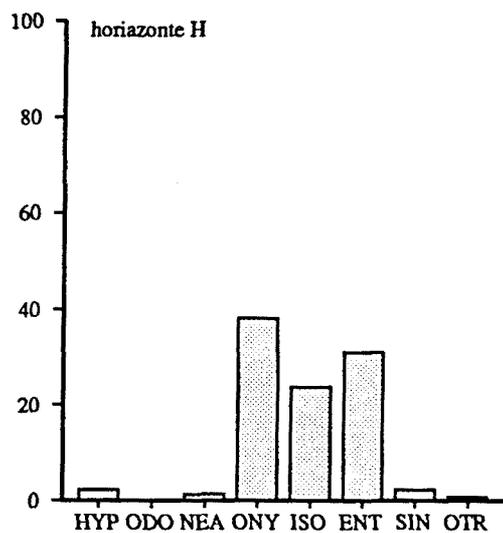
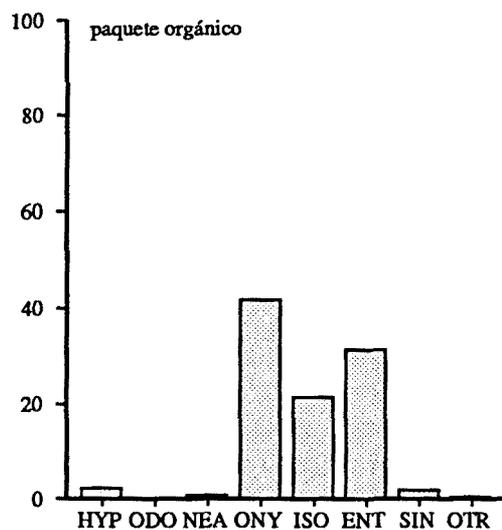
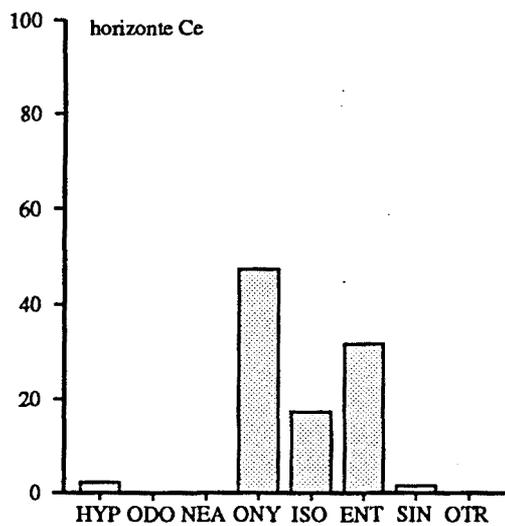


Figura 9.22.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Reparto porcentual de densidad de cada grupo en los distintos horizontes del perfil edáfico. paquete orgánico-horizontes Ce+H. Códigos de grupos especificados al comienzo del capítulo 9.

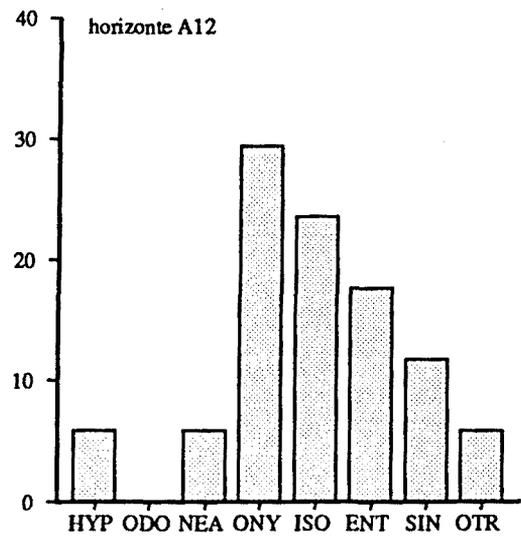
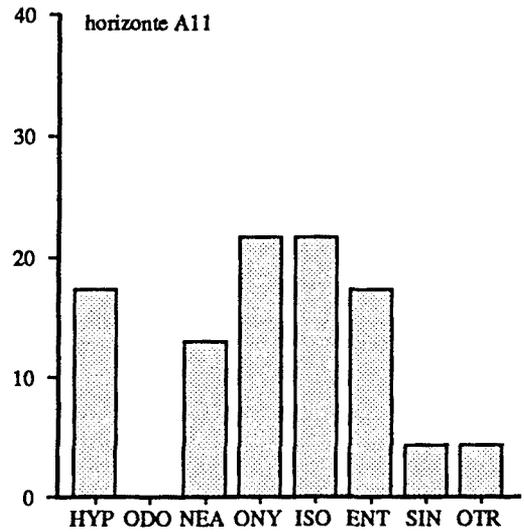
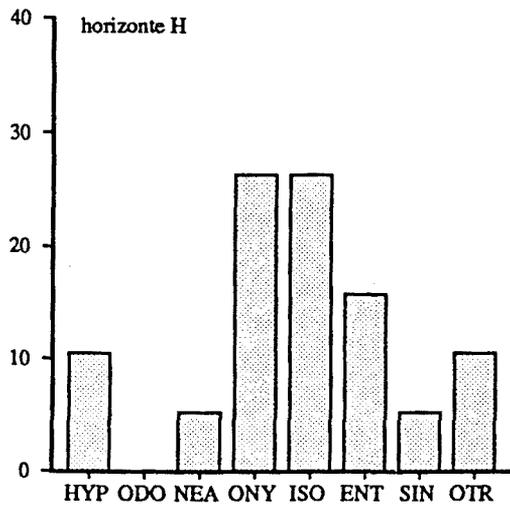
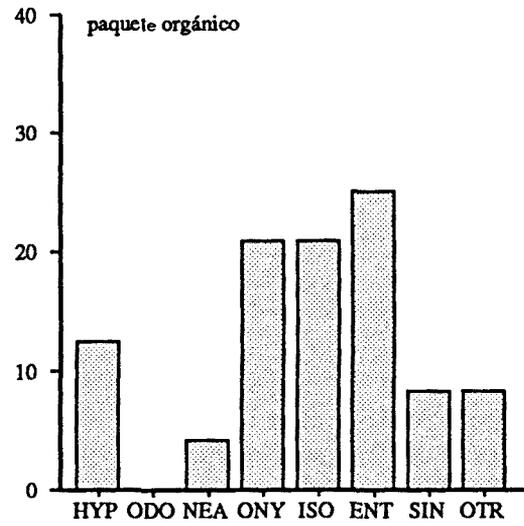
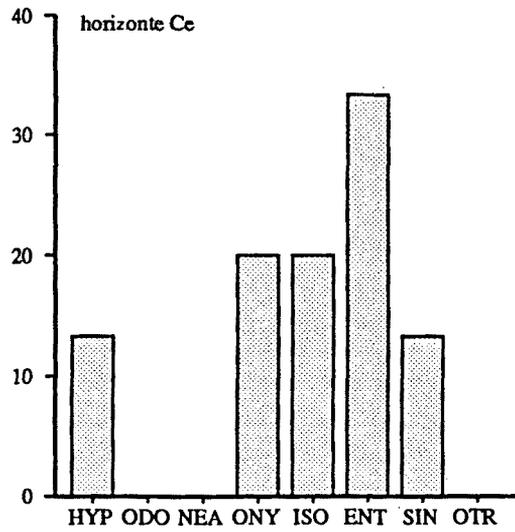


Figura 9.23.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Reparto porcentual de la riqueza de cada grupo en los distintos horizontes del perfil edáfico. paquete orgánico=horizontes Ce+H. Códigos de grupos especificados al comienzo del capítulo 9.

9.4.2.- Análisis de la comunidad (diversidad específica).

En la figura 9.24 se representa la distribución anual de la densidad, riqueza y diversidad de Shanon del total de colémbolos en cada uno de los horizontes del perfil edáfico. En la tabla 9.13 se indican las medias anuales de estos tres parámetros, así como de otros parámetros medidos a lo largo del año, con sus correspondientes coeficientes de variación anuales y la significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar la distribución de cada parámetro entre pares de horizontes consecutivos.

La densidad en los horizontes orgánicos Ce y H es muy similar, no detectándose diferencias significativas mediante la prueba U. La media anual es ligeramente inferior en el horizonte más superficial Ce y los coeficientes de variación son parecidos. Los máximos de densidad en estos horizontes se producen en febrero-marzo.

	Ce		H	org		A11		A12
Dm	2.26	ns	3.78	6.04	ns	11.67	*	3.52
CV	72.41		93.85	73.66		113.22		42.75
Sm	3.75	ns	5.33	7.00	ns	6.00	*	3.75
CV	57.74		55.38	52.16		50.46		36.31
Hm	1.46	ns	1.82	2.06	ns	1.98	ns	1.64
CV	42.53		41.83	36.92		39.87		39.05
Em	0.86	ns	0.85	0.81	ns	0.86	ns	0.93
CV	15.51		11.89	12.68		10.40		5.37
Rm	0.00	ns	0.00	0.00	ns	4.17	ns	0.00
CV	0.00		0.00	0.00		331.66		0.00
BPm	0.50	ns	0.46	0.44	ns	0.45	ns	0.47
CV	23.15		32.68	27.53		44.98		39.40
S ₅₀ m	1.36	ns	1.64	1.73	ns	1.75	ns	1.67
CV	35.28		29.40	25.78		41.24		28.28

Tabla 9.13.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Parámetros medios anuales y sus coeficientes de variación en los distintos horizontes del perfil edáfico. org=paquete de horizontes orgánicos (Ce+H). Entre columnas se indica la significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar las diferencias de distribución anuales de cada parámetro entre horizontes consecutivos. * p<0.05, ns diferencias anuales no significativas. Los códigos de los parámetros se indican en el capítulo 4.2.

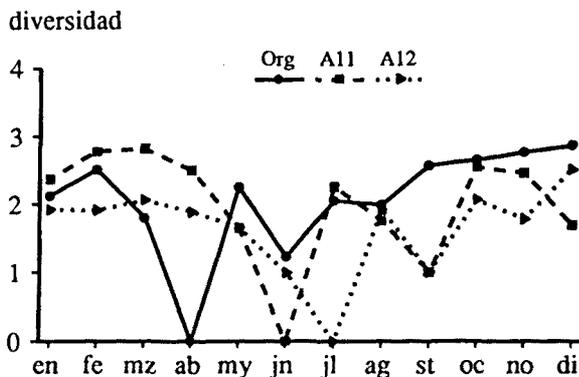
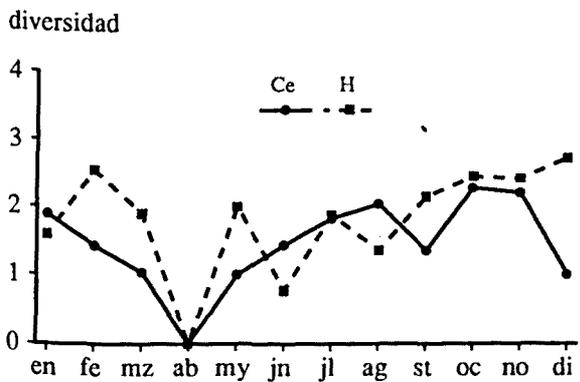
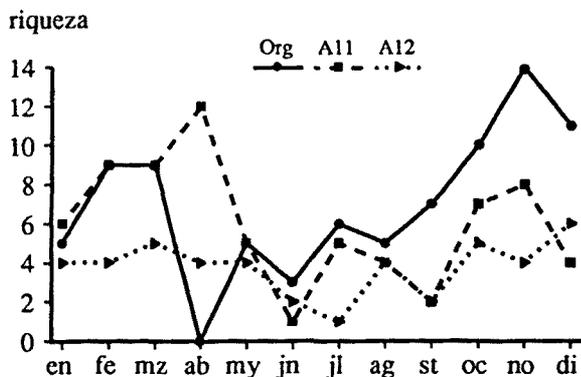
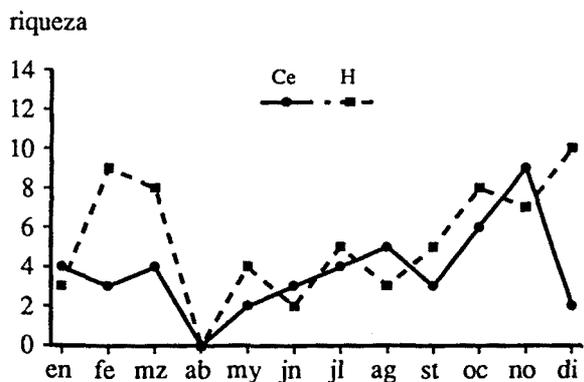
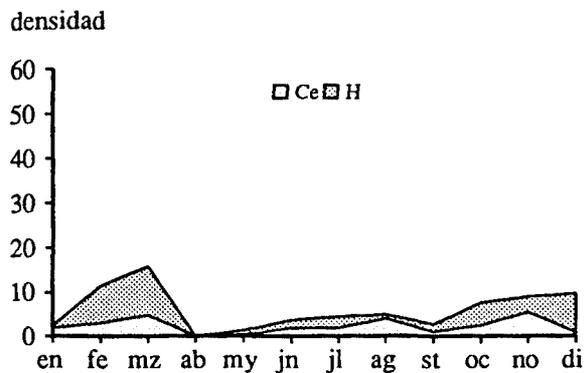


Figura 9.24.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Distribución anual de la densidad (en ej/100 cm²), riqueza de especies y diversidad de Shannon en los distintos horizontes del perfil edáfico. En la columna de la izquierda se representan los dos horizontes orgánicos Ce y H. En la columna de la derecha se representan el paquete de horizontes orgánicos (org), horizonte A11 y horizonte A12.

La mayor densidad de colémbolos se da en el horizonte A11, mientras que en el A12 este parámetro tiene un valor similar al de los horizontes Ce y H. Mediante la prueba U, la única diferencia significativa en todo el perfil se establece entre los horizontes A11 y A12.

Los coeficientes de variación indican que en el A11 hay un porcentaje de variación anual bastante más elevado que en el A12. En este último horizonte la densidad a lo largo del año es muy constante, mientras que en el primero se produce un máximo muy acusado en el mes de abril.

Los rangos de variación anual de la densidad total de colémbolos en cada uno de los horizontes son los siguientes:

		máximo		mínimo
Horizonte Ce	noviembre	5.51 ej/100 cm ²	abril	0.00 ej/100 cm ²
Horizonte H	marzo	11.02 ej/100 cm ²	abril	0.00 ej/100 cm ²
Horizonte A11	abril	51.43 ej/100 cm ²	junio	1.02 ej/100 cm ²
Horizonte A12	noviembre	6.11 ej/100 cm ²	julio	0.51 ej/100 cm ²

La riqueza de especies es bastante homogénea en los dos horizontes orgánicos, salvo en los meses de febrero, marzo y diciembre en los que es bastante superior en el horizonte H. La prueba U no da significación entre estos dos horizontes. La media anual es ligeramente superior en el horizonte H y los coeficientes de variación son muy similares. Al igual que ocurre con la densidad, la riqueza en estos horizontes presenta un mínimo en el mes de abril.

En el horizonte A11 la riqueza anual es similar a la del conjunto de los horizontes orgánicos, con media y coeficiente de variación muy parecidos, mientras que en el horizonte A12 la prueba U indica diferencias significativas, siendo la media anual menor que en los horizontes superiores. El coeficiente de variación en este último horizonte es algo más bajo que en el resto del perfil.

La distribución anual de la riqueza entre el horizonte A11 y el paquete orgánico se diferencia en que, durante el mes de abril, mientras que en aquél se produce un máximo en éste tiene lugar un mínimo.

Por lo tanto se aprecia que, tanto en la densidad como la riqueza de especies, en el periodo seco correspondiente al mes de abril la fauna colembológica migra en profundidad, desde los horizontes orgánicos hacia el A11. Durante el periodo estival ambos parámetros muestran valores similares en todo el perfil del suelo, mientras que tras las lluvias otoñales, si bien la densidad no varía mucho entre horizontes, el número de especies sí asciende sensiblemente en el paquete de horizontes orgánicos.

En general, se presenta una situación de independencia de la densidad y riqueza de especies con respecto a la pluviosidad mensual, que queda confirmado al realizar un análisis de correlación entre estas variables. En la tabla 9.14 se representan los resultados de un análisis de correlación

de rango entre la pluviosidad y la densidad y riqueza, y se observan unos coeficientes de correlación muy bajos y no significativos en ningún horizonte del perfil para ninguna de las dos variables.

La diversidad de Shanon, uniformidad, rareza, índice de Berger-Parker y S₃₀ no presentan diferencias significativas entre pares de horizontes, presentando medias anuales y coeficientes de variación muy parecidos en todo el perfil. Sólo cabe destacar que la uniformidad sí es significativamente mayor en el horizonte A12 que en el paquete orgánico, y que este parámetro muestra una clara tendencia a aumentar con la profundidad.

		rs	sig.	p
horizonte Ce	densidad	0.25	-	n.s.
	riqueza	0.07	-	n.s.
horizonte H	densidad	0.12	+	n.s.
	riqueza	0.50	+	n.s.
paquete hor. orgánicos	densidad	0.04	+	n.s.
	riqueza	0.48	+	n.s.
horizonte A11	densidad	0.28	-	n.s.
	riqueza	0.22	-	n.s.
horizonte A12	densidad	0.19	-	n.s.
	riqueza	0.16	+	n.s.

Tabla 9.14.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Análisis de correlación de rango entre la pluviosidad y densidad (ej/100 cm²) mensuales y entre la pluviosidad y la riqueza mensuales. rs coeficiente de correlación de rango de Spearman. La columna sig. indica el signo de la correlación. ** p<0.01, * p<0.05, n.s. correlación no significativa.

En resumen, en la distribución vertical de la comunidad de colémbolos a lo largo del año cabe destacar los siguientes puntos:

- Independencia de la distribución anual de la densidad y riqueza con respecto a la pluviosidad en todo el perfil edáfico. Lo más destacable es un mínimo en la seca primavera (abril) y que, a partir de entonces, ambos parámetros van aumentando ligera y progresivamente hasta final del año. En el periodo estival no se aprecia una disminución de densidad y riqueza con respecto al resto del año.
- Hay una migración de los colémbolos hacia los horizontes minerales, sobre todo el A11 en el mes de abril, coincidiendo con el mínimo en los horizontes orgánicos. El resto del año la densidad y número de especies es bastante similar en todo el perfil de suelo.

- Homogeneidad de diversidad de Shanon, rareza, Berger-Parquer y S_{50} en todo el perfil de suelo, por lo que podemos decir que la diversidad específica no varía con la profundidad. Por término medio se requieren de una a dos especies en cada mes para contabilizar el 50% del total de colémbolos, y la especie más dominante presenta una abundancia relativa que oscila entre 44% y 50%.
- Entre el paquete de horizontes orgánicos, el horizonte A11 y el horizonte A12, las únicas diferencias destacables son:
 - . disminución de densidad y riqueza desde el A11 hacia el A12.
 - . Tendencia a un aumento de uniformidad desde los horizontes orgánicos hacia el A11 y desde éste al A12.

9.4.3.- Densidad, abundancia y frecuencia de las especies.

En las tablas 9.15 y 9.16 se indica, para cada especie, la densidad media anual, su coeficiente de variación, la frecuencia y abundancia en cada uno de los horizontes del perfil edáfico. Los datos de frecuencia y abundancia se representan simultáneamente en las figuras 9.25, 9.26 y 9.27.

En estas gráficas se señalan mediante líneas punteadas, en el eje x (abundancia relativa) los puntos de 2% y 5%, que marcan los límites de las especies poco dominantes ($Ar < 2\%$), medianamente dominantes ($5\% > Ar > 2\%$) y dominantes ($Ar > 5\%$); y en el eje y (frecuencia) los puntos de 25%, 50% y 75%, que marcan los límites de especies accidentales ($F < 25\%$), accesorias ($25\% < F < 50\%$), constantes ($50\% < F < 75\%$) y euconstantes ($75\% < F < 100\%$).

Mesaphorura italica (Mit), *Protaphorura nemorata* (Pne) y *Folsomia manolachei* (Fma) son dominantes en todo el perfil edáfico. *Entomobrya multifasciata* (Emu) es también dominante en los horizontes Ce, H y A11 (la más dominante en este último horizonte), pero no aparece en el A12. *Isotomietta minor* (Imi) adquiere importancia en los horizontes A11 y A12, y en este último destacan además *Onychiurus silvarius* (Osi), *Neonaphorura hexaspina* (Nhe), *Mesaphorura critica* (Mcr) y *Pseudosinella fallax* (Pfa).

Estas nueve especies podemos considerarlas como fundamentales en todo el perfil de suelo, pero puntualizando que, la mayoría de ellas, si bien son dominantes numéricamente en algún horizonte, no muestran una frecuencia anual notoria. Esto es particularmente generalizado en el horizonte A12, donde ninguna especie tiene una frecuencia superior al 50%.

Analizando los coeficientes de variación de la densidad anual de cada una de las especies en los distintos horizontes, observamos que todas tienen un CV elevado (superior a 100), excepto *Mesaphorura italica* (Mit), que es la especie con una mayor frecuencia de aparición en los horizontes Ce, H y A11. Esto nos indica que las poblaciones de cada especie muestran unas fluctuaciones muy acusadas de densidad a lo largo del año.

Tabla 9.15.- (página siguiente) Serra de l'Obac, parcela quemada. Densidad media (Dm) con su coeficiente de variación (CV), Abundancia relativa (Ar) y frecuencia anual (F) de cada especie en los dos horizontes orgánicos Ce y H. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

Tabla 9.16.- (página siguiente) Serra de l'Obac, parcela quemada. Densidad media (Dm) con su coeficiente de variación (CV), Abundancia relativa (Ar) y frecuencia anual (F) de cada especie en el paquete de horizontes orgánicos (Ce+H), horizonte A11 y horizonte A12. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

SERRA DE L'OBAC. PARCELA QUEMADA

	horizonte Ce				horizonte H			
	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F
Xma	0.02	331.66	0.75	8.33	-	-	-	-
Xsc	-	-	-	-	-	-	-	-
Car	-	-	-	-	-	-	-	-
Cen	-	-	-	-	0.02	331.66	0.45	8.33
Wan	0.03	331.66	1.50	8.33	0.07	187.08	1.80	25.00
Mdu	-	-	-	-	-	-	-	-
Ogi	-	-	-	-	-	-	-	-
Olo	-	-	-	-	-	-	-	-
Ova	-	-	-	-	-	-	-	-
Ffa	-	-	-	-	-	-	-	-
Ppa	-	-	-	-	-	-	-	-
Pca	-	-	-	-	-	-	-	-
Mpy	-	-	-	-	-	-	-	-
Mse	-	-	-	-	-	-	-	-
Pbo	-	-	-	-	0.05	173.21	1.35	25.00
Cna	-	-	-	-	-	-	-	-
Dde	-	-	-	-	-	-	-	-
Bau	-	-	-	-	-	-	-	-
Maf	-	-	-	-	0.02	331.66	0.45	8.33
Nhe	-	-	-	-	-	-	-	-
Mcr	0.09	153.62	3.76	33.33	0.19	136.97	4.95	41.67
Mit	0.83	96.65	36.84	83.33	0.56	120.72	14.86	75.00
Pne	0.15	261.76	6.77	16.67	0.63	142.27	16.67	66.67
Osi	-	-	-	-	0.05	331.66	1.35	8.33
Cde	-	-	-	-	-	-	-	-
Aly	-	-	-	-	-	-	-	-
Pac	-	-	-	-	0.10	276.89	2.70	16.67
Fma	0.24	109.73	10.53	58.33	0.37	138.77	9.91	58.33
Ifu	0.09	182.21	3.76	25.00	0.14	127.48	3.60	41.67
Imi	0.07	187.08	3.01	25.00	0.17	137.11	4.50	41.67
Ino	-	-	-	-	0.12	203.54	3.15	25.00
Emu	0.54	185.19	24.06	41.67	1.07	188.90	28.38	41.67
Enb	0.03	223.61	1.50	16.67	-	-	-	-
Lla	0.02	331.66	0.75	8.33	-	-	-	-
Lli	-	-	-	-	-	-	-	-
Llu	0.10	191.49	4.51	25.00	0.09	331.66	2.25	8.33
Lmo	-	-	-	-	-	-	-	-
Pfa	-	-	-	-	0.02	331.66	0.45	8.33
Psu	-	-	-	-	-	-	-	-
Hma	0.02	331.66	0.75	8.33	-	-	-	-
Oqu	-	-	-	-	-	-	-	-
Cal	-	-	-	-	0.02	331.66	0.45	8.33
Onc	-	-	-	-	0.02	331.66	0.45	8.33
Mmi	0.02	331.66	0.75	8.33	0.09	267.58	2.25	16.67
Spu	-	-	-	-	-	-	-	-
Ssp	-	-	-	-	-	-	-	-
Aca	-	-	-	-	-	-	-	-
Ael	-	-	-	-	-	-	-	-
Sre	0.02	331.66	0.75	8.33	-	-	-	-
Dor	-	-	-	-	-	-	-	-
Bou	-	-	-	-	-	-	-	-
Llb	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 9.15

SERRA DE L'OBAC. PARCELA QUEMADA

	paquete de horizontes orgánicos				horizonte A11				horizonte A12			
	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F
Xma	0.02	331.66	0.28	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Xsc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Car	-	-	-	-	0.04	331.66	0.36	8.33	-	-	-	-
Cen	0.02	331.66	0.28	8.33	0.08	223.61	0.73	16.67	-	-	-	-
Wan	0.10	152.75	1.69	33.33	0.25	223.61	2.18	25.00	0.13	238.05	3.61	16.67
Mdu	-	-	-	-	0.04	331.66	0.36	8.33	-	-	-	-
Ogi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Olo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ffa	-	-	-	-	0.04	331.66	0.36	8.33	-	-	-	-
Ppa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mpy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mse	-	-	-	-	0.04	331.66	0.36	8.33	-	-	-	-
Pbo	0.05	173.21	0.85	25.00	0.08	223.61	0.73	16.67	0.04	331.66	1.20	8.33
Cna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maf	0.02	331.66	0.28	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Nhe	-	-	-	-	0.38	189.54	3.27	33.33	0.38	110.55	10.84	50.00
Mcr	0.27	111.80	4.51	58.33	0.13	331.66	1.09	8.33	0.38	173.21	10.84	33.33
Mit	1.39	91.36	23.10	91.67	1.65	107.42	14.18	83.33	0.47	163.38	13.25	33.33
Pne	0.78	128.61	12.96	66.67	1.57	141.65	13.45	58.33	0.21	182.21	6.02	25.00
Osi	0.05	331.66	0.85	8.33	0.25	191.49	2.18	25.00	0.42	153.62	12.05	41.67
Cde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aly	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pac	0.10	276.89	1.69	16.67	0.04	331.66	0.36	8.33	-	-	-	-
Fma	0.61	79.35	10.14	75.00	1.57	179.34	13.45	41.67	0.25	191.49	7.23	25.00
Ifu	0.22	133.01	3.66	50.00	0.13	238.05	1.09	16.67	0.04	331.66	1.20	8.33
Imi	0.24	130.15	3.94	50.00	1.23	126.93	10.55	75.00	0.64	131.15	18.07	50.00
Ino	0.12	203.54	1.97	25.00	0.59	206.53	5.09	25.00	0.04	331.66	1.20	8.33
Emu	1.62	185.46	26.76	58.33	2.76	211.90	23.64	41.67	-	-	-	-
Enb	0.03	223.61	0.56	16.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Lla	0.02	331.66	0.28	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Lli	-	-	-	-	0.04	331.66	0.36	8.33	0.04	331.66	1.20	8.33
Llu	0.19	220.26	3.10	25.00	0.30	191.13	2.55	33.33	-	-	-	-
Lmo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pfa	0.02	331.66	0.28	8.33	0.13	173.21	1.09	25.00	0.21	228.91	6.02	16.67
Psu	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	173.21	3.61	25.00
Hma	0.02	331.66	0.28	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Oqu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cal	0.02	331.66	0.28	8.33	0.25	276.89	2.18	16.67	-	-	-	-
Onc	0.02	331.66	0.28	8.33	-	-	-	-	0.04	331.66	1.20	8.33
Mmi	0.10	223.61	1.69	25.00	0.04	331.66	0.36	8.33	0.04	331.66	1.20	8.33
Spu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ssp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aca	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	331.66	1.20	8.33
Ael	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sre	0.02	331.66	0.28	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Dor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bou	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Llb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 9.16

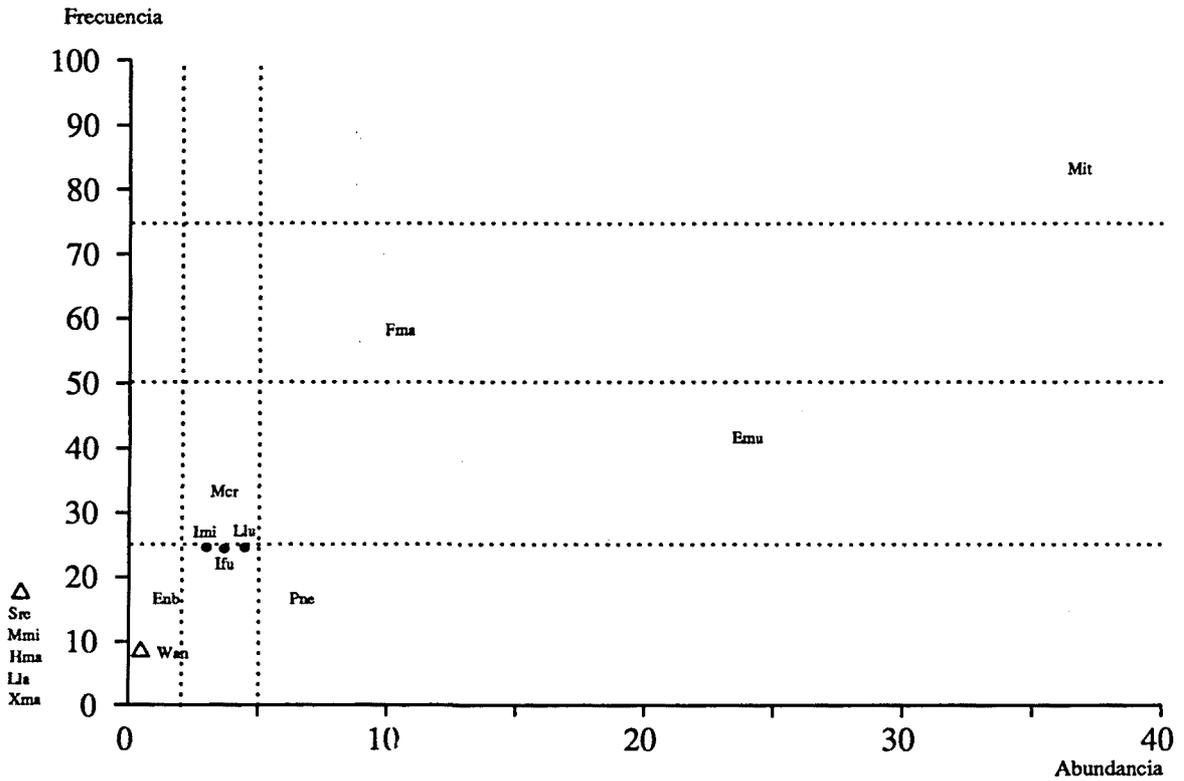


Figura 9.25a.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Horizonte Ce. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

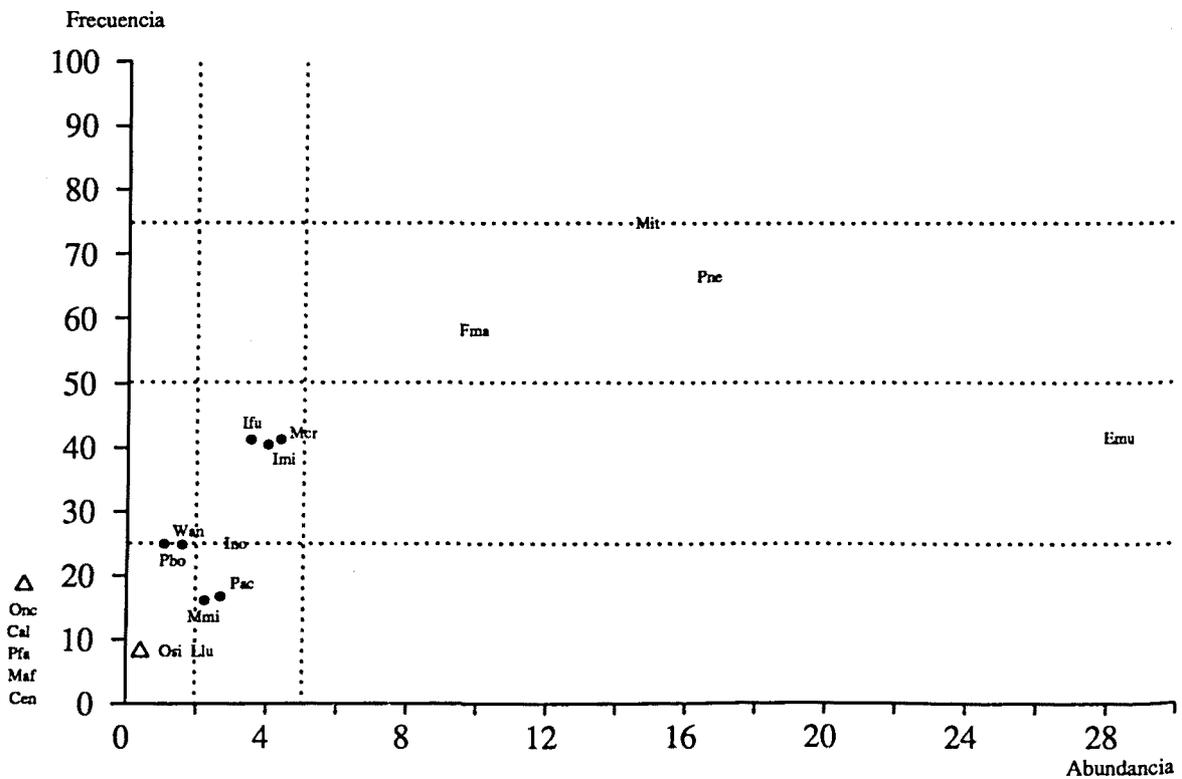


Figura 9.25b.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Horizonte H. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

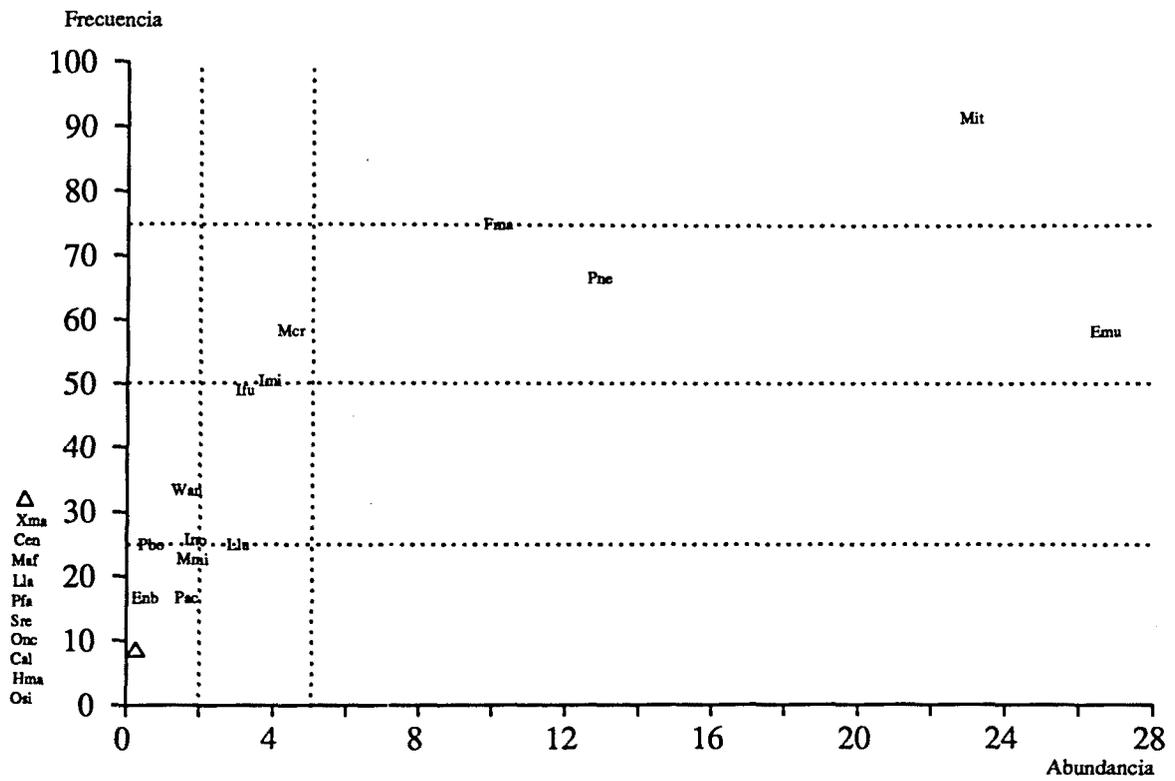


Figura 9.26.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Paquete de horizontes orgánicos (Ce+H). Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

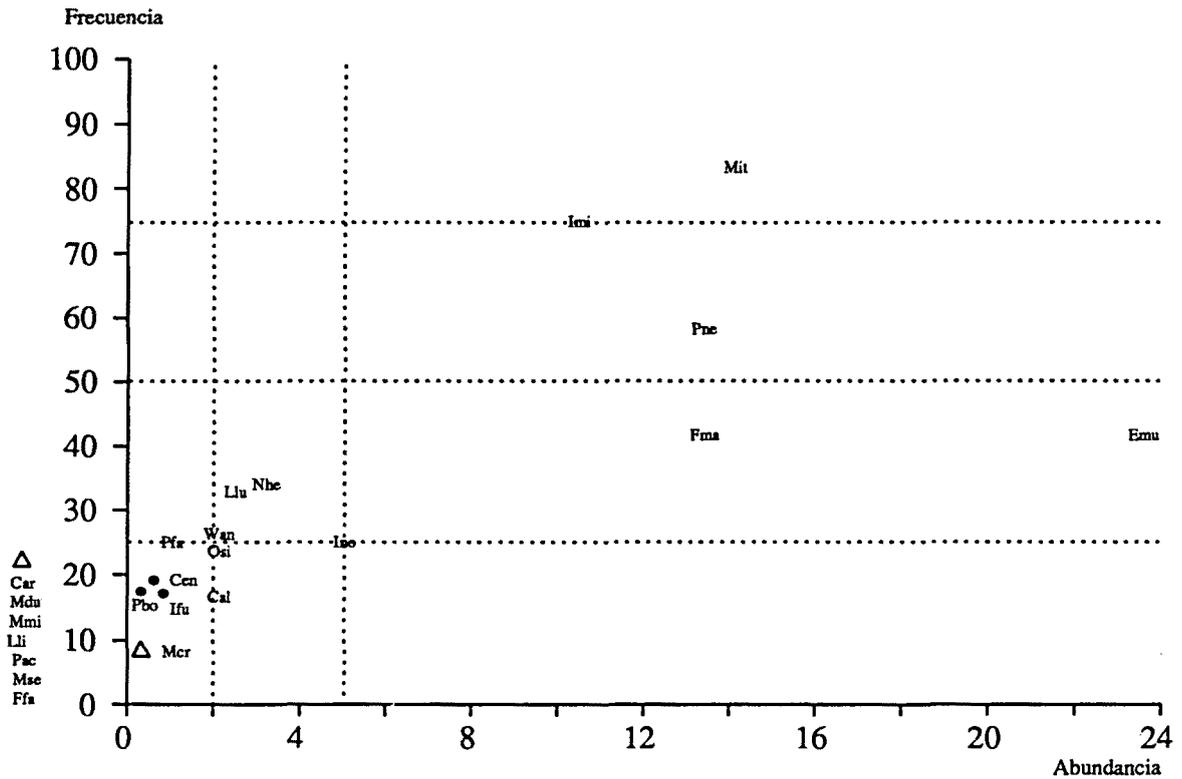


Figura 9.27a.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Horizonte A11. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

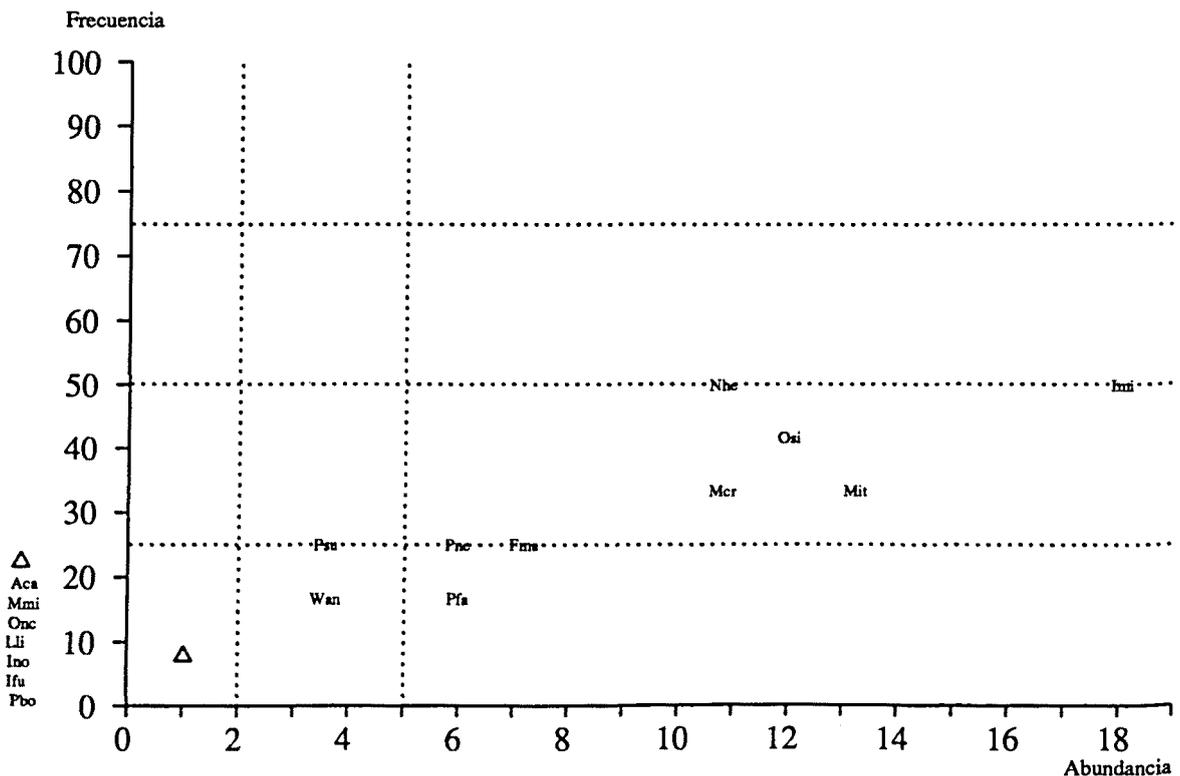


Figura 9.27b.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Horizonte A12. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

9.4.4.- Análisis de correspondencias (composición específica).

Se han realizado dos análisis de correspondencias, uno con la matriz de datos total de esta parcela (ANACOR OQ-1), y otro con una matriz reducida en la que se ha eliminado el factor estacionalidad (ANACOR OQ-2). Con objeto de minimizar el efecto polarizador de las especies excesivamente raras, se han eliminado del análisis aquellas cuya frecuencia anual es inferior a 9% (se presentan sólo en un mes al año) y aquellas cuya abundancia relativa es inferior o igual a 0.1%. Han quedado un total de 22 especies que intervendrán en los análisis.

En un primer análisis (ANACOR OQ-1) se ha utilizado una matriz que recoge la densidad de las 22 especies en 46 muestras (se han eliminado dos muestras en las que no se obtuvo ningún colémbolo). En esta matriz intervienen tres fuentes de variación distintas que interaccionan entre sí: la estacionalidad (variable Mes con 12 categorías), el nivel de profundidad que ocupa cada especie en cada periodo del año (variable Horizonte con 4 categorías), y las diferentes especies (variable Especie con 22 categorías).

Se han representado los dos primeros ejes. El eje 1 interpreta el 17% de la varianza total y el eje 2 el 13%.

En la representación de los puntos-muestra en el espacio de las especies se ha desglosado en dos gráficas, una para los puntos-mes y otra para los puntos-horizonte.

La dispersión de los puntos-mes, representada en la figura 9.28, muestra un patrón difícilmente interpretable. Ahora bien, si atendemos a los diferentes horizontes del perfil (figura 9.29) sí observamos una distribución diferencial en la nube de puntos.

De esta forma, según el eje 1, las muestras de horizontes orgánicos Ce y H se agrupan en torno al cero, mientras que las muestras de horizontes minerales A11 y A12 se distribuyen a lo largo de este eje, en su mayoría mezcladas con los puntos de horizontes orgánicos, y cinco más separadas hacia valores negativos.

El eje 2 ofrece exactamente la misma distribución que el eje 1. Los puntos correspondientes a horizontes orgánicos y la mayoría de minerales formando una nube compacta en torno al cero, y cinco puntos de horizontes minerales algo más separados hacia valores positivos.

Por lo tanto, tanto el eje 1 como el eje 2 se interpretan como asociados a la variable Horizonte, mientras que la variable Mes, si bien tiene una influencia en la distribución de la nube de puntos, no es posible realizar una interpretación acorde con algún patrón estacional.

En el espacio de las muestras, las especies se distribuyen en los ejes 1 y 2 en función de su abundancia relativa particular en las distintas muestras (figura 9.30). Dado que, como hemos comentado en el punto anterior, la mayoría de especies presenta una frecuencia de aparición anual muy baja, la afinidad de cada especie con las distintas muestras se reduce a

casos muy concretos que hacen difícil la interpretación de la nube de puntos.

Según el eje 1 las especies situadas en los valores extremos (las más discriminantes) son *Lepidocyrtus lignorum* (Lli) en valores positivos y *Neonaphorura hexaspina* (Nhe), *Oncopodura* (Onc) y *Onychiurus silvarius* (Osi) en valores negativos. Todas ellas básicamente asociadas a muestras de horizontes minerales.

Según el eje 2 las especies extremas son, en valores positivos *Oncopodura* (Onc), *Onychiurus silvarius* (Osi), *Neonaphorura hexaspina* (Nhe) y *Pseudosinella fallax* (Pfa), y en valores negativos *Cyphoderus albinus* (Cal). Todas ellas igualmente asociadas a horizontes minerales.

Por lo tanto, la nube de puntos-especie se distribuye de la siguiente forma: Un grupo central formado por especies que habitan en todo el perfil, y especies periféricas que habitan básicamente en horizontes minerales.

De este primer análisis extraemos las siguientes conclusiones básicas:

- Las muestras de los distintos meses se distribuyen según un patrón no interpretable, por lo que deducimos que, a causa del incendio, se ha producido una ruptura de la dinámica anual "normal" del conjunto de las especies de colémbolos.
- La diferenciación vertical en el perfil de suelo se establece básicamente por la existencia de unas pocas especies que habitan fundamentalmente en horizontes profundos, mientras que la mayoría de ellas no muestra preferencia por ningún nivel en particular; o lo que es lo mismo, que se ha producido una ruptura de la diferenciación vertical de la comunidad colembológica a causa del incendio.

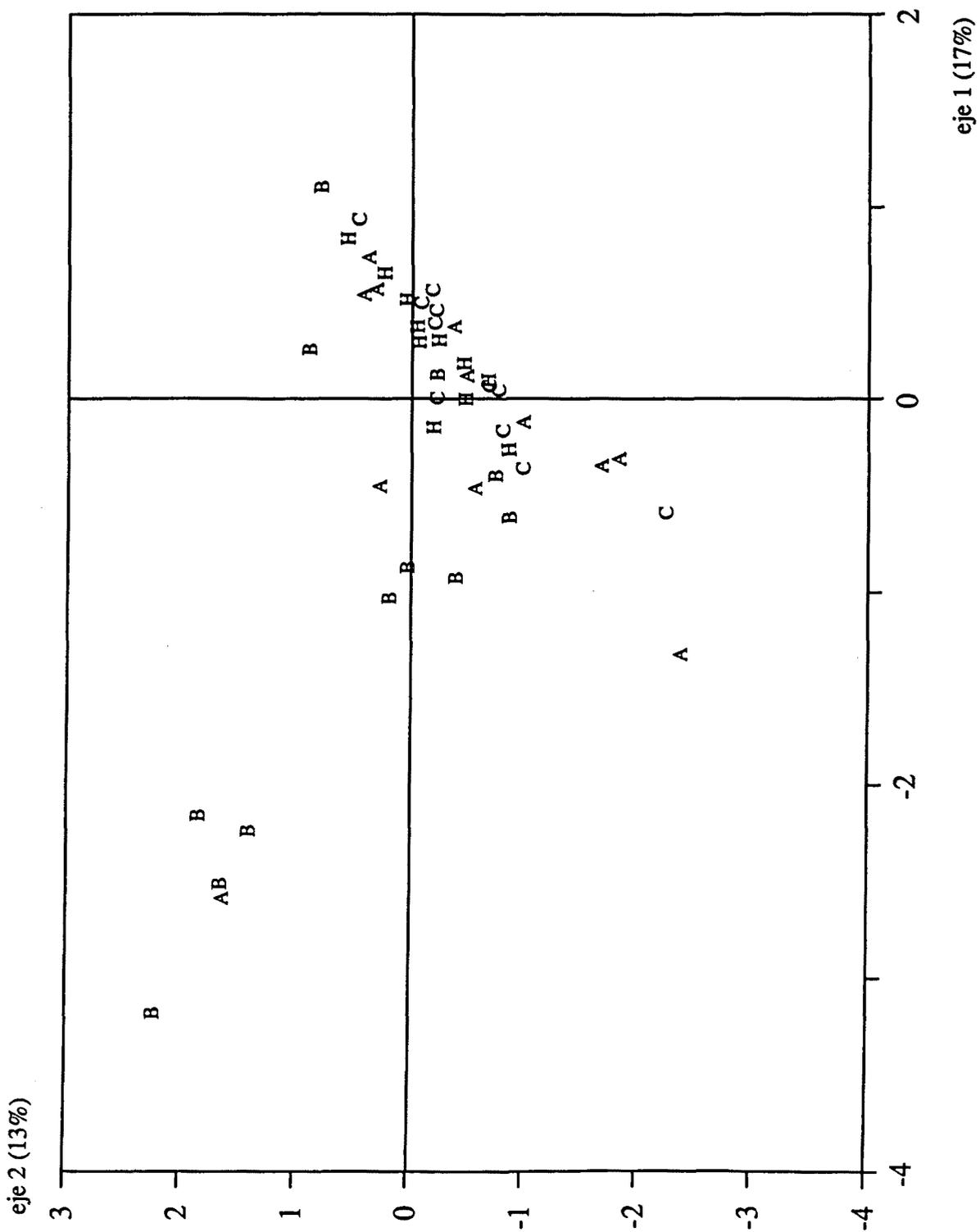


Figura 9.29.- Serra de l'Obac, parcela quemada, ANACOR OQ-1. Representación de los puntos-horizonte en el plano delimitado por los dos primeros ejes. C, H, A, B = horizontes Ce, H, A11 y A12 respectivamente.

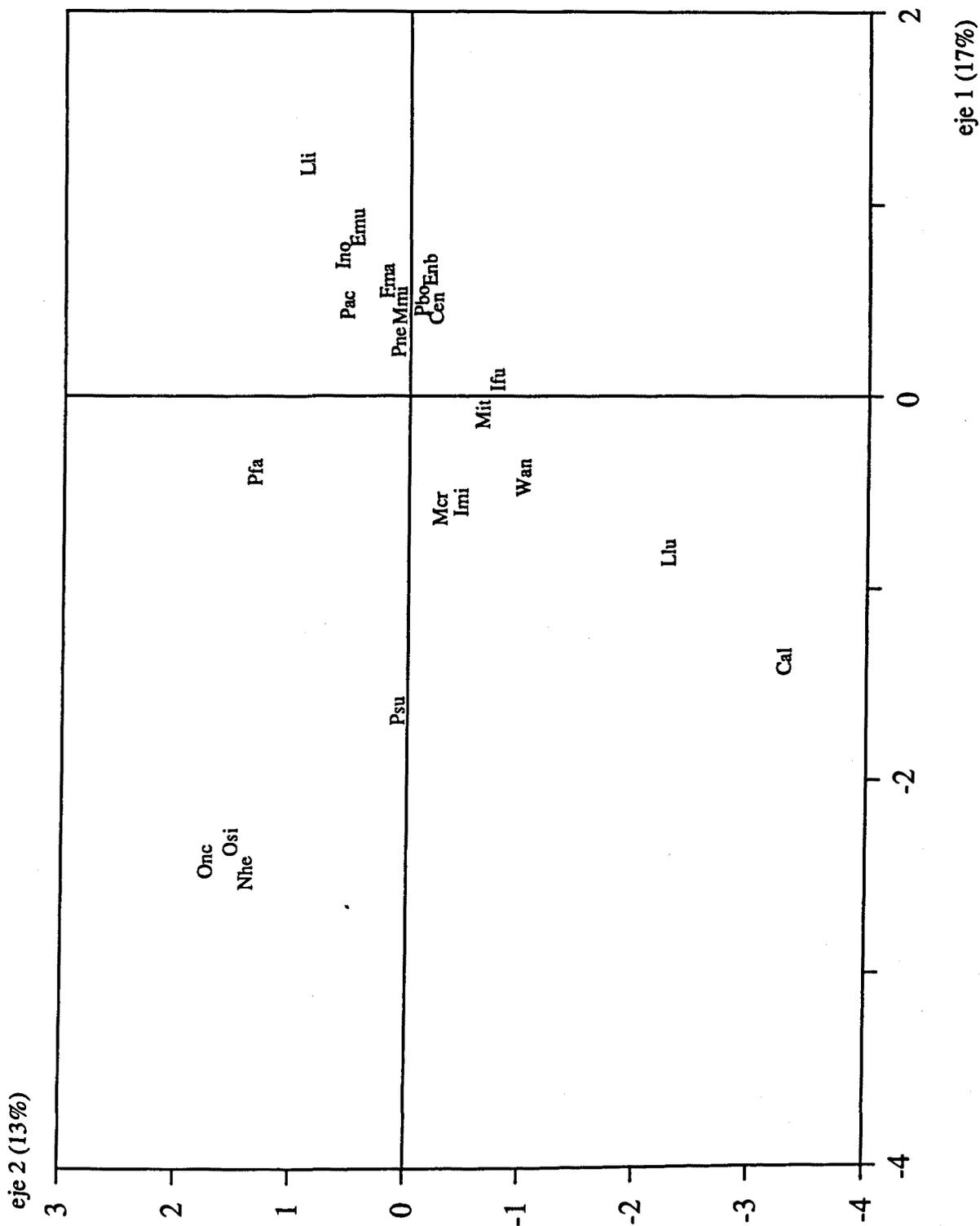


Figura 9.30.- Serra de l'Obac, parcela quemada. ANACOR OQ-1. Representación de los puntos-especie en el plano delimitado por los dos primeros ejes. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo 8.

Esta pérdida de diferenciación vertical de la comunidad se aprecia mejor si realizamos un segundo análisis de correspondencias (ANACOR OQ-2) en base a una matriz más simplificada, como la que se obtiene al reunir la información contenida en los distintos muestreos de cada horizonte edáfico en cuatro muestras compuestas (Ce, H, A11 y A12), con lo que obtenemos una matriz de la que se elimina la variabilidad original debida a la estacionalidad, obteniendo así una visión de cómo se reparten las especies en el perfil de suelo independientemente de la época del año.

Se han representado simultáneamente los puntos-horizonte y los puntos-especie según las coordenadas de los dos primeros ejes (figura 9.31). El eje 1 extrae el 69% de la varianza total y el eje 2 el 20%.

En el plano delimitado por estos ejes los horizontes orgánicos Ce y H y el horizonte mineral A11, se agrupan en los valores positivos del eje 1 y, en conjunto, se oponen al horizonte A12 en el extremo negativo de este eje. El eje 2 establece un distanciamiento entre el horizonte A11 en valores positivos, y el horizonte Ce en el extremo negativo.

Las especies se distribuyen según el mismo patrón explicado; una nube de puntos-especie, que incluye a la mayoría de ellas, asociadas a los horizontes Ce, H y A11 en valores positivos y ligeramente negativos y, en valores más negativos, las especies características y exclusivas del horizonte más profundo A12. Según el eje 2 las especies se distribuyen en un gradiente que va de valores positivos, donde se sitúan las especies más características del horizonte A11, hasta los valores más negativos, donde está *Entomobrya nivalis-bimaculata* (Enb) que es exclusiva del horizonte Ce.

Por lo tanto de este análisis extraemos la misma conclusión que enumerábamos en último lugar en el análisis anterior; esto es, que la única diferenciación vertical de la comunidad es debida a la existencia de una serie de especies que muestran una clara preferencia a habitar en profundidad, mientras que el grueso de especies está asociado al resto de horizontes del perfil.

En base a la representación obtenida mediante estos dos análisis y con la información contenida en las tablas 9.15 y 9.16, podemos catalogar las especies en función de sus preferencias verticales en el perfil del suelo.

De esta forma en la tabla 9.17 se clasifican éstas según un gradiente superficie-profundidad en el perfil, de forma que la primera es exclusiva del horizonte orgánico más superficial Ce y la última es exclusiva del horizonte mineral A12 (se excluyen las especies con abundancia relativa total anual inferior o igual a 0.1% y con frecuencia anual inferior a 9%).

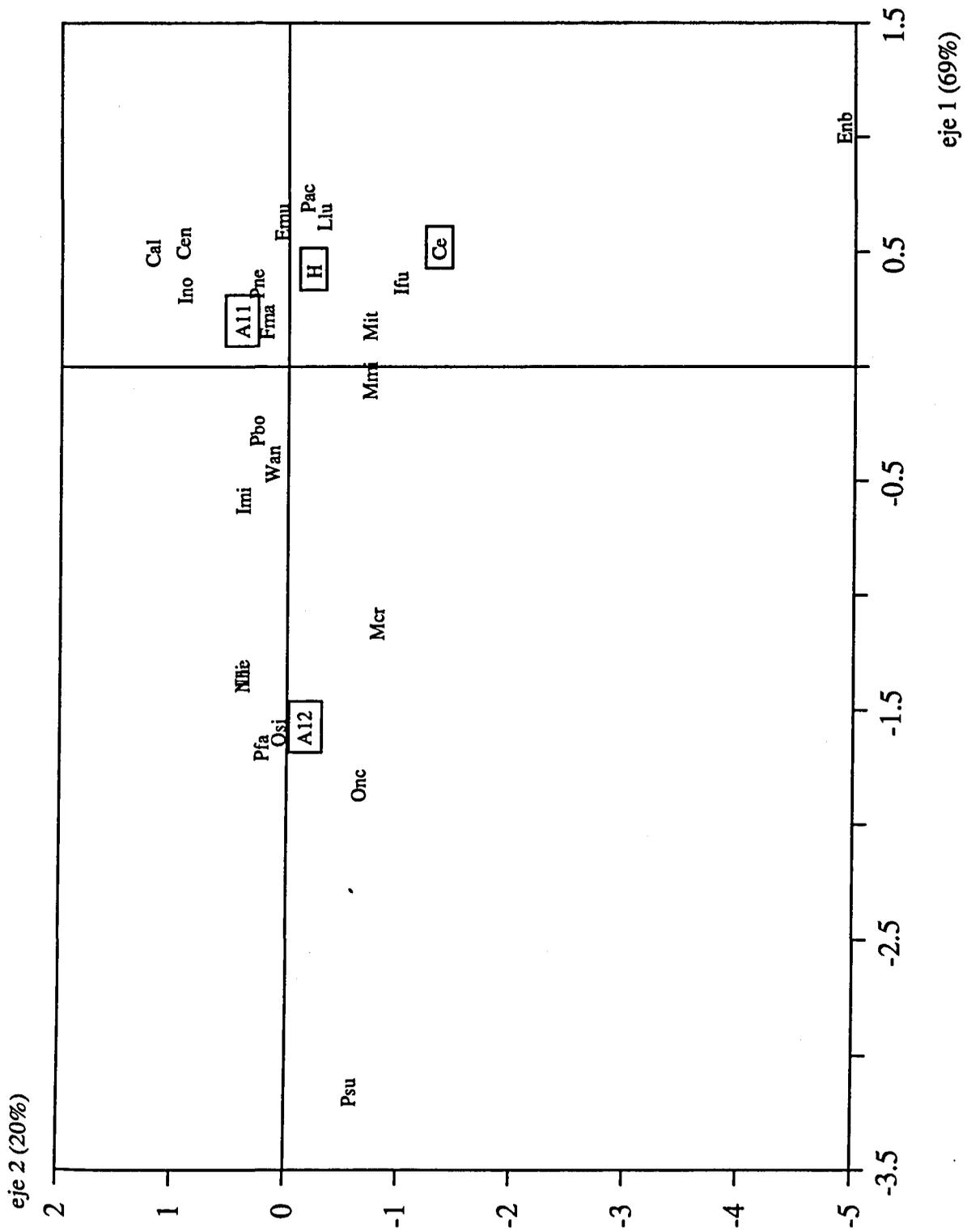


Figura 9.31- Serra de l'Obac, parcela quemada. ANACOR OQ-2 Representación simultánea de los puntos-horizonte y los puntos especie en el plano delimitado por los dos primeros ejes. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo 8.

ESPECIES EXCLUSIVAS DE HORIZONTES ORGANICOS

Enb *Entomobrya nivalis+bimaculata*

ESPECIES EURITOPAS EN EL PERFIL EDAFICO

Pac *Pachyotoma cf. recta*

Llu *Lepidocyrtus lusitanicus*

Emu *Entomobrya multifasciata*

Cen *Ceratophysella engadinensis*

Cal *Cyphoderus albinus*

Ino *Isotoma notabilis*

Ifu *Isotomurus fucicola*

Pne *Protaphorura nemorata*

Fma *Folsomia manolachei*

Mit *Mesaphorura italica*

Mmi *Megalothorax minimus*

Pbo *Pseudachorudina bougisi*

Wan *Willemia anophthalma*

Imi *Isotomiella minor*

Mcr *Mesaphorura critica*

Onc *Oncopodura gr. crassicornis*

ESPECIES CARACTERISTICAS DE HORIZONTES MINERALES

Osi *Onychiurus silvarius*

Pfa *Pseudosinella fallax*

ESPECIES EXCLUSIVAS DE HORIZONTES MINERALES

Lli *Lepidocyrtus lignorum*

Nhe *Neonaphorura hexaspina*

Psu *Pseudosinella subilliciens*

Tabla 9.17.- Serra de l'Obac, parcela quemada. Catalogación de las especies según sus preferencias de posición vertical en el perfil del suelo.

9.5.- PARCELA QUEMADA DE LA SERRA DE PRADES.

9.5.1.- Espectro faunístico.

En los dos horizontes orgánicos los sinfipleonas (SIN) no están presentes, mientras que en los dos minerales faltan los odontélidos (ODO).

El reparto porcentual de la densidad de grupos (figura 9.32) muestra que, en el horizonte más superficial Ce, desaparecen isotómidos (ISO) y odontélidos (ODO), siendo el grupo mayoritario los entomóbridos (ENT) (50% de la densidad total). En el horizonte H son hipogastrúridos (HYP) y oniquiúridos (ONI) los que predominan, estando los neanúridos ausentes.

En el horizonte A11 se produce un gran aumento de oniquiúridos, quedando el resto de grupos relegados a un segundo plano. En el horizonte A12 los oniquiúridos continúan representando algo más del 50% y siguen en importancia isotómidos, entomóbridos e hipogastrúridos.

Las diferencias más destacadas entre el paquete orgánico y los horizontes minerales es el gran aumento de oniquiúridos y la disminución de hipogastrúridos y entomóbridos.

En lo referente al porcentaje del número de especies, la repartición porcentual de cada uno de los grupos taxonómicos es mucho más equitativa que en el caso de la densidad (figura 9.33). En los dos horizontes orgánicos se da una situación de equirrepresentación entre las familias presentes.

En los dos horizontes minerales el espectro es muy similar, con la única diferencia de que en el A11 hay una mayor representación de los neanúridos, mientras que en el A12 estos reducen su porcentaje en favor de los oniquiúridos.

Entre el paquete orgánico y los horizontes minerales la diferencia fundamental estriba en que en los primeros hay presencia de odontélidos pero no de sinfipleonas, mientras que en los segundos es a la inversa. El resto de grupos presenta porcentajes de especies similares entre uno y otro grupo de horizontes.

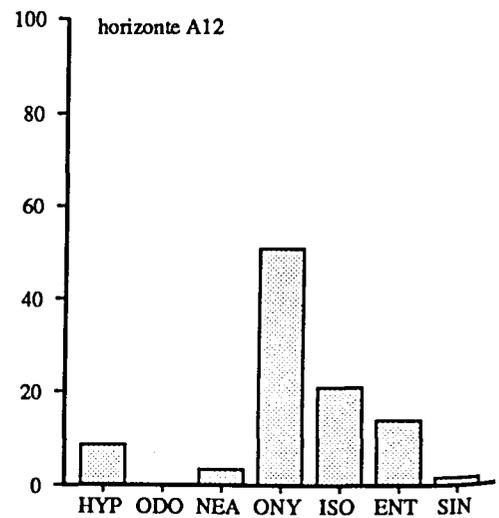
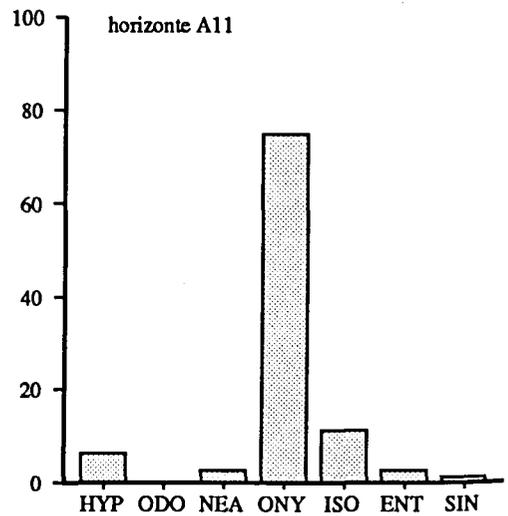
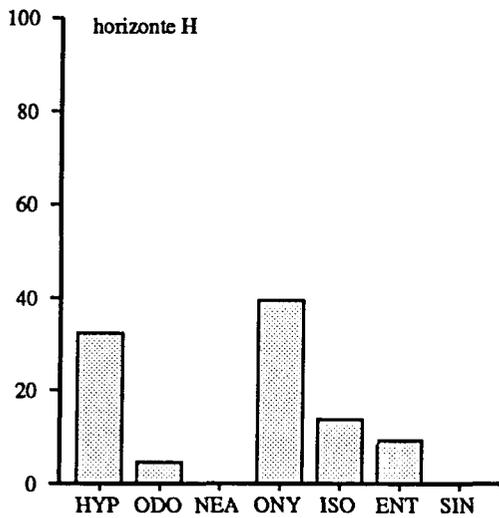
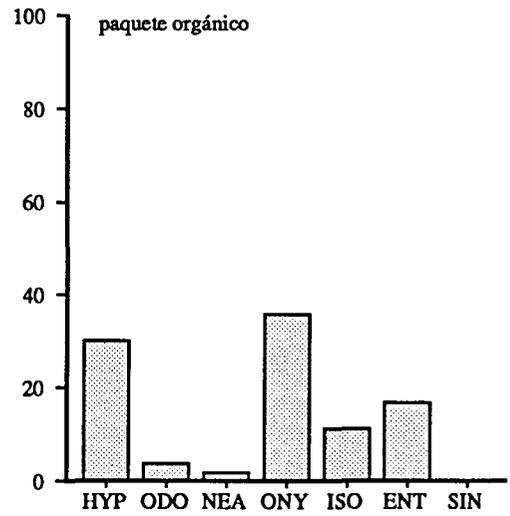
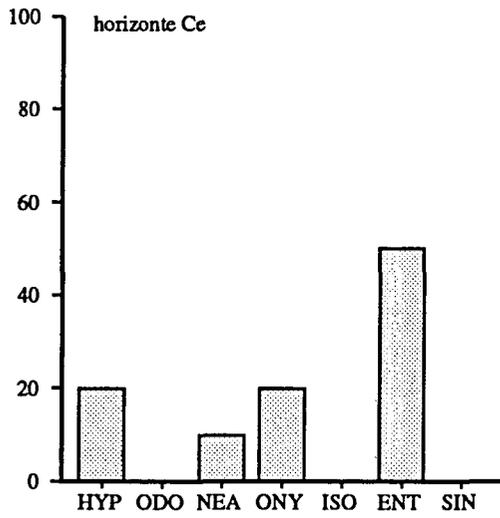


Figura 9.32.- Serra de Prades, parcela quemada. Reparto porcentual de densidad de cada grupo en los distintos horizontes del perfil edáfico. paquete orgánico=horizontes Ce+H. Códigos de grupos especificados al comienzo del capítulo 9.

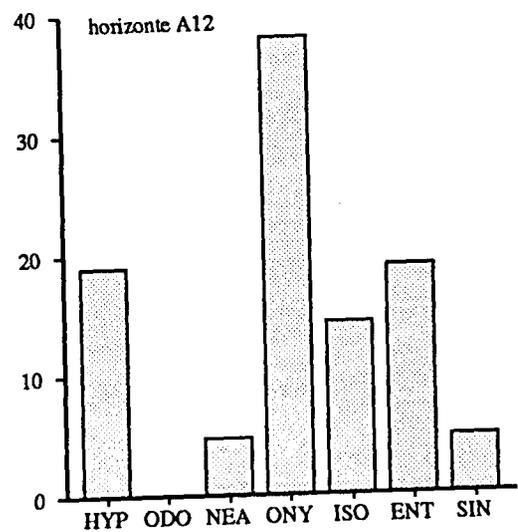
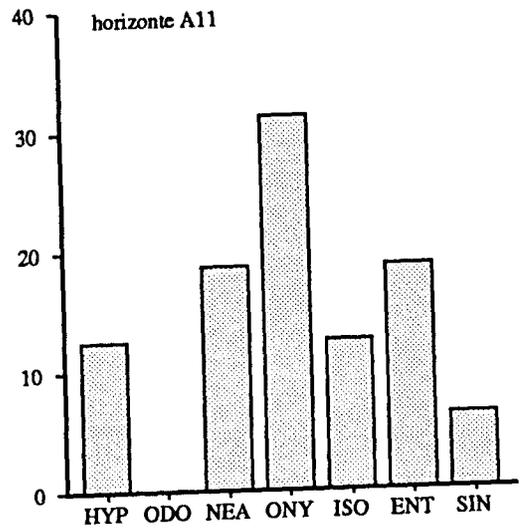
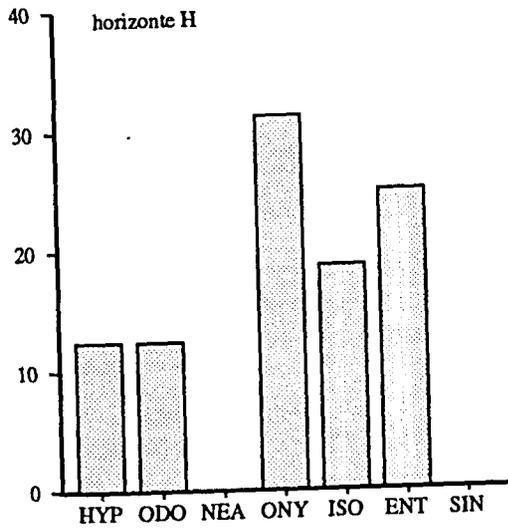
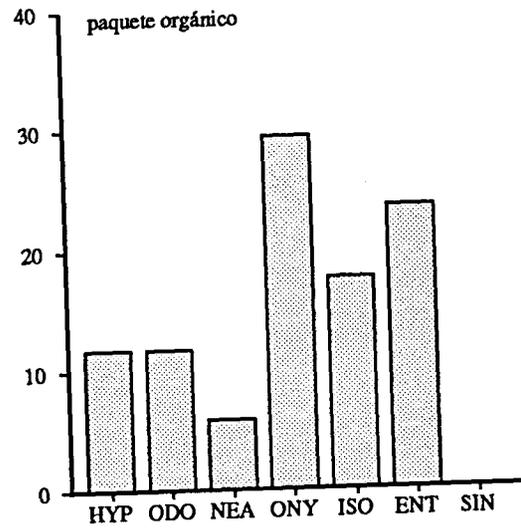
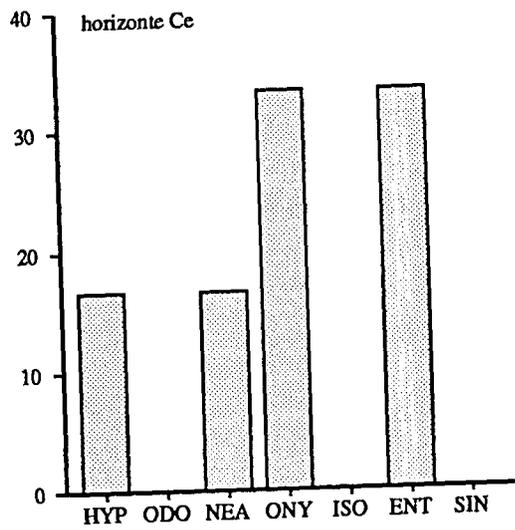


Figura 9.33.- Serra de Prades, parcela quemada. Reparto porcentual de la riqueza de cada Grupo en los distintos horizontes del perfil edáfico. paquete orgánico=horizontes Ce+H. Códigos de grupos especificados al comienzo del capítulo 9.

9.5.2.- Análisis de la comunidad (diversidad específica).

En la figura 9.34 se representa la distribución de la densidad, riqueza y diversidad de Shanon del total de colémbolos en cada uno de los horizontes del perfil edáfico durante quince meses consecutivos. En la tabla 9.18 se indican las medias de los doce meses del año 1989 de los tres parámetros indicados, así como del resto de parámetros medidos, con sus correspondientes coeficientes de variación anuales y la significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar la distribución de cada parámetro entre pares de horizontes consecutivos.

	Ce		H		Org		A11		A12
Dm	0.34	ns	1.46		1.80	**	11.88	ns	4.84
CV	145.60		147.43		128.57		96.93		82.49
Sm	0.58	ns	1.83		2.25	ns	3.58	ns	3.25
CV	130.15		131.43		116.36		58.60		70.08
Hm	0.16	ns	0.76		0.93	ns	1.56	ns	1.47
CV	225.08		127.94		112.19		62.02		62.43
Em	0.91	ns	0.89		0.86	ns	0.88	ns	0.94
CV	10.50		11.09		12.32		13.61		7.16
Rm	0.00	ns	0.00		0.00	ns	0.00	ns	0.00
CV	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
BPm	0.85	ns	0.57		0.56	ns	0.47	ns	0.52
CV	23.53		37.93		44.17		47.43		37.62
S ₅₀ m	1.00	ns	1.33		1.57	ns	1.80	ns	1.55
CV	0.00		35.36		46.35		41.57		42.42

Tabla 9.18.- Serra de Prades, parcela quemada. Parámetros medios anuales y sus coeficientes de variación en los distintos horizontes del perfil edáfico. org=paquete de horizontes orgánicos (Ce+H). Entre columnas se indica la significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar las diferencias de distribución anuales de cada parámetro entre horizontes consecutivos. ** p<0.01, ns diferencias anuales no significativas. Los códigos de los parámetros se indican en el capítulo 4.2.

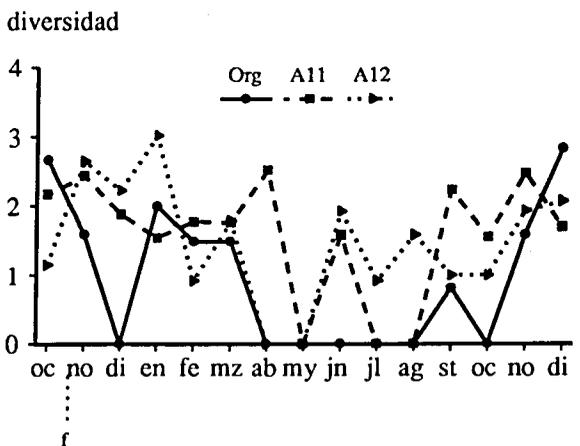
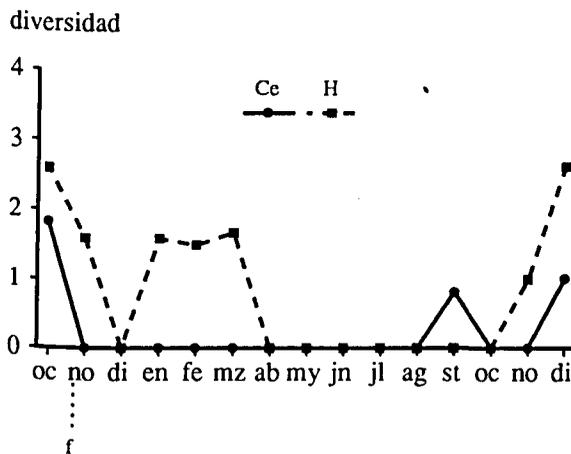
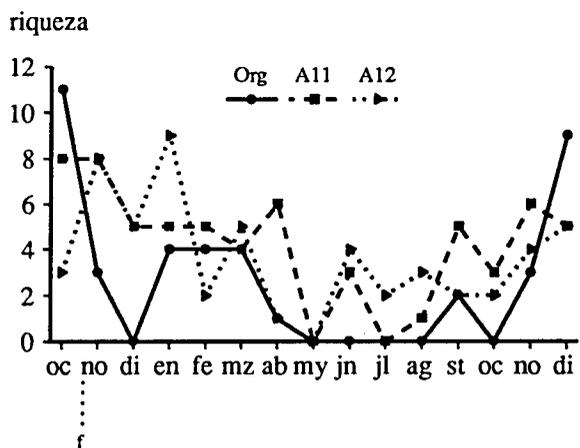
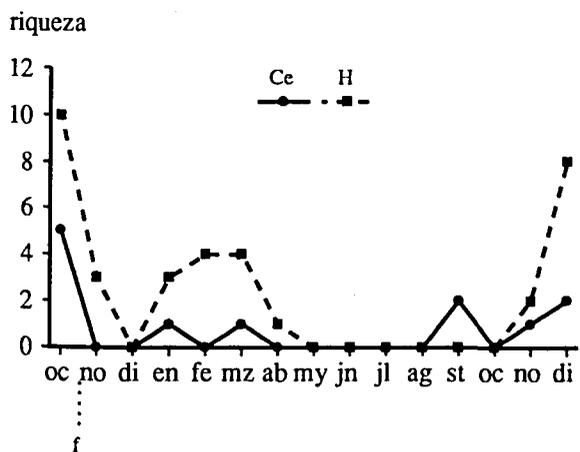
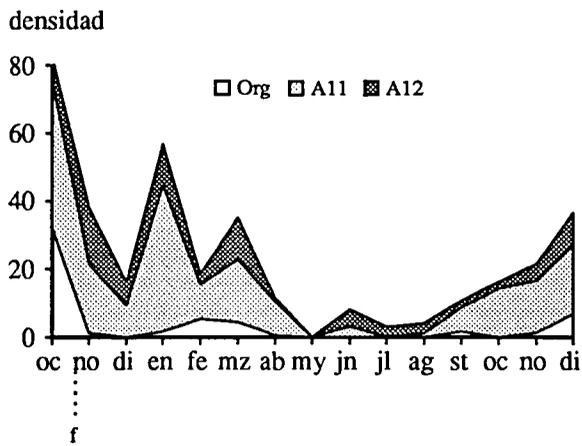
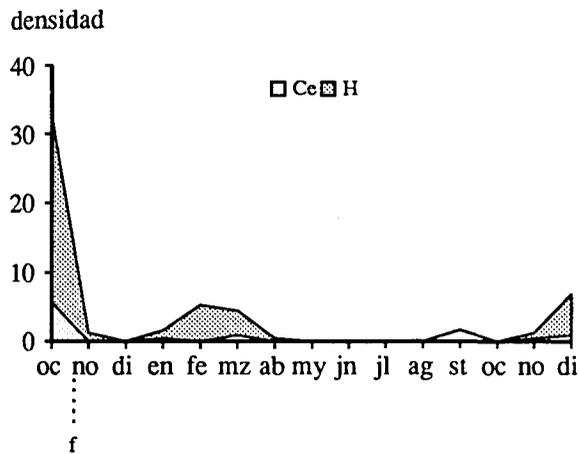


Figura 9.34.- Serra de Prades, parcela quemada. Distribución anual de la densidad (en ej/100 cm²), riqueza de especies y diversidad de Shannon en los distintos horizontes del perfil edáfico. En la columna de la izquierda se representan los dos horizontes orgánicos Ce y H. En la columna de la derecha se representan el paquete de horizontes orgánicos (org), horizonte A11 y horizonte A12. (f)=momento en que tuvo lugar el incendio.

La densidad tras el incendio en los dos horizontes orgánicos es extremadamente baja durante todos los meses de muestreo. La media anual es inferior en el horizonte más superficial Ce (aunque la prueba U no da significación en esta diferencia), mientras que los coeficientes de variación son iguales y bastante elevados.

En el horizonte A11 es donde se da la mayor densidad del perfil, siendo la prueba U significativa entre este nivel y el conunto de los horizontes orgánicos. En el horizonte A12 la densidad vuelve a descender, aunque no tanto como en los horizontes orgánicos, y los coeficientes de variación entre éste horizonte y el A11 son muy similares (menores que 100%). En los meses estivales de junio, julio y agosto la mayor densidad se localiza en el horizonte más profundo A12.

Los rangos de variación anual de la densidad total de colémbolos en cada uno de los horizontes, durante los meses posteriores al incendio, son los siguientes:

		máximo		mínimo
Horizonte Ce	setiembre-89	1.63 ej/100cm ²	varios meses	0.00 ej/100cm ²
Horizonte H	diciembre-89	6.12 ej/100cm ²	varios meses	0.00 ej/100cm ²
Horizonte A11	enero-89	42.78 ej/100cm ²	mayo y julio	0.00 ej/100cm ²
Horizonte A12	noviembre-88	16.30 ej/100cm ²	mayo-89	0.00 ej/100cm ²

La riqueza de especies en los horizontes orgánicos tras el incendio es también muy baja, sobre todo en el horizonte más superficial Ce (aunque la prueba U no da significación entre éste y el horizonte H), siendo los coeficientes de variación bastante elevados e iguales en ambos.

En los horizontes minerales la riqueza es superior que en el paquete orgánico (prueba U no significativa) y con coeficientes de variación bastante más inferiores. En el horizonte A11 el número de especies es siempre superior que en los horizontes orgánicos en todos los meses post-fuego, excepto en el último mes muestreado.

Las oscilaciones mensuales de densidad y riqueza en el perfil tras el incendio no siguen un patrón fácilmente interpretable. Lo único que destaca es que en el mes de enero, en el que se registraron temperaturas y precipitaciones muy bajas, la densidad presenta un máximo acusado en el horizonte A11, mientras que la riqueza lo presenta en el A12.

Para determinar la relación entre estos dos parámetros con la pluviosidad se ha realizado un análisis de correlación, cuyo resultado se da en la tabla 9.19. En élla observamos que no se da correlación significativa en ningún horizonte del perfil del suelo, por lo que la densidad y riqueza fluctuan de forma independiente en relación a la pluviosidad.

La diversidad de Shanon es muy baja en los horizontes Ce y H y con coeficientes de variación elevados. La prueba U no indica significación entre la distribución anual de este parámetro en estos dos horizontes y, en con-

junto, el paquete orgánico tampoco muestra diferencias significativas de diversidad con los horizontes minerales A11 y A12.

Estos tres parámetros, densidad, riqueza y diversidad, en los horizontes orgánicos muestran unos coeficientes de variación de la media anual mucho mayores que en los horizontes minerales. Esto indica que, en esta parcela, las comunidades de colémbolos en los horizontes Ce y H son muy fluctuantes a lo largo del año.

		rs	sig.	p
horizonte Ce	densidad	0.14	+	ns
	riqueza	0.14	+	ns
horizonte H	densidad	0.24	+	ns
	riqueza	0.24	+	ns
paquete hor. orgánicos	densidad	0.30	+	ns
	riqueza	0.27	+	ns
horizonte A11	densidad	0.13	+	ns
	riqueza	0.47	+	ns
horizonte A12	densidad	0.20	-	ns
	riqueza	0.22	-	ns

Tabla 9.19.- Serra de Prades, parcela quemada. Análisis de correlación de rango entre la pluviosidad y la densidad (ej/100 cm²) mensuales y entre la pluviosidad y la riqueza mensuales. rs coeficiente de correlación de rango de Spearman. La columna sig. indica el signo de la correlación. La columna p indica el nivel de significación de la correlación. ns correlación no significativa.

La uniformidad, rareza, índice de Berger-Parquer y S₅₀ no muestran diferencias significativas entre ningún par de horizontes del perfil, presentando unas medias anuales y unos coeficientes de variación similares.

Lo más destacable de éstos parámetros es que el valor de BP es bastante mayor en el horizonte Ce que en el resto del perfil, lo que indica una elevada inestabilidad de este medio.

En resumen, en la estructura vertical de la comunidad de colémbolos a lo largo del año cabe destacar los siguientes puntos:

- Independencia de la densidad y riqueza de especies con relación a la pluviosidad mensual en todo el perfil del suelo.
- La densidad es mínima en los horizontes orgánicos y máxima en el horizonte A11, con diferencias muy significativas.

- Homogeneidad entre el paquete orgánico y los horizontes A11 y A12 en cuanto a riqueza, diversidad de Shanon, uniformidad, rareza, Berger-Parquer y S_{50} ; por lo tanto podemos decir que la diversidad específica no varía con la profundidad en el suelo. En este punto hay que hacer notar el menor porcentaje de variación anual de la riqueza en los horizontes minerales, así como la no existencia de especies raras en ningún horizonte del perfil en ningún mes del año. Por término medio, en cada mes son necesarias de una a dos especies para contabilizar el 50% del total de colémbolos, oscilando entre 47% y 57% (85% si tenemos en cuenta también el horizonte Ce) la abundancia relativa de la especie más dominante.

9.5.3.- Densidad, abundancia y frecuencia de las especies.

En las tablas 9.20 y 9.21 se indica, para cada especie, la densidad media anual, su coeficiente de variación, la frecuencia y abundancia en cada uno de los horizontes del perfil edáfico. Los datos de frecuencia y abundancia se representan en las gráficas 9.35, 9.36 y 9.37.

En estas gráficas se señalan mediante líneas punteadas, en el eje x (abundancia relativa) los puntos de 2% y 5%, que marcan los límites de las especies poco dominantes ($Ar < 2\%$), medianamente dominantes ($5\% > Ar > 2\%$) y dominantes ($Ar > 5\%$); y en el eje y (frecuencia) los puntos de 25%, 50% y 75%, que marcan los límites de especies accidentales ($F < 25\%$), accesorias ($25\% < F < 50\%$), constantes ($50\% < F < 75\%$) y euconstantes ($75\% < F < 100\%$).

En el horizonte más superficial Ce, sólo aparecen seis especies a lo largo del periodo de estudio, y ninguna muestra una abundancia relativa inferior al 10%; por lo tanto, todas las especies son dominantes en este horizonte. De estas especies ninguna presenta una frecuencia anual superior al 17%, por lo que no tiene sentido en este horizonte hablar de especies fundamentales, ya que todas las que se encuentran son accidentales. En el horizonte H aparecen un mayor número de especies a lo largo del año, pero todas ellas son igualmente accidentales.

En el conjunto del paquete orgánico las especies más dominantes son *Ceratophysella tergilobata* (Cte), *Mesaphorura macrochaeta* (Mma), *Mesaphorura italica* (Mit), *Entomobrya quinquelineata* (Equ), *Folsomia sexoculata* (Fse) y *Metaphorura affinis* (Maf). En los horizontes minerales A11 y A12 adquieren importancia *Mesaphorura critica* (Mcr), *Folsomia fimetaria* (Ffi) y *Onychiurus minutus* (Omi).

Estas nueve especies son las que podemos considerar como fundamentales en el conjunto del perfil, ya que por lo menos lo son individualmente en alguno de los horizontes.

SERRA DE PRADES. PARCELA QUEMADA

	horizonte Ce				horizonte H			
	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F
Xbm	-	-	-	-	-	-	-	-
Xsc	-	-	-	-	-	-	-	-
Cen	-	-	-	-	0.03	331.66	2.33	8.33
Cte	0.07	331.66	20.00	8.33	0.44	230.64	30.23	16.67
Wsc	-	-	-	-	-	-	-	-
Mdu	-	-	-	-	-	-	-	-
Ogi	-	-	-	-	0.03	331.66	2.33	8.33
Olo	-	-	-	-	0.03	331.66	2.33	8.33
Ova	-	-	-	-	-	-	-	-
Bpa	-	-	-	-	-	-	-	-
Fsp	0.03	331.66	10.00	8.33	-	-	-	-
Fsu	-	-	-	-	-	-	-	-
Ppa	-	-	-	-	-	-	-	-
Pca	-	-	-	-	-	-	-	-
Rsi	-	-	-	-	-	-	-	-
Cna	-	-	-	-	-	-	-	-
Bau	-	-	-	-	-	-	-	-
Pcl	-	-	-	-	-	-	-	-
Maf	-	-	-	-	0.10	238.05	6.98	16.67
Ndu	-	-	-	-	-	-	-	-
Mcr	-	-	-	-	0.03	331.66	2.33	8.33
Mit	0.03	331.66	10.00	8.33	0.14	254.95	9.30	16.67
Mma	0.03	331.66	10.00	8.33	0.24	283.92	16.28	16.67
Ppr	-	-	-	-	-	-	-	-
Psh	-	-	-	-	-	-	-	-
Omi	-	-	-	-	0.07	331.66	4.65	8.33
Osi	-	-	-	-	-	-	-	-
Ffi	-	-	-	-	0.07	331.66	4.65	8.33
Fsc	-	-	-	-	0.10	173.21	6.98	25.00
Imi	-	-	-	-	-	-	-	-
Ino	-	-	-	-	0.03	331.66	2.33	8.33
Ens	-	-	-	-	-	-	-	-
Equ	0.14	254.95	40.00	16.67	0.03	331.66	2.33	8.33
Lla	-	-	-	-	0.03	331.66	2.33	8.33
Llu	0.03	331.66	10.00	8.33	0.03	331.66	2.33	8.33
Lvi	-	-	-	-	-	-	-	-
Pal	-	-	-	-	-	-	-	-
Pil	-	-	-	-	-	-	-	-
Hma	-	-	-	-	0.03	331.66	2.33	8.33
Oqu	-	-	-	-	-	-	-	-
Spu	-	-	-	-	-	-	-	-
Sau	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 9.20.- Serra de Prades, parcela quemada. Densidad media (Dm) con su coeficiente de variación (CV), Abundancia relativa (Ar) y frecuencia anual (F) de cada especie en los dos horizontes orgánicos Ce y H. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

SERRA DE PRADES. PARCELA QUEMADA

	paquete de horizontes orgánicos				horizonte A11				horizonte A12			
	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F	D	CV	Ar	F
Xbm	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	331.66	1.75	8.33
Xsc	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	331.66	1.75	8.33
Cen	0.03	331.66	1.89	8.33	0.25	331.66	2.14	8.33	-	-	-	-
Cte	0.51	224.20	28.30	16.67	0.51	223.61	4.29	25.00	0.17	223.61	3.51	16.67
Wsc	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	331.66	1.75	8.33
Mdu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ogi	0.03	331.66	1.89	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Olo	0.03	331.66	1.89	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Ova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bpa	-	-	-	-	0.17	331.66	1.43	8.33	-	-	-	-
Fsp	0.03	331.66	1.89	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Fsu	-	-	-	-	0.08	331.66	0.71	8.33	0.17	223.61	3.51	16.67
Ppa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rsi	-	-	-	-	0.08	331.66	0.71	8.33	-	-	-	-
Cna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pcl	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	331.66	1.75	8.33
Maf	0.10	238.05	5.66	16.67	2.46	319.39	20.71	16.67	0.34	254.95	7.02	16.67
Ndu	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	331.66	1.75	8.33
Mer	0.03	331.66	1.89	8.33	1.53	152.75	12.86	41.67	0.76	155.16	15.79	41.67
Mit	0.17	206.88	9.43	25.00	2.89	100.69	24.29	66.67	0.76	123.23	15.79	41.67
Mma	0.27	247.49	15.09	25.00	0.93	191.34	7.86	33.33	0.25	238.05	5.26	16.67
Ppr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Omi	0.07	331.66	3.77	8.33	1.10	121.87	9.29	50.00	0.08	331.66	1.75	8.33
Osi	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	331.66	1.75	8.33
Ffi	0.07	331.66	3.77	8.33	0.85	297.32	7.14	16.67	0.59	331.66	12.28	8.33
Fse	0.10	173.21	5.66	25.00	0.51	129.10	4.29	41.67	0.34	141.42	7.02	33.33
Imi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ino	0.03	331.66	1.89	8.33	-	-	-	-	0.08	331.66	1.75	8.33
Ens	-	-	-	-	0.08	331.66	0.71	8.33	0.17	223.61	3.51	16.67
Equ	0.17	228.91	9.43	16.67	0.08	331.66	0.71	8.33	0.17	223.61	3.51	16.67
Lla	0.03	331.66	1.89	8.33	-	-	-	-	0.17	331.66	3.51	8.33
Llu	0.07	223.61	3.77	16.67	-	-	-	-	-	-	-	-
Lvi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pal	-	-	-	-	0.17	331.66	1.43	8.33	0.17	223.61	3.51	16.67
Pil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hma	0.03	331.66	1.89	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-
Oqu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spu	-	-	-	-	0.17	331.66	1.43	8.33	0.08	331.66	1.75	8.33
Sau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 9.21.- Serra de Prades, parcela quemada. Densidad media (Dm) con su coeficiente de variación (CV), Abundancia relativa (Ar) y frecuencia anual (F) de cada especie en el paquete de horizontes orgánicos (Ce+H), horizonte A11 y horizonte A12. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

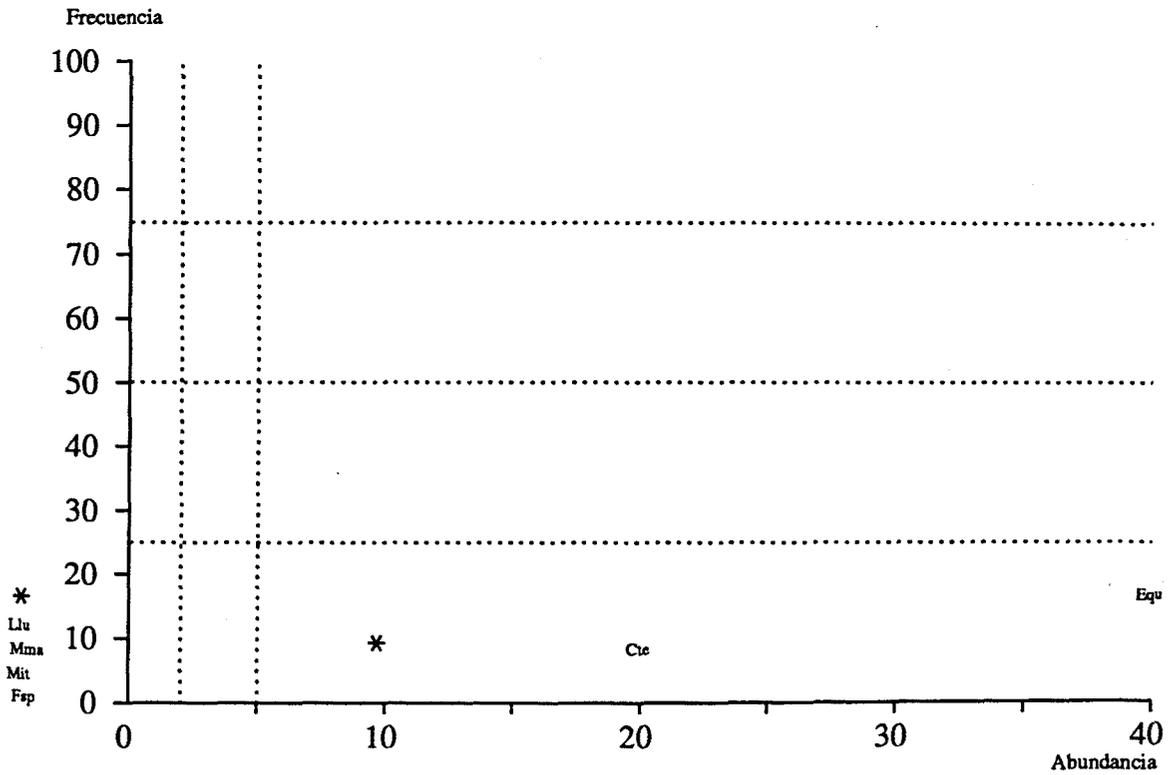


Figura 9.35a.- Serra de Prades, parcela quemada. Horizonte Ce. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

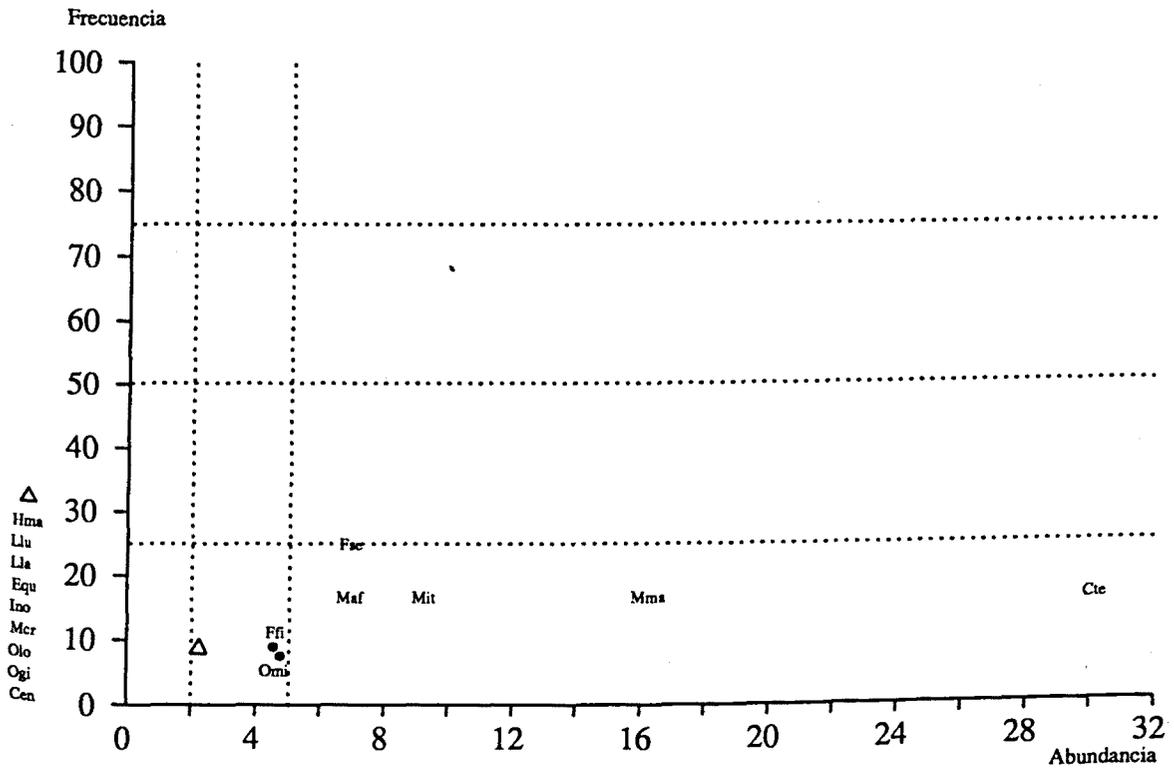


Figura 9.35b.- Serra de Prades, parcela quemada. Horizonte H. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

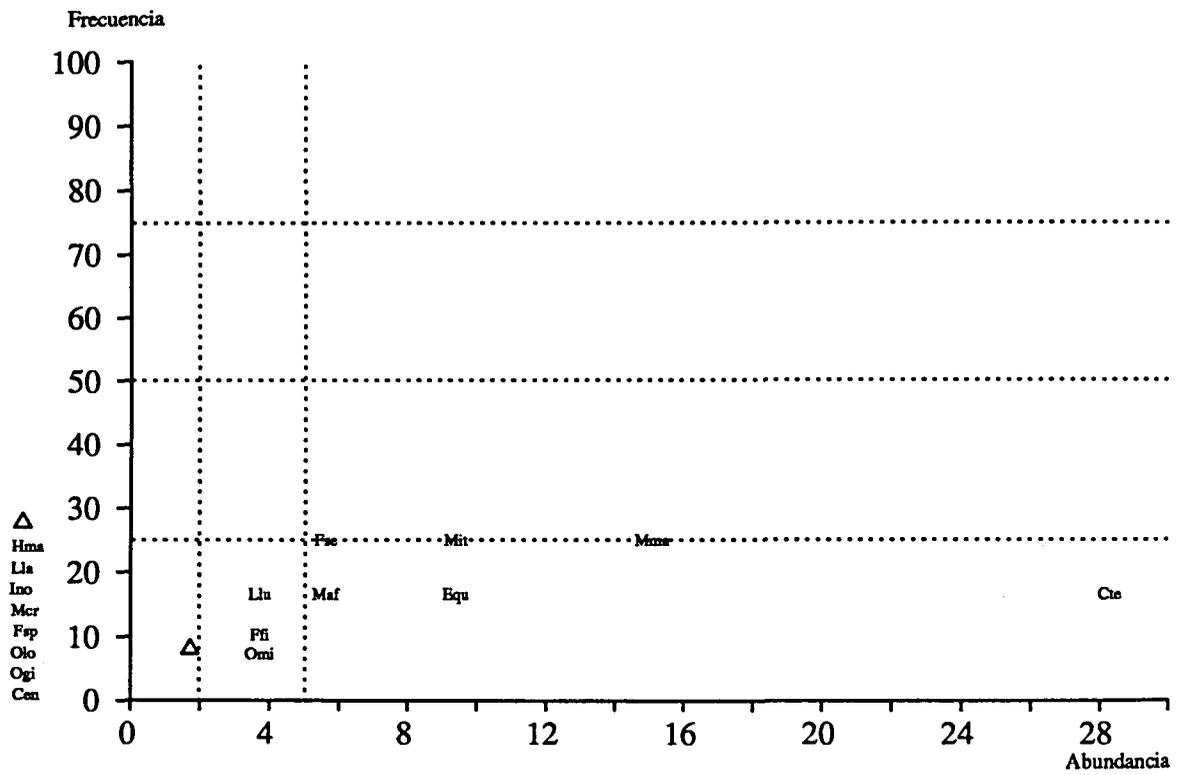


Figura 9.36.- Serra de Prades, parcela quemada. Paquete de horizontes orgánicos (Ce+H). Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

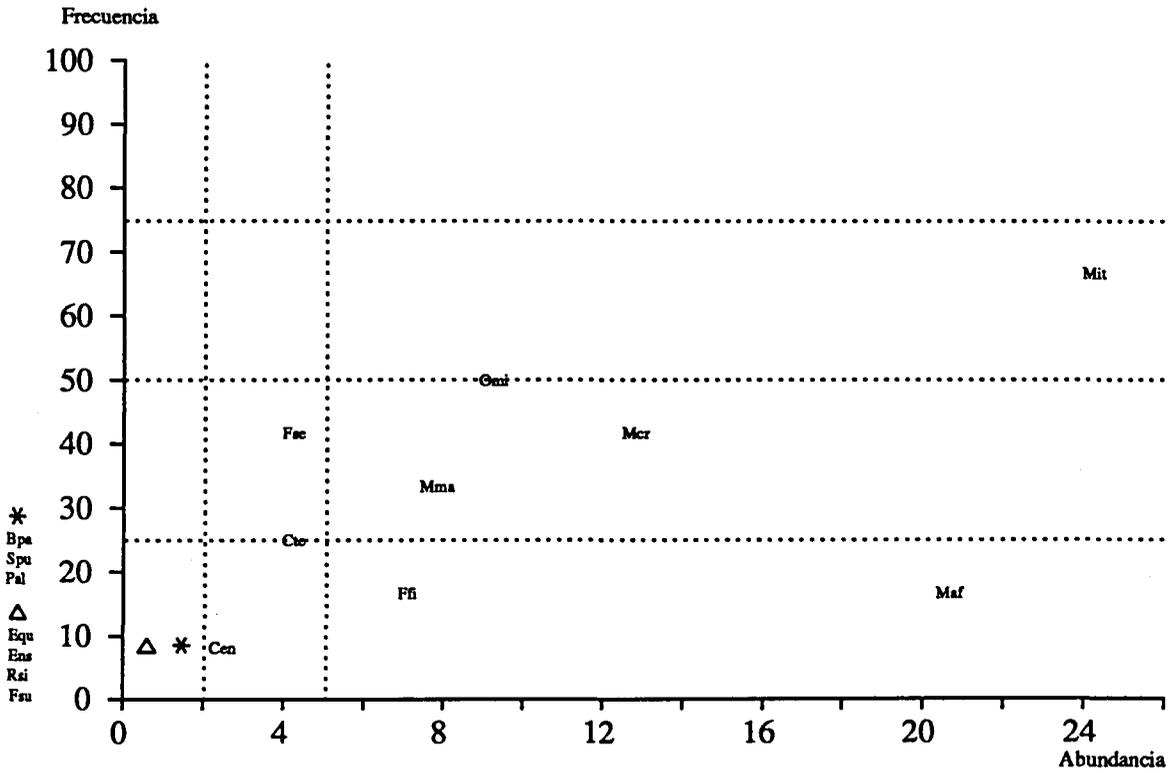


Figura 9.37a.- Serra de Prades, parcela quemada. Horizonte A11. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

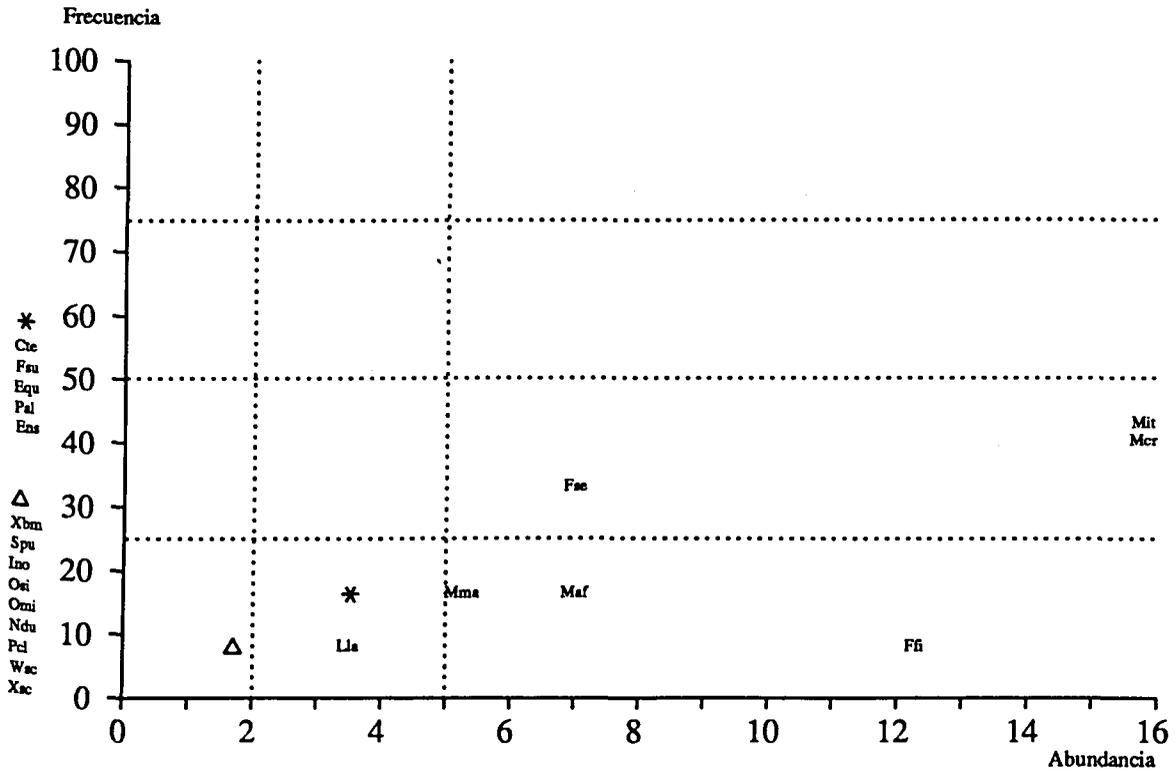


Figura 9.37b.- Serra de Prades, parcela quemada. Horizonte A12. Representación de las especies de colémbolos según su abundancia relativa y frecuencia. Explicación en el texto. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

9.5.4.- Análisis de correspondencias (composición específica).

Se han realizado dos análisis de correspondencias en base a dos matrices distintas de densidad de especies por muestras (ANACOR PQ-1 y ANACOR PQ-2). Previamente han sido eliminadas aquellas especies excesivamente raras con objeto de minimizar el efecto polarizador que estas podrían ejercer sobre el análisis. De esta forma se han eliminado, de aquellas especies cuya frecuencia de aparición anual es inferior a 9% (las que sólo se presentan en un mes durante el año 1989), las que tienen una abundancia relativa inferior a 0.5%. Han quedado 18 especies que intervendrán en los análisis.

En un primer análisis (ANACOR PQ-1) se ha trabajado sobre una matriz que contiene la densidad de las 18 especies en 32 muestras (no se han tenido en cuenta 16 muestras en las que no se ha encontrado ningún colémbolo). En esta matriz están representadas las variables Mes, con 12 categorías, Horizonte, con 4 categorías, y Especie con 18 categorías.

Se han representado los dos primeros ejes. El eje 1 explica el 15.3% de la varianza total y el eje 2 el 13.7%. Los puntos-muestra se han representado en dos gráficos separados, uno para los puntos-mes (figura 9.38a) y otro para los puntos-horizonte (figura 9.38b). La distribución de los puntos-especie se representa en la figura 9.39.

En el plano delimitado por los dos ejes las muestras se distribuyen según un patrón (difícilmente interpretable de un modo generalista) en el cual no se distingue ningún eje que polarice la nube de puntos en base a ninguno de los factores que marcan la variabilidad de origen de la matriz de datos (estacionalidad y profundidad en el perfil edáfico).

La mayoría de puntos se aglomera en torno al centro de coordenadas y las direcciones de estiramiento sólo pueden interpretarse en base a la abundancia relativa que tienen las especies que, de forma muy puntual, se presentan en las distintas muestras. Por lo tanto, la representación simultánea de especies-muestras de este análisis no tiene un mayor interés que el de visualizar qué especie está más asociada a una o unas pocas muestras.

Por lo tanto, de este primer análisis extraemos una única conclusión:

- La comunidad colembológica ha perdido la diferenciación estacional y vertical, y muestra una homogeneización, en cuanto a composición específica, en todo el espesor de suelo.

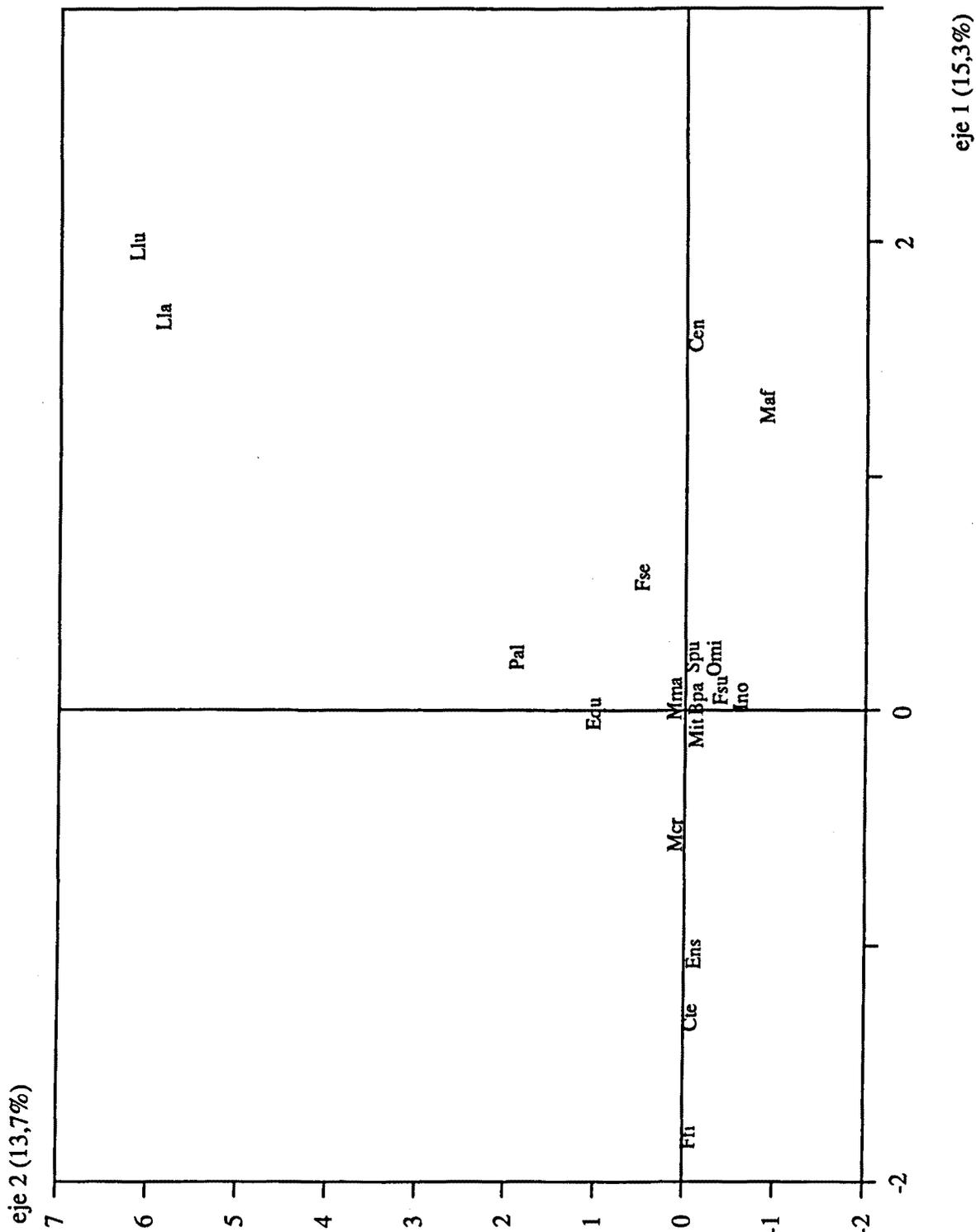


Figura 9.39.- Serra de Prades, parcela quemada. ANACOR PQ-1. Representación de los puntos-especie en el plano delimitado por los dos primeros ejes. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo 8.

El segundo análisis (ANACOR PQ-2) se ha realizado en base a una matriz que contiene la densidad de las 18 especies en cuatro muestras-horizonte, que resultan de la fusión, en una única muestra hipotética, de los doce muestreos realizados en cada uno de los horizontes edáficos.

Los puntos-horizonte y los puntos-especie se han representado simultáneamente en el plano delimitado por los dos primeros ejes (figura 9.40). El eje 1 extrae el 52.8% de la varianza total y el eje 2 el 27.7%.

El eje 1 establece un gradiente entre los horizontes orgánicos y los minerales, separando básicamente el horizonte Ce, en el extremo positivo, de los otros tres horizontes. El eje 2 separa los horizontes Ce, H y A11 en valores positivos, del horizonte A12 en valores negativos.

Las especies se distribuyen, en el plano delimitado por estos dos primeros ejes, según lo características que sean de uno u otro horizonte. El mayor distanciamiento se produce según el eje 1 entre *Lepidocyrtus lusitanicus* (Llu), exclusiva de horizontes orgánicos, en el extremo positivo, y el resto de especies, casi todas ellas situadas en valores próximos a cero o negativos de este eje. El eje 2 establece también un gradiente horizontes orgánicos-minerales en el que, nuevamente, *Lepidocyrtus lusitanicus* (Llu) ocupa el extremo positivo; continúan especies que pueden considerarse eurítocas en el perfil de suelo, y en el extremo negativo se sitúan las especies exclusivas de horizontes minerales. Se da la circunstancia, probablemente debida al azar en el muestreo, de que las especies *Isotoma notabilis* (Ino) y *Lepidocyrtus lanuginosus* (Lla), se encuentran en los horizontes orgánicos y en el A12, pero no en el A11, con lo cual hace que estas se sitúen en valores negativos del eje 2 aunque no sean exclusivas de horizontes minerales, sino eurítocas del perfil.

En este segundo análisis si se observa una mayor distinción entre horizontes que en el análisis anterior, caracterizada por mostrar al horizonte más superficial Ce muy separado de los otros tres debido a la presencia de *Lepidocyrtus lusitanicus* (Llu) y *Entomobrya quinquelineata* (Equ) como especies definitorias.

De este segundo análisis extraemos una conclusión básica:

- Hay una homogeneización en la composición específica vertical de la comunidad, sólo distorsionada por las dos últimas especies mencionadas, que se desarrollan relativamente bien en un medio inestable como es el horizonte más superficial (Ce) de esta parcela.

En base a su distribución en este último análisis de correspondencias y consultando las tablas 9.20 y 9.21, podemos catalogar a las distintas especies según su distribución preferente en el perfil edáfico. De esta forma, en la tabla 9.22 se ordenan las especies comenzando por la exclusiva de horizontes orgánicos y acabando por las exclusivas de horizontes minerales (no se incluyen las especies que sólo aparecen durante un mes en el año 1989 y tienen una abundancia relativa menor que 0.5%).

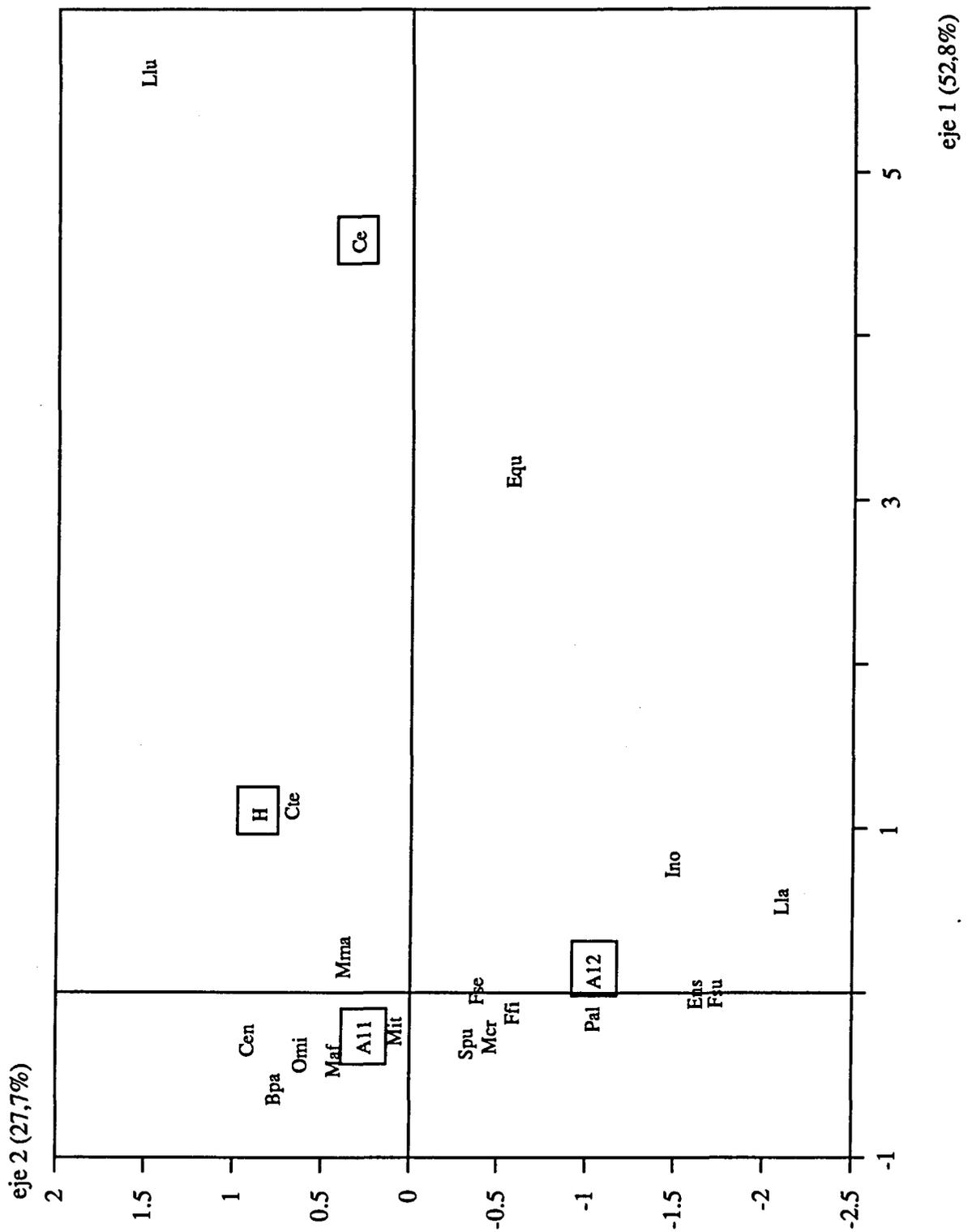


Figura 9.40- Serra de Prades, parcela quemada. ANACOR PQ-2 Representación simultánea de los puntos-horizonte y los puntos especie en el plano delimitado por los dos primeros ejes. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo 8.

ESPECIES EXCLUSIVAS DE HORIZONTES ORGANICOS

Llu *Lepidocyrtus lusitanicus*

ESPECIES EURITOPAS EN EL PERFIL EDAFICO

Equ *Entomobrya quinquelineata*
Cte *Ceratophysella tergilobata*
Ino *Isotoma notabilis*
Lla *Lepidocyrtus lanuginosus*
Mma *Mesaphorura macrochaeta*
Fse *Folsomia sexoculata*
Ffi *Folsomia fimetaria*
Mcr *Mesaphorura critica*
Mit *Mesaphorura italica*
Maf *Metaphorura affinis*
Omi *Onychiurus minutus*
Cen *Ceratophysella engadinensis*

ESPECIES EXCLUSIVAS DE HORIZONTES MINERALES

Pal *Pseudosinella alba*
Ens *Entomobrya nivalis+strigata*
Fsu *Friesea subterranea bioculata*
Spu *Sphaeridia pumilis*
Bpa *Brachystomella parvula*

Tabla 9.22.- Serra de Prades, parcela quemada. Catalogación de las especies según sus preferencias de posición vertical en el perfil del suelo.

En esta catalogación de las especies en función de sus preferencias verticales observamos una serie de especies de posición contradictoria; nos referimos a *Entomobrya nivalis-strigata* y a *Sphaeridia pumilis*, que en esta parcela aparecen como exclusivas de horizontes minerales, mientras que en la parcela control la primera es característica de horizontes orgánicos y la segunda exclusiva de ellos. El hecho de que aquí aparezcan sólo en los horizontes minerales indica que los horizontes orgánicos, de los que originariamente son pobladores habituales, tras el incendio se han convertido en un medio excesivamente drástico para ellas, y los pocos ejemplares que aparecen han de buscar refugio en niveles profundos.

9.6.- EFECTOS DE LOS INCENDIOS SOBRE LA ESTRUCTURA VERTICAL DE LAS COMUNIDADES DE COLÉMBOLOS.

La fauna es influenciada por los incendios, de un lado, por el efecto directo del fuego y, por otro, debido a los cambios a medio y largo término que se producen en los factores físico-químicos del medio y la disponibilidad de alimento.

Con los datos de que disponemos podemos realizar un análisis de los efectos inmediatos tras el fuego, y los efectos a corto y medio plazo.

El efecto inmediato producido por el fuego podemos analizarlo con datos procedentes de la serra de Prades, ya que en esta localidad se realizaron muestreos unos días antes y unos días después del incendio. El efecto a corto plazo lo mediremos en base a los resultados obtenidos al analizar un ciclo anual completo en cada una de las dos localidades. El efecto a medio plazo lo analizaremos mediante los datos obtenidos en el muestreo realizado en octubre-1990 en Prades, dos años después de transcurrido el incendio. El efecto a largo plazo no podemos analizarlo por el momento, ya que se requieren muestreos una vez transcurridos bastantes años tras el incendio.

Hay que hacer constar que en los análisis de los distintos parámetros de densidad y diversidad específica, que realizaremos en los apartados de "efectos inmediatos" y "efectos a medio plazo", se utilizarán parámetros totales y no parámetros medios, ya que los datos corresponden, en cada caso, a un muestreo en un único mes en la serra de Prades. En el apartado de "efectos a corto plazo durante un ciclo anual", utilizaremos parámetros medios anuales y se analizarán las comunidades tanto en la serra de l'Obac como en la de Prades.

9.6.1.- Efecto inmediato del incendio (un mes después).

Lo analizaremos en base a los datos de los meses de octubre-1988 (antes del incendio) y noviembre-1988 (después del incendio) en la serra de Prades.

En cuanto a densidad y riqueza de colémbolos totales, el efecto inmediato del fuego podemos medirlo en base a dos comparaciones distintas. Por un lado midiendo el porcentaje de cambio de la densidad y riqueza de colémbolos antes (octubre-1988) y después (noviembre-1988) del incendio. La forma de cálculo en cada parcela es de la forma:

$$\text{Porcentaje de cambio} = [(\text{después}-\text{antes})/\text{antes}] \times 100$$

Donde "antes" es la densidad o riqueza del muestreo anterior al incendio, y "después" es la densidad o riqueza del muestreo posterior al incendio.

Un porcentaje de cambio positivo indica un aumento de densidad o riqueza

después del incendio, mientras que un porcentaje negativo indica una disminución:

	Porcentaje de cambio de densidad		Porcentaje de cambio de riqueza	
	control	quemada	control	quemada
orgánicos	+1180.0%	- 96.9%	+ 200.0%	- 72.7%
A11	+ 50.0%	- 53.5%	+ 28.6%	0.0%
A12	- 56.5%	+ 128.6%	0.0%	+ 166.7%

En el paquete de horizontes orgánicos de la parcela control se produce un aumento muy importante de densidad y riqueza en el mes de noviembre-1988 con respecto al mes anterior, coincidiendo con un aumento igualmente importante de pluviosidad (durante los días anteriores al muestreo de no-88 se produjo una precipitación acumulada de 90 mm). En el horizonte A11 tiene lugar un aumento del 50% de densidad y del 28.6% de riqueza de oc-88 a no-88, mientras que en el A12 tiene lugar un descenso del 56.5% de la densidad sin variación de riqueza.

Esta diferenciación vertical está de acuerdo con todo lo que ya hemos indicado en capítulos anteriores, acerca de que la fauna colemológica asciende en periodos con elevada pluviosidad, lo cual explica el descenso de densidad en el horizonte A12.

En la parcela quemada, tras el incendio, se obtiene una situación totalmente inversa a la que hemos indicado en la control. En los horizontes orgánicos tiene lugar una reducción del 96.9% de densidad y del 72.7% de riqueza debido al efecto directo del fuego sobre la fauna; en el horizonte A11 tiene lugar una reducción del 53.5% de densidad sin variación de riqueza, mientras que en el A12 se produce un aumento tanto de densidad como de riqueza el mes siguiente al incendio con respecto al mes anterior.

Este aumento de densidad y riqueza en el horizonte más profundo es debido a que la fauna que no ha muerto por efecto de las llamas o del calor producido por éstas, se ha refugiado en niveles inferiores del perfil ya que las condiciones microambientales de la superficie son en estos momentos excesivamente drásticas.

Por otro lado, se puede medir el efecto inmediato del fuego calculando el porcentaje de diferencia de densidad y riqueza entre las parcelas control y quemada antes y después del incendio.

El cálculo de este porcentaje de diferencia entre parcelas es de la forma:

$$\text{Porcentaje de diferencia} = [(Q-C)/C] \times 100$$

Donde C es la densidad o riqueza en la parcela control Q es la densidad o riqueza en la parcela quemada.

Un porcentaje de diferencia positivo indica que en la parcela quemada hay una mayor densidad o riqueza que en la control, mientras que un porcentaje

negativo indica una menor densidad o riqueza en la quemada que en la control.

	Diferencia entre parcelas densidad		Diferencia entre parcelas riqueza	
	antes	después	antes	después
orgánicos	+ 57.6%	- 99.5%	+ 57.1%	- 85.7%
A11	+ 133.3%	- 25.9%	+ 14.3%	- 11.1%
A12	- 69.6%	+ 60.0%	- 25.0%	+ 100.0%

En este cuadro vemos que, antes del incendio, en el paquete de horizontes orgánicos y el horizonte A11 de la parcela que más tarde se quemó había una mayor densidad y riqueza que en la control, mientras que en el horizonte A12 había menos. Después del incendio la situación se invierte por completo y, tanto en el paquete orgánico como en el horizonte A11, la densidad y riqueza son menores en la parcela quemada que en la control, mientras que en el horizonte A12 son mayores.

Por lo tanto vemos que, como efecto inmediato del fuego, la densidad y riqueza de especies disminuye en los horizontes orgánicos y A11, mientras que aumenta en el horizonte más profundo A12.

En la literatura hay datos algo dispares en cuanto al efecto inmediato del fuego de superficie (como es el de Prades) sobre la densidad de colémbolos. De esta forma, VIKRAM (1983) encuentra que se produce un 88% de reducción de la densidad de colémbolos en una parcela quemada con respecto a otra control (en un pinar en el noreste de la India), y HUHTA ET AL. (1967) miden una reducción de la densidad de colémbolos del orden del 93% entre muestras tomadas antes y después de un incendio de superficie (en pinares de Finlandia). Sin embargo MAJER (1984) encuentra que el mes siguiente al incendio la fauna no ha disminuido en la parcela quemada con respecto a la control; esto lo explica parcialmente diciendo que, dado que el incendio tuvo lugar en periodo seco, la fauna en el momento de ocurrir éste se encontraba en profundidad en el suelo y por ello no sufrió una disminución significativa.

En la tabla 9.23 se indican los parámetros de densidad, riqueza y demás índices de diversidad específica en las parcelas control y quemada en el mes siguiente al incendio (noviembre de 1988). En ella podemos ver, para cada horizonte, las diferencias de densidad y riqueza ya comentadas entre parcelas, así como las diferencias en los demás parámetros. De esta forma, la tendencia que se observa tras el incendio es la siguiente:

PAQUETE DE HORIZONTES ORGÁNICOS

- disminución de densidad (D), riqueza (S), diversidad de Shanon (H), rareza (R) y Berger-Parker (BP).
- aumento de uniformidad (E) y S_{50} .

HORIZONTE A11

- disminución de densidad, diversidad de Shanon, uniformidad y S_{50} .
- aumento de Berger-Parker.

HORIZONTE A12

- disminución de Berger-Parker.
- aumento de densidad, riqueza, diversidad de Shanon y S_{50} .

Los resultados son bastante claros. Inmediatamente después del incendio hay una neta disminución de densidad de fauna y de diversidad específica (en sentido amplio) en los horizontes orgánicos y el horizonte A11, mientras que en el horizonte A12 ocurre lo contrario.

PARCELA CONTROL							
	L	F	H	org	A11	A12	total
D	53.07	119.60	84.09	256.76	27.50	10.19	294.45
S	8	16	16	21	9	4	22
H	1.97	1.53	2.08	1.95	2.81	1.76	2.39
E	0.66	0.38	0.52	0.44	0.89	0.88	0.54
R	25.00	56.25	56.25	66.66	0.00	0.00	59.09
BP	0.55	0.74	0.62	0.66	0.33	0.50	0.58
S_{50}	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00
PARCELA QUEMADA							
	Ce	H	org	A11	A12	total	
D	0.00	1.22	1.22	20.37	16.30	37.90	
S	0	3	3	8	8	13	
H	.	1.59	1.59	2.44	2.65	3.16	
E	.	1.00	1.00	0.81	0.88	0.85	
R	.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
BP	.	0.33	0.33	0.40	0.31	0.24	
S_{50}	.	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	

Tabla 9.23.- Serra de Prades. Prámetros medidos en la comunidad colembológica en noviembre de 1988 (primer muestreo después del incendio) en los diferentes horizontes edáficos, así como en el total acumulado del perfil, de las parcelas control y quemada. org=paquete de horizontes orgánicos (L+F+H en la parcela control y Ce+H en la parcela quemada). Los códigos de los parámetros se especifican en el capítulo 4.2.

En el mes inmediatamente posterior al incendio, las especies que se encontraron en los diferentes niveles del perfil del suelo en las parcelas control y quemada fueron las que se indican en la tabla 9.24. Las especies que aparecen en este mes en la parcela quemada pueden tener dos procedencias distintas; por un lado son las que, de alguna forma, han aguantado el paso de las llamas y por otro, aquellas especies que en el lapso de tiempo

transurrido entre el incendio y el muestreo siguiente han entrado en la nueva zona creada por el fuego (especies colonizadoras).

En la parcela quemada, en el horizonte más superficial Ce no se encuentra ninguna especie; es aún un medio demasiado alterado e inhóspito para los colémbolos, ya que consiste únicamente en cenizas y piedras al descubierto.

	PARCELA CONTROL					PARCELA QUEMADA			
	L	F	H	A11	A12	Ce	H	A11	A12
Xbm	-	0.41	-	-	-	-	-	-	-
Xsc	2.86	-	-	-	-	-	-	-	-
Cen	-	-	-	-	-	-	0.41	-	-
Cte	-	2.04	4.49	2.04	-	-	-	1.02	-
Wsc	-	-	-	-	-	-	-	-	1.02
Ogi	-	0.41	0.82	-	-	-	-	-	-
Olo	-	-	0.82	-	-	-	-	-	-
Bpa	0.82	-	0.41	-	-	-	-	-	-
Fsu	-	0.41	-	-	-	-	0.41	-	-
Ppa	-	0.41	0.41	2.04	-	-	-	-	-
Pca	-	0.41	0.41	-	-	-	-	-	-
Rsi	-	4.90	2.86	-	-	-	-	-	-
Pcl	-	-	-	-	-	-	-	1.02	1.02
Mcr	-	-	1.22	4.07	2.04	-	-	5.09	1.02
Mit	-	-	1.63	2.04	2.04	-	-	8.15	1.02
Mma	8.98	3.67	12.65	4.07	1.02	-	-	-	-
Pne	-	-	-	-	-	-	-	1.02	-
Omi	0.41	0.41	0.41	1.02	-	-	0.41	2.04	1.02
Osi	-	-	-	-	-	-	-	1.02	-
Ffi	-	-	-	9.17	5.09	-	-	-	-
Fse	29.39	88.58	51.84	1.02	-	-	-	-	-
Imi	-	-	-	-	-	-	-	-	2.04
Ino	6.94	13.88	4.49	2.04	-	-	-	1.02	5.09
Ens	3.27	1.63	0.41	-	-	-	-	-	4.07
Lla	-	1.22	0.82	-	-	-	-	-	-
Llu	-	0.41	-	-	-	-	-	-	-
Pal	-	0.41	-	-	-	-	-	-	-
Spu	0.41	0.41	0.41	-	-	-	-	-	-

Tabla 9.24.- Serra de Prades. Densidad (ej/100 cm²) de las especies encontradas en los distintos horizontes del perfil edáfico de las parcelas control y quemada durante el mes de noviembre de 1988, que corresponde al muestreo realizado inmediatamente después del incendio. Los códigos de las especies se indican al comienzo del capítulo 8.

En el horizonte H se localizan tres especies; *Ceratophysella engadinensis* no se encuentra en la parcela control, por lo que deducimos que se trata

de una especie que se introduce en la zona quemada inmediatamente después del incendio, pero no mantiene una población estable en ésta ya que al cabo de dos meses desaparece por completo de la parcela quemada (ver tablas del anexo 3).

Las otras dos especies que se localizan en el horizonte H son *Friesea subterranea bioculata* y *Onychiurus minutus*; ambas, durante el incendio, han mantenido una población en profundidad y ascienden en el perfil una vez concluido éste.

En los horizontes minerales es donde se encuentra un mayor número de especies (11). Seis de ellas están presentes en la parcela control y por tanto es de suponer que estaban antes del incendio y han mantenido poblaciones estables en profundidad mientras ocurría el fuego; las otras cinco no se encuentran en la parcela control y, de éstas, *Willemia scandinavica*, *Paratullbergia callipygos* y *Onychiurus silvarius* no se han encontrado en la parcela control en ninguna ocasión posterior, mientras que *Isotomiella minor* y *Protaphorura nemorata* sí (datos en anexo 3). Por ello cabe suponer que las tres primeras son introducidas en la zona quemada, pero al igual que la otra especie introducida, estas tres tampoco prosperan y sólo se vuelven a encontrar en la parcela quemada en contadas ocasiones y de forma muy poco abundante (anexo 3).

El efecto del incendio sobre la composición específica vertical de la comunidad podemos visualizarlo mediante un análisis de correspondencias (ANACOR PNO-88) realizado en base a una matriz que contiene la densidad de todas las especies encontradas en noviembre de 1988 (28 especies) en los diferentes horizontes de los perfiles de suelo de las dos parcelas (L, F, H, A11 y A12 en la control y H, A11 y A12 en la quemada). Esta matriz corresponde a los datos expuestos en la tabla 9.24; en ella vemos que en el horizonte Ce de la parcela quemada no apareció ningún colémbolo, por lo que éste no intervendrá en el análisis. La distribución de los puntos-horizonte y puntos-especie según los dos primeros ejes de este análisis se representan en la figura 9.41..

El eje 1, que extrae un 33% de la varianza total, establece un claro gradiente entre los horizontes orgánicos (L, F y H) y minerales (A11 y A12) de la parcela control, indicando que la composición específica en esta parcela está bien estructurada en sentido vertical; los primeros se sitúan muy próximos entre sí en valores positivos, y los segundos se sitúan escalonados en valores negativos. Los tres puntos-horizonte de la parcela quemada se sitúan en valores negativos según este eje, evidenciándose una ruptura de la estructuración vertical normal de la comunidad.

Según el eje 2, que extrae un 25% de la varianza, el mayor distanciamiento se produce entre el horizonte H de la parcela quemada y el resto de horizontes de ambas parcelas.

Los puntos-especie se distribuyen, según el eje 1, en función de su posición vertical preferente en el perfil del suelo. En valores positivos, en estrecha relación con los puntos L, F y H, se sitúan las especies que caracterizan los horizontes orgánicos de la parcela control, y hacia valores

negativos se sitúan progresivamente las especies características de los horizontes A11 y A12. Según el eje 2, el máximo gradiente se establece entre *Ceratophysella engadinensis* (Cen), exclusiva del horizonte H de la parcela quemada, en valores positivos y el grueso de especies de ambas parcelas en valores centrales.

El punto-horizonte A12 de la parcela quemada es el que se sitúa más próximo a los puntos de horizontes orgánicos de la parcela control, debido a que las especies *Isotoma notabilis* y *Entomobrya nivalis-strigata*, que en la parcela control caracterizan los horizontes orgánicos, son las únicas de la subcomunidad de superficie que se encuentran en la parcela quemada el mes siguiente al incendio y, curiosamente, se localizan en este horizonte A12.

Por lo tanto, de lo expuesto hasta aquí, interpretamos que a causa del fuego se produce una drástica modificación de la estructura vertical de la composición específica, que se manifiesta en una desaparición de la práctica totalidad las especies de superficie, migración en profundidad de las que han quedado y aparición de especies pioneras.

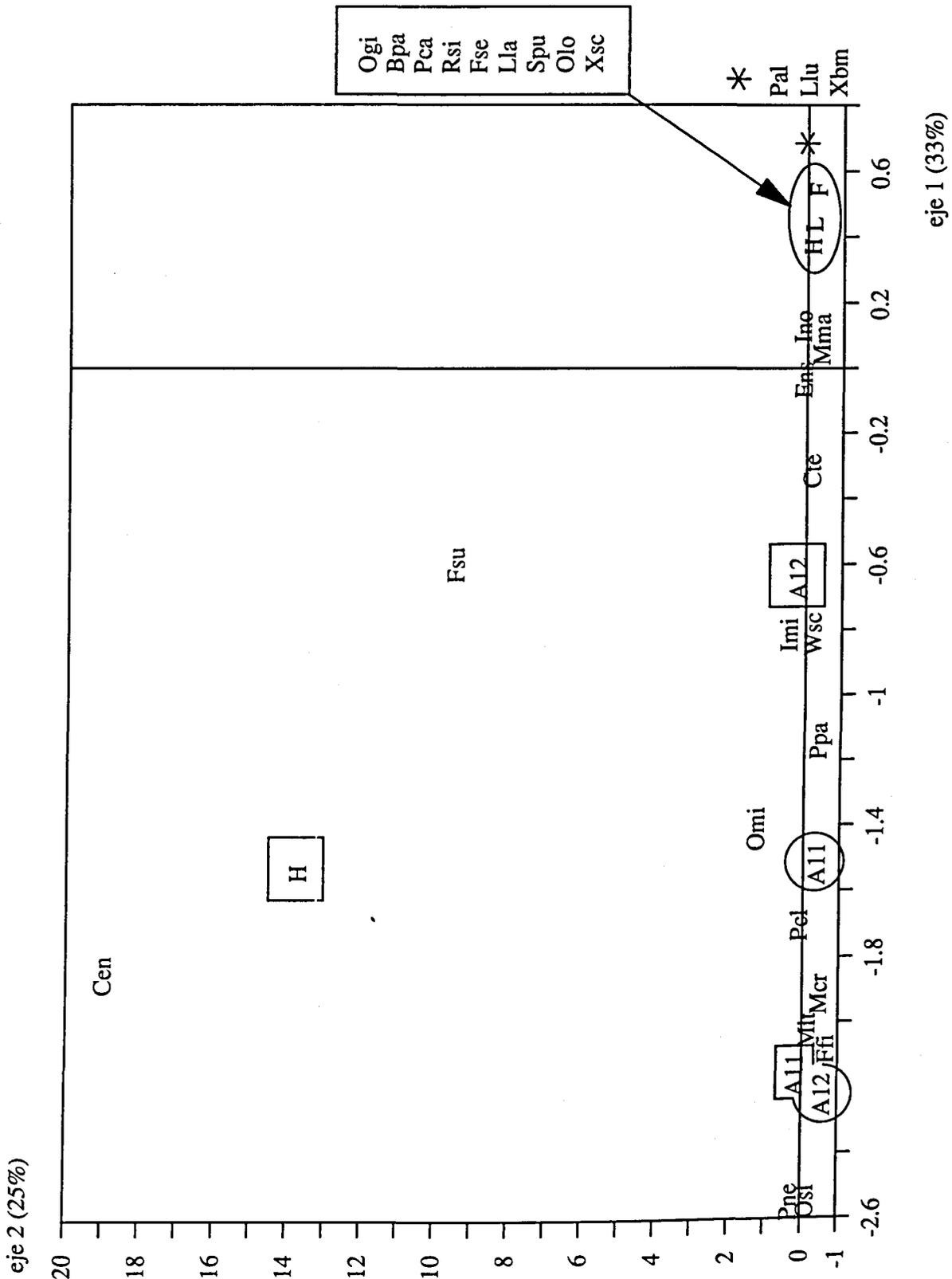


Figura 9.41.- Serra de Prades. ANACOR PNO-88. Representación simultánea de los puntos-horizonte (en círculo los horizontes de la parcela control y en cuadrados los de la parcela quemada) y de los puntos-especie en el plano delimitado por los dos primeros ejes. Los códigos de las especies se especifican al comienzo del capítulo 8.

9.6.2.- Efectos del incendio a corto plazo durante un ciclo anual.

Utilizaremos aquí datos expuestos en los capítulos 9.1, 9.2, 9.4 y 9.5, que hacen referencia a la estructura, dinámica y composición específica durante un ciclo anual de las parcelas control y quemada de la serra de l'Obac y la serra de Prades. Por lo tanto, todos los resultados que se exhiben a continuación, están basados en comparaciones entre medias anuales de los distintos parámetros medidos en las comunidades y en las poblaciones de las distintas especies.

El efecto del incendio sobre el total de densidad y riqueza de especies podemos cuantificarlo, para cada localidad, en base al porcentaje de diferencia entre la parcela control y quemada tal y como lo definíamos en el capítulo anterior 9.6.1:

Serra de l'Obac. Diferencia entre parcelas

	densidad	riqueza
orgánicos	- 95.6%	- 69.2%
A11	- 76.3%	- 58.1%
A12	- 77.2%	- 50.5%

Serra de Prades. Diferencia entre parcelas

	densidad	riqueza
orgánicos	- 97.8%	- 81.1%
A11	- 73.0%	- 47.0%
A12	- 66.8%	- 26.5%

En estos cuadros vemos que durante un ciclo anual, tanto la densidad como la riqueza, sufren una reducción en las dos localidades en todo el perfil edáfico, mostrándose un gradiente de disminución de la reducción a medida que se desciende en el perfil del suelo. Los porcentajes de reducción de densidad son muy similares en las dos localidades. Sin embargo, la reducción de riqueza es más acentuada en Obac que en Prades y, en esta última localidad, la reducción en el horizonte más profundo A12 es bastante menor que en el resto del perfil (reducción del 26.5%).

En las figuras 9.42 y 9.43 se representan los valores medios anuales de densidad, riqueza y del resto de parámetros medidos, para cada uno de los horizontes del perfil de suelo, en las parcelas control y quemada de las dos localidades en estudio. Se indica además la significación de las diferencias de distribución anual entre parcelas. Los resultados globales que se indican en estas figuras son:

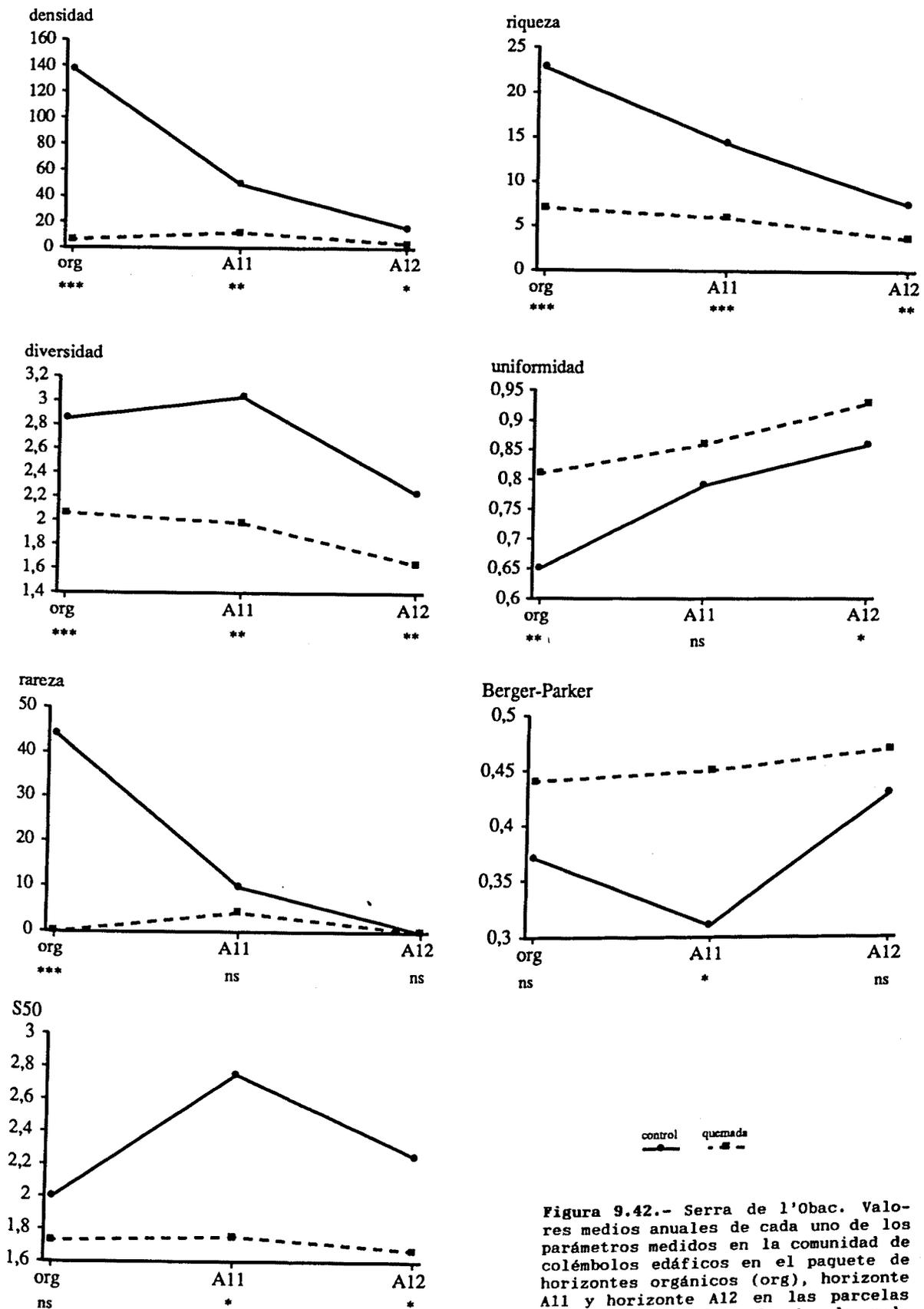
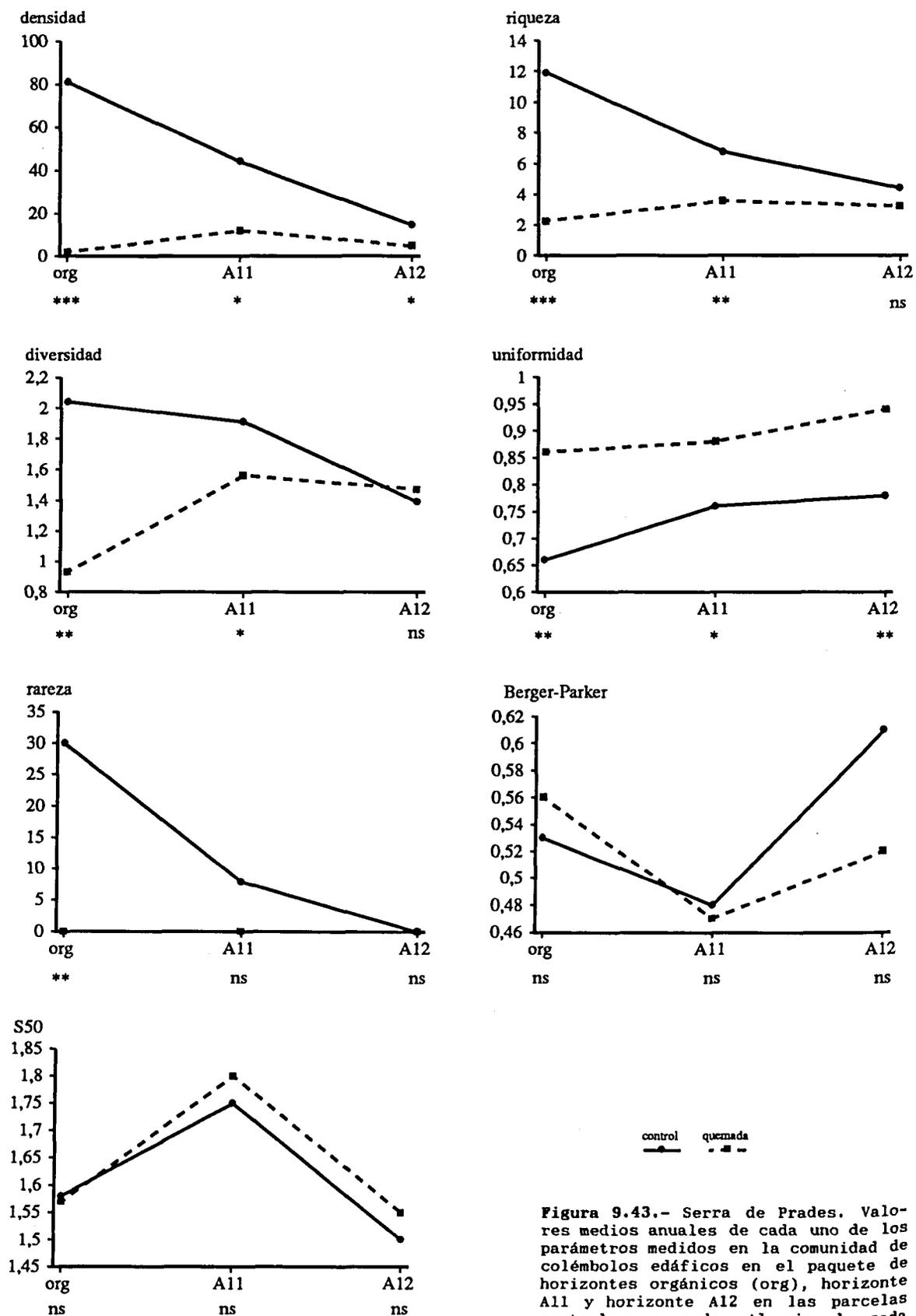


Figura 9.42.- Serra de l'Obac. Valores medios anuales de cada uno de los parámetros medidos en la comunidad de colémbolos edáficos (org), horizonte A11 y horizonte A12 en las parcelas control y quemada. Al pie de cada gráfica se indica la significación de la prueba U de Mann-Whitney que testa

las diferencias de distribución de cada parámetro, en cada horizonte del perfil, entre las parcelas control y quemada. *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, ns diferencias no significativas.



las diferencias de distribución de cada parámetro, en cada horizonte del perfil, entre las parcelas control y quemada.

- Serra de l'Obac (figura 9.42):

Hay una disminución de las medias anuales de densidad, riqueza, diversidad de Shanon, rareza y S_{50} en la parcela quemada con respecto a la control, con tendencia a disminuir las diferencias a medida que se profundiza en el perfil edáfico. La uniformidad y el índice de Berger-Parker aumentan en la parcela quemada.

La densidad, riqueza y diversidad de Shanon disminuyen significativamente en la parcela quemada en los tres niveles del perfil. La rareza sólo disminuye significativamente en la parcela quemada en los horizontes orgánicos, mientras que el S_{50} lo hace en los horizontes A11 y A12. El índice de Berger-Parker aumenta significativamente en el horizonte A11 de la parcela quemada y la uniformidad lo hace en los horizontes orgánicos y A12.

- Serra de Prades (Figura 9.43):

Hay una disminución de las medias anuales de densidad, riqueza, diversidad de Shanon y rareza en la parcela quemada con respecto a la control, con tendencia a un amortiguamiento de las diferencias a medida que se profundiza en el perfil del suelo. La uniformidad aumenta en todo el perfil de la parcela quemada, mientras que los índices de Berger-Parker y S_{50} no varían.

La densidad disminuye significativamente en todo el perfil de la parcela quemada, mientras que la riqueza y diversidad de Shanon lo hacen en los horizontes orgánicos y el A11. La rareza sólo disminuye significativamente en los horizontes orgánicos, mientras que los índices de Berger-Parker y el S_{50} no muestran diferencias significativas entre parcelas. La uniformidad es el único parámetro que aumenta significativamente en la parcela quemada, y lo hace en los tres niveles del perfil.

La situación que se observa tras los incendios, según estas gráficas, es básicamente la misma en las dos localidades, y destaca un amortiguamiento en las diferencias entre parcelas a medida que se profundiza en el perfil (sobre todo en cuanto a densidad, riqueza y rareza). El índice de Berger-Parker, esto es la abundancia relativa de la especie más dominante, sólo varía significativamente en el horizonte A11 de la serra de l'Obac, lo que indica que este parámetro es bastante fijo y, por término medio, aunque el medio haya sufrido una fuerte perturbación, ninguna especie de colémbolo actúa de forma oportunista pionera colonizando de forma masiva el nuevo biotopo formado tras el incendio. La uniformidad aumenta significativamente en todo el perfil del suelo de las parcelas quemadas (excepto en el horizonte A11 de la serra de l'Obac), mostrando una pauta inversa a la de la diversidad; este fenómeno ya ha sido indicado por otros autores (BETSCH, 1986) y se debe a que, sobre todo en sistemas perturbados como los que nos ocupan, a causa de las bajas riquezas específicas, la componente de la uniformidad debida al número de especies (la uniformidad es inversamente proporcional al logaritmo de la riqueza) tiene un peso muy elevado.

Comparando los distintos análisis de la densidad, frecuencia y abundancia de las especies en las parcelas quemadas y los respectivos controles, se observan diferencias notables en cuanto a la estructura de dominancias:

- En la serra de l'Obac, a nivel de horizontes orgánicos, las especies *Mesaphorura italica*, *Protaphorura nemorata* y *Folsomia manolachei*, al igual que en la parcela control, se mantienen dominantes tras el incendio. Sin embargo, *Isotoma notabilis* pasa a ocupar un plano secundario como efecto del incendio y *Entomobrya multifasciata* adquiere gran importancia como consecuencia de éste.

En el horizonte A11 se mantienen como dominantes tras el incendio *Mesaphorura italica*, *Protaphorura nemorata*, *Folsomia manolachei*, *Isotomiella minor* e *Isotoma notabilis*; *Lepidocyrtus lanuginosus* desaparece de este horizonte y *Entomobrya multifasciata*, que no se encuentra en la parcela control, se convierte en la especie más dominante del horizonte.

En el A12, tras el incendio, continúan siendo dominantes *Isotomiella minor*, *Mesaphorura italica*, *Neonaphorura hexaspina* y *Folsomia manolachei*. *Isotoma notabilis* reduce enormemente su densidad, mientras que adquieren relevancia *Onychiurus silvarius*, *Mesaphorura critica*, *Protaphorura nemorata* y *Pseudosinella fallax*.

- En la serra de Prades, con respecto a la parcela control, en los horizontes orgánicos tras el incendio se mantienen como dominantes *Mesaphorura macrochaeta* y *Folsomia sexoculata*, aunque esta última experimenta una gran disminución de densidad media anual. *Lepidocyrtus lanuginosus* se ve muy afectada por el fuego y *Xenylla schillei* y *Entomobrya nivalis+strigata* desaparecen por completo de estos horizontes tras el fuego.

En los horizontes minerales, tras el incendio, se mantienen como dominantes todas las especies que lo eran en la parcela control, excepto *Folsomia sexoculata* que experimenta una disminución de abundancia relativa en el horizonte A11, y aparecen dos nuevas especies dominantes más que son *Onychiurus minutus* y *Metaphorura affinis*.

Mediante los distintos análisis de correspondencias que se han realizado en las parcelas de cada localidad vimos que, en las parcelas control, se detecta una clara diferenciación en la composición específica vertical de la comunidad colembológica y una dinámica anual fundamentalmente condicionada por la cantidad de precipitación incidente. Sin embargo, en las parcelas quemadas la diferenciación vertical y la dinámica anual de la comunidad está alterada, dándose una homogeneidad estructural de ésta en el perfil de suelo, y perdiéndose la diferenciación estacional.

Las dos localidades (Obac y Prades) presentan una diferencia fundamental en cuanto al efecto que ha tenido el incendio sobre la estructura vertical de la comunidad, que se detecta tanto por el análisis de los diferentes parámetros ya comentados, como a través de los diferentes análisis de correspondencias. De esta forma:

- En la serra de l'Obac se produce una homogeneización estructural entre el paquete orgánico y el horizonte A11 ya que, mientras que en la parcela control, entre estos dos niveles, hay diferencias significativas de densidad, riqueza, rareza y S_{50} , en la parcela quemada no se detecta significación para ningún parámetro entre ellos. Asimismo, en el análisis de correspondencias de la parcela quemada representado en la figura 9.31 (capítulo 9.4), los puntos-muestra de horizontes orgánicos y horizonte A11 se agrupan, mientras que el horizonte A12 queda distanciado de éstos.
- En Prades, en la parcela control, la diferencia más significativa se obtiene entre la densidad del horizonte A11 con respecto al A12, mientras que el paquete orgánico y el horizonte A11 no muestran diferencias. En la parcela quemada ocurre a la inversa, y la única diferencia significativa de densidad se obtiene entre el paquete orgánico y el horizonte A11; por lo tanto el incendio produce básicamente una homogeneización estructural entre los horizontes A11 y A12, mientras que los horizontes orgánicos se diferencian de éstos. Lo mismo se observa en la representación del análisis de correspondencias de la parcela quemada de la figura 9.40 (capítulo 9.5), en la que se observa que las muestras de los horizontes A11 y A12 se agrupan, mientras que las de horizontes orgánicos se distancian de éstas.

Igualmente se detectan profundos cambios en la composición específica vertical entre las parcelas control y quemadas. De esta forma:

- En Obac, *Entomobrya nivalis+bimaculata*, que en la parcela control es característica de los horizontes orgánicos, tras el incendio pasa a ser exclusiva de lo que queda de estos horizontes, no encontrándose en ninguno de los horizontes minerales.
Del resto de especies que en la parcela control son exclusivas de horizontes orgánicos, desaparecen por completo tras el incendio *Anurophorus lydiae*, *Lipothrix lubbocki*, *Micranurida pygmaea*, *Orchesella quinquefasciata*, *Sphaeridia pumilis* y *Sminthurides sp.*; mientras que *Entomobrya multifasciata* no solo no desaparece, sino que pasa a encontrarse además en el horizonte A11 donde se convierte en la especie con la mayor abundancia relativa.
Pachyotoma y *Lepidocyrtus lusitanicus*, que no se encuentran en la parcela control, colonizan la parcela quemada provenientes de medios adyacentes.
De las especies que en la parcela control son características de horizontes orgánicos, tras el incendio desaparece *Xenylla schillei*. *Xenylla maritima*, *Heteromurus major* y *Sminthurinus reticulatus* disminuyen enormemente su densidad, mientras que *Lepidocyrtus lignorum*, *Isotomurus fucicola* y *Megalothorax minimus* tienden a desplazarse hacia abajo en el perfil de suelo.
De las especies eurítopas (en lo que se refiere a la distribución vertical) en la parcela control, en la parcela quemada han desaparecido *Pseudachorutella catalonica*, *Bourletiella*, *Deutonura deficiens*, *Pseudachorutes parvulus*, *Odontella vallvidrerensis* y *Arrhopalites elegans*. El resto de especies disminuyen su densidad en todos o alguno de los horizontes edáficos, siendo *Microgastrura duodecimoculata* la única

especie que parece no ser afectada por el incendio.

De las características y exclusivas de horizontes minerales en la parcela control, en la quemada sólo ha desaparecido *Odontella gisini*. Las demás especies disminuyen su densidad en la parcela quemada, mientras que *Cyphoderus albinus* y *Arrhopalites caecus* no muestran diferencias significativas de densidad entre parcelas.

- En Prades, de las especies exclusivas de horizontes orgánicos en la parcela control, tras el incendio desaparecen de la parcela quemada *Odontella vallvidrerensis*, *Pseudachorutella catalonica* y *Bilobella aurantiaca*. *Heteromurus major* es la única especie de este grupo que no muestra diferencias significativas en la distribución anual de su densidad tras el incendio, mientras que *Sphaeridia pumilis* disminuye ésta y desciende considerablemente en el perfil del suelo pasando a ser, en la parcela quemada, una especie exclusiva de horizontes minerales.

De las especies características de horizontes orgánicos en la parcela control, en la quemada desaparece *Pseudachorutes parvulus*, mientras que el resto de especies reducen considerablemente su densidad y frecuencia, además de descender en el perfil edáfico hacia horizontes minerales.

De las especies eurítopas en el perfil edáfico de la parcela control, en la quemada desaparece *Isotomiella minor*, mientras que todas las demás reducen significativamente su densidad media anual, menos *Odontella lolae* y *Ceratophysella tergilobata* que se mantienen.

De las especies características de horizontes minerales, tras el incendio desaparece *Protaphorura prolata*. Las demás mantienen su densidad o la disminuyen, como *Mesaphorura critica*, mientras que *Onychiurus minutus* es la única especie que la aumenta.

De esta distribución de las especies en función de su "posición preferente" en el perfil de suelo, destaca el hecho de que especies como *Entomobrya nivalis+strigata* y *Sphaeridia pumilis*, que en la parcela control son características o exclusivas de horizontes orgánicos, en la quemada aparecen como exclusivas de horizontes minerales. Esto pone de relieve las condiciones drásticas que imperan en los horizontes superficiales tras el incendio, que los hacen inhabitables para las especies normales de superficie.

Tabla 9.25.- (página siguiente) Serra de l'Obac. Significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar las diferencias de distribución anual de la densidad de cada especie entre las parcelas control y quemada. org, A11 y A12 = paquete de horizontes orgánicos, horizonte A11 y horizonte A12 respectivamente. *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, ns diferencias de densidad anual no significativas. Entre paréntesis se indica (-) cuando la densidad anual es menor en la parcela quemada que en la control, (+) cuando la densidad anual es mayor en la parcela quemada que en la control. El punto (.) indica que la especie no está presente en el horizonte en cuestión.

SERRA DE L'OBAC.

		Org	A11	A12
<i>Xenylla maritima</i>	Xma	***(-)	ns	.
<i>Xenylla schillei</i>	Xsc	***(-)	ns	.
<i>Ceratophysella armata</i>	Car	***(-)	** (-)	* (-)
<i>Ceratophysella engadinensis</i>	Cen	***(-)	* (-)	** (-)
<i>Willemia anophthalma</i>	Wan	* (-)	* (-)	ns
<i>Microgastrura duodecimoculata</i>	Mdu	ns	ns	.
<i>Odontella gisini</i>	Ogi	* (-)	* (-)	ns
<i>Odontella lolae</i>	Olo	ns	.	.
<i>Odontella vallvidrerensis</i>	Ova	ns	ns	.
<i>Friesea fagei</i>	Ffa	** (-)	** (-)	* (-)
<i>Pseudachorutes parvulus</i>	Ppa	* (-)	* (-)	.
<i>Pseudachorutella catalonica</i>	Pca	***(-)	ns	.
<i>Micranurida pygmaea</i>	Mpy	** (-)	.	.
<i>Micranurida sensillata</i>	Mse	.	ns	.
<i>Pseudachorudina bougisi</i>	Pbo	ns	ns	ns
<i>Catalanura natjæ</i>	Cna	.	.	ns
<i>Deutonura deficiens</i>	Dde	***(-)	* (-)	ns
<i>Bilobella aurantiaca</i>	Bau	ns	.	.
<i>Metaphorura affinis</i>	Maf	ns	.	.
<i>Neonaphorura hexaspina</i>	Nhe	.	ns	* (-)
<i>Mesaphorura critica</i>	Mcr	** (-)	***(-)	ns
<i>Mesaphorura italica</i>	Mit	* (-)	ns	ns
<i>Protaphorura nemorata</i>	Pne	** (-)	* (-)	ns
<i>Onychiurus silvarius</i>	Osi	ns	** (-)	ns
<i>Cryptopygus delamarei</i>	Cde	ns	.	.
<i>Anurophorus lydiae</i>	Aly	* (-)	.	.
<i>Pachyotoma</i>	Pac	* (+)	ns	.
<i>Folsomia manolachei</i>	Fma	** (-)	** (-)	* (-)
<i>Isotomurus fucicola</i>	Ifu	ns	ns	ns
<i>Isotomiella minor</i>	Imi	* (-)	ns	ns
<i>Isotoma (P.) notabilis</i>	Ino	***(-)	***(-)	** (-)
<i>Entomobrya multifasciata</i>	Emu	ns	* (+)	.
<i>Entomobrya nivalis+bimaculata</i>	Enb	***(-)	ns	ns
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	Lla	***(-)	***(-)	* (-)
<i>Lepidocyrtus lignorum</i>	Lli	* (-)	ns	ns
<i>Lepidocyrtus lusitanicus</i>	Llu	ns	* (+)	.
<i>Lepidocyrtus montseniensis</i>	Lmo	ns	.	.
<i>Pseudosinella fallax</i>	Pfa	ns	ns	ns
<i>Pseudosinella subilliciens</i>	Psu	ns	** (-)	ns
<i>Heteromurus major</i>	Hma	***(-)	ns	.
<i>Orchesella quinquefasciata</i>	Oqu	***(-)	.	.
<i>Cyphoderus albinus</i>	Cal	ns	ns	ns
<i>Oncopodura sp</i>	Onc	ns	.	ns
<i>Megalothorax minimus</i>	Mmi	ns	ns	ns
<i>Sphaeridia pumilis</i>	Spu	***(-)	.	.
<i>Sminthurides sp</i>	Ssp	* (-)	.	.
<i>Arrhopalites caecus</i>	Aca	.	ns	ns
<i>Arrhopalites elegans</i>	Ael	ns	ns	.
<i>Sminthurinus reticulatus</i>	Sre	** (-)	ns	.
<i>Dicyrtomina ornata</i>	Dor	ns	.	.
<i>Bourletiella</i>	Bou	* (-)	.	ns
<i>Lipothrix lubbocki</i>	Llb	* (-)	.	.

SERRA DE PRADES

		Org	A11	A12
<i>Xenylla brevisimilis medit.</i>	Xbm	* (-)	ns	ns
<i>Xenylla schillei</i>	Xsc	***(-)	** (-)	ns
<i>Ceratophysella engadinensis</i>	Cen	ns	ns	.
<i>Ceratophysella tergilobata</i>	Cte	ns	ns	ns
<i>Willemia scandinavica</i>	Wsc	.	.	ns
<i>Microgastrura duodecimoculata</i>	Mdu	ns	ns	.
<i>Odontella gisini</i>	Ogi	* (-)	** (-)	ns
<i>Odontella lolae</i>	Olo	ns	.	ns
<i>Odontella vallvidrerensis</i>	Ova	ns	.	.
<i>Brachystomella parvula</i>	Bpa	* (-)	ns	ns
<i>Friesea mirabilis</i>	Fsp	ns	.	.
<i>Friesea subterranea bioculata</i>	Fsu	ns	ns	ns
<i>Pseudachorutes parvulus</i>	Ppa	** (-)	ns	.
<i>Pseudachorutella catalonica</i>	Pca	* (-)	.	ns
<i>pseudachorudina bougisi</i>	Pbo	.	ns	.
<i>Rusekella similis</i>	Rsi	** (-)	ns	ns
<i>Catalanura natjae</i>	Cna	.	ns	.
<i>Bilobella aurantiaca</i>	Bau	* (-)	.	.
<i>Paratullbergia callipygos</i>	Pcl	.	.	ns
<i>Metaphorura affinis</i>	Maf	ns	ns	ns
<i>Neonaphorura duboscqui</i>	Ndu	.	.	ns
<i>Mesaphorura critica</i>	Mcr	** (-)	ns	ns
<i>Mesaphorura italica</i>	Mit	ns	ns	ns
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	Mma	* (-)	***(-)	** (-)
<i>Protaphorura nemorata</i>	Pne	.	.	.
<i>Protaphorura prolata</i>	Ppr	ns	ns	ns
<i>Protaphorura subhumata</i>	Psu	ns	.	.
<i>Onychiurus minutus</i>	Omi	ns	* (+)	ns
<i>Onychiurus silvarius</i>	Osi	.	ns	ns
<i>Folsomia fimetaria</i>	Ffi	ns	** (-)	* (-)
<i>Folsomia sexoculata</i>	Fse	* (-)	** (-)	ns
<i>Isotomiella minor</i>	Imi	ns	ns	ns
<i>Isotoma (P.) notabilis</i>	Ino	** (-)	ns	ns
<i>Entomobrya nivalis+strigata</i>	Ens	***(-)	ns	ns
<i>Entomobrya quinquelineata</i>	Equ	ns	ns	ns
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	Lla	***(-)	ns	ns
<i>Lepidocyrtus lusitanicus</i>	Llu	ns	ns	ns
<i>Lepidocyrtus violaceus</i>	Lvi	ns	.	.
<i>Pseudosinella alba</i>	Pal	* (-)	ns	ns
<i>Pseudosinella illiciens</i>	Pil	.	ns	.
<i>Heteromurus major</i>	Hma	ns	.	.
<i>Orchesella quinquefasciata</i>	Oqu	ns	.	.
<i>Sphaeridia pumilis</i>	Spu	* (-)	ns	ns
<i>Sminthurinus gr. aureus</i>	Sau	ns	.	.

Tabla 9.26.- Serra de Prades. Significación de la prueba U de Mann-Whitney para testar las diferencias de distribución anual de la densidad de cada especie entre las parcelas control y quemada. org, A11 y A12 = paquete de horizontes orgánicos, horizonte A11 y horizonte A12 respectivamente. *** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, ns diferencias de densidad anual no significativas. Entre paréntesis se indica (-) cuando la densidad anual es menor en la parcela quemada que en la control, (+) cuando la densidad anual es mayor en la parcela quemada que en la control. El punto (.) indica que la especie no está presente en el horizonte en cuestión.

La estructuración vertical en dos subcomunidades que se detecta en las parcelas control (subcomunidad de superficie y subcomunidad de profundidad), también se altera en las parcelas quemadas.

En la serra de l'Obac, mientras que en la parcela control encontrábamos 15 especies que caracterizan la subcomunidad de superficie y 6 la de profundidad (tabla 9.5 en capítulo 9.1.4), en la parcela quemada sólo se detecta una especie para la subcomunidad de superficie (*Entomobrya nivalis-bimaculata*, que únicamente se encuentra en el horizonte más superficial Ce) y 5 para la de profundidad (tabla 9.17 en capítulo 9.4.4).

En la parcela control de la serra de Prades se encuentran 12 especies que definen la subcomunidad de superficie y 4, típicamente euedáficas, que definen la subcomunidad de profundidad (tabla 9.11 en capítulo 9.2.4). En la parcela quemada sólo se encuentra una especie como definitoria de la subcomunidad de superficie, se trata de *Lepidocyrtus lusitanicus*, que se localiza los horizontes Ce y H, mientras que la subcomunidad de profundidad incluye 5 especies (tabla 9.22 en capítulo 9.5.4).

Por lo tanto en ambas localidades, paralelamente a la destrucción de los horizontes orgánicos por las llamas, se produce la destrucción de la subcomunidad de superficie, mientras que la subcomunidad de profundidad se mantiene estructurada, aunque con cambios notables en su composición específica.

Además de esta desdiferenciación de la comunidad, también se da una ruptura en la dinámica vertical en el sentido de que se da una independencia de la densidad y la riqueza con respecto a los factores climatológicos (resumidos en la pluviosidad).

La magnitud del efecto que tienen los incendios sobre la dinámica anual y la estructura vertical de las poblaciones de cada una de las especies en particular, así como las diferentes respuestas de éstas frente a la perturbación, serán analizados detalladamente en el capítulo 10. Aquí analizaremos el efecto global sobre la densidad y la frecuencia anuales del conjunto de especies.

En las tablas 9.25 y 9.26 se indica la significación de la prueba U de Mann-Whitney que testa las diferencias de distribución anual de la densidad de cada especie en las parcelas control con respecto a las quemadas. De ellas extraemos los siguientes resultados globales:

- EN OBAC

hor. orgánicos ..	58.3%	reducen su densidad media anual tras el incendio.
	39.6%	no presentan diferencias significativas.
	2.1%	aumentan su densidad media anual tras el incendio.
hor. A11	37.8%	reducen su densidad media anual tras el incendio.
	56.8%	no presentan diferencias significativas.
	5.4%	aumentan su densidad media anual tras el incendio.

hor. A12 25.9% reducen su densidad media anual tras el incendio.
74.1% no presentan diferencias significativas.

- EN PRADES

hor. orgánicos .. 44.4% reducen su densidad media anual tras el incendio.
55.6% no presentan diferencias significativas.

hor. A11 16.7% reducen su densidad media anual tras el incendio.
80.0% no presentan diferencias significativas.
3.3% aumentan su densidad media anual tras el incendio.

hor. A12 6.9% reducen su densidad media anual tras el incendio.
93.1% no presentan diferencias significativas.

En ambas localidades se presenta el mismo patrón vertical. En los horizontes orgánicos es donde hay un mayor porcentaje de especies afectadas por el incendio, que va disminuyendo a medida que se profundiza hacia el horizonte A11 y el A12. A la vista de estos porcentajes generales, vemos que en la serra de l'Obac hay un mayor porcentaje que en Prades de especies en el horizonte A12 que reducen significativamente su densidad anual tras el incendio (25.9% frente a 6.9%), lo que indica que los efectos del fuego en Obac se notaron más en profundidad que en Prades.

Un parámetro que resulta muy informativo sobre el efecto de los incendios sobre las especies, es el coeficiente de variación (CV) de la densidad media; en la figura 9.44 se representa este parámetro en los distintos horizontes del perfil, comparando entre parcelas control y quemadas. En ella vemos que, en la serra de l'Obac, la línea rango de especies-coeficiente de variación es superior en la parcela quemada que en la control sea cual sea la profundidad en el perfil del suelo. En la serra de Prades esta línea es igualmente superior en la parcela quemada para las especies del paquete de horizontes orgánicos, pero se va disminuyendo la distancia entre líneas a medida que se profundiza en el perfil.

El coeficiente de variación de la densidad media anual de cada especie, es una medida de la heterogeneidad de la distribución de ésta a lo largo del año. Como ya hemos comentado en capítulos precedentes, esta heterogeneidad en la distribución de la densidad es indicadora de la inestabilidad del medio, por lo que a mayores coeficientes de variación, mayor es la inestabilidad y el grado de perturbación del medio.

En las gráficas rango-coeficiente que hemos confeccionado (figura 9.44), las líneas superiores se corresponden con mayores coeficientes de variación de las especies. La separación entre las líneas superior e inferior es una buena medida del grado de inestabilidad del medio.

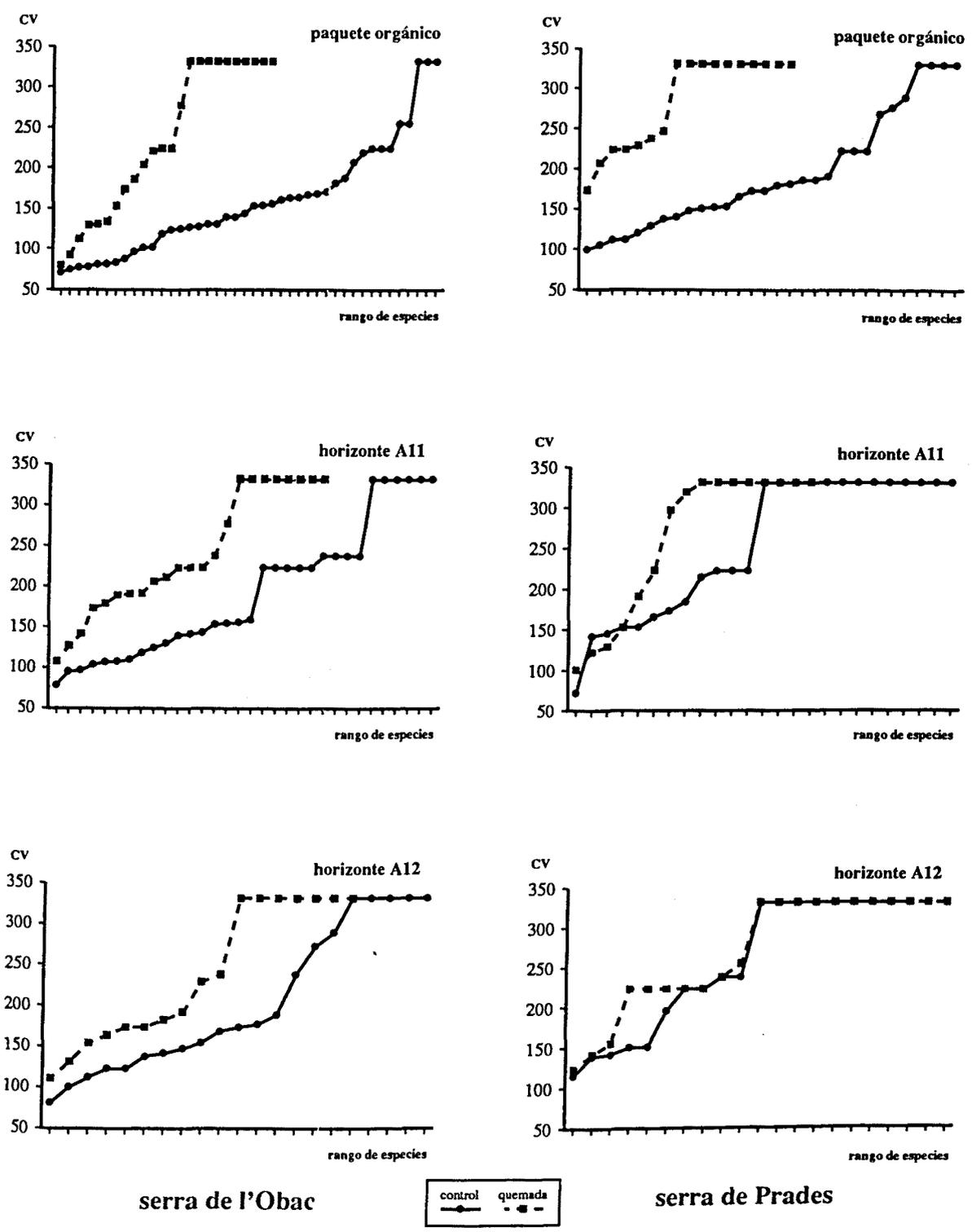


Figura 9.44.- Representación del coeficiente de variación anual (CV) de las distintas especies (ordenadas de mayor a menor CV) en los distintos horizontes del perfil edáfico (paquete de horizontes orgánicos, horizonte A11 y A12) de las dos localidades, haciendo comparación entre las parcelas control y quemada en cada caso.

En base a ésto, la lectura de la figura 9.44 es muy clara. En las dos localidades las líneas rango-coeficiente están muy separadas en los horizontes orgánicos, lo cual indica que es en este nivel del perfil del suelo donde se ha producido una mayor perturbación como consecuencia de los incendios. En Obac ambas líneas permanecen separadas en los horizontes A11 y A12, aunque se puede apreciar un acercamiento entre ellas a medida que aumenta la profundidad. En Prades este acercamiento entre líneas en el horizonte A11 y, sobre todo, en el horizonte A12 es mucho más notorio e indica que el efecto del fuego se deja notar más en profundidad en la serra de l'Obac, mientras que en la de Prades en el horizonte más profundo los efectos del fuego son poco acusados.

Las diferencias en los coeficientes de variación de la densidad están muy relacionadas con la frecuencia de aparición de las especies en el ciclo anual. Analizando este parámetro en el conjunto de las especies de cada horizonte edáfico obtenemos los siguientes resultados globales:

- En Obac, de las especies presentes en más de un mes en alguna parcela:

hor. orgánicos .. 88.1% reducen sensiblemente la frecuencia.
 2.4% no varían sensiblemente la frecuencia.
 9.5% aumentan sensiblemente la frecuencia.

hor. A11 70.0% reducen sensiblemente la frecuencia.
 16.7% no varían sensiblemente la frecuencia.
 13.3% aumentan sensiblemente la frecuencia.

hor. A12 82.3% reducen sensiblemente la frecuencia.
 11.8% no varían sensiblemente la frecuencia.
 5.9% aumenta sensiblemente la frecuencia.

- En Prades, de las especies presentes en más de un mes en alguna parcela:

hor orgánicos .. 86.2% reducen sensiblemente la frecuencia.
 3.5% no varían sensiblemente la frecuencia.
 10.3% aumentan sensiblemente la frecuencia.

hor A11 53.8% reducen sensiblemente la frecuencia.
 38.5% no varían sensiblemente la frecuencia.
 7.7% aumentan sensiblemente la frecuencia.

hor. A12 53.3% reducen sensiblemente la frecuencia.
 40.0% no varía sensiblemente la frecuencia.
 6.7% aumenta sensiblemente la frecuencia.

Aquí vemos que, al igual que sobre la densidad, el incendio de la serra de l'Obac ha tenido un efecto más en profundidad que el acontecido en la serra de Prades, ya que se detecta un mayor porcentaje de especies que disminuyen la frecuencia anual en los horizontes más profundos A11 y A12.

El hecho de que el incendio en Obac tenga mayor influencia en profundidad se explica por el momento del año en que tuvo lugar el fuego en cada una de las localidades. En Obac el incendio se produjo en agosto de 1986, en pleno periodo estival y por lo tanto con un bajo contenido en agua en el suelo. En Prades el fuego se produjo el 28 de octubre de 1988 que coincide con un momento en que la disponibilidad de agua en el suelo era buena, ya que en los treinta días anteriores cayó una precipitación total de 62 mm. Según VANNIER (1978) el calor específico es seis veces menor en un suelo seco y rico en humus que en uno húmedo, por lo tanto, el calor específico del suelo de Obac en el momento del incendio era bajo, con poca inercia térmica y, presumiblemente, el fuego pudo penetrar más en profundidad. En Prades la inercia térmica del suelo era mayor dado que el calor específico era más elevado en función de un mayor contenido en agua y, por este motivo, el fuego no llegó a penetrar tanto en profundidad.

En general el porcentaje de especies afectadas por el incendio es mayor en Obac que en Prades, lo cual sugiere, al igual que indican otros autores (NEUMANN & TOLHURST, 1991; VANNIER, 1978), que el incendio ocurrido en periodo seco es más "virulento" que el ocurrido en periodo húmedo.

Sobre ésto último, hay que hacer notar que según ATHIAS-BINCHE (1986) el riesgo de que un incendio sea más mortífero para la fauna edáfica es mayor si sobreviene en la estación húmeda, ya que en esta época los animales tienden a estar en superficie y, además, suelen estar en fase reproductora. Según nuestros datos, el fuego ocurrido en periodo seco ha sido más perjudicial, por lo menos a corto plazo, sobre la fauna de colémbolos edáficos.

9.6.3.- Efectos del incendio a medio plazo (dos años después).

Los analizaremos en base a los datos obtenidos en el muestreo realizado en Prades en octubre-1990, transcurridos dos años después del incendio.

La vegetación comenzó a rebrotar en la parcela quemada dos meses y medio después del incendio (en enero de 1989) y, al cabo de dos años, el recubrimiento total de la vegetación era del orden del 60%. Por lo tanto, en el momento en que se realizó el muestreo de octubre-1990, había ya en la superficie del suelo una capa incipiente de hojarasca (SERRASOLSAS *ET AL.*, 1989 indican que, en una garriga incendiada del macizo del Garraf, Barcelona, la reconstrucción del horizonte L comienza a partir del segundo año tras el incendio, coincidiendo con el rebrote de la vegetación y el inicio de un nuevo ciclo de caída de hojas).

En cuanto a densidad y riqueza de colémbolos totales, el efecto del fuego al cabo de dos años lo mediremos en base al porcentaje de diferencia (tal como lo definíamos en el capítulo 9.6.1) de ambos parámetros entre las parcelas control y quemada:

Diferencia entre parcelas

	densidad	riqueza
orgánicos	- 80.9%	- 57.9%
A11	- 46.4%	+ 60.0%
A12	+ 200.0%	+ 100.0%

En los horizontes orgánicos hay un 80.9% menos de densidad y un 57.9% menos de especies en la parcela quemada que en la control, mientras que en el horizonte A11 hay menor densidad pero mayor riqueza y en el A12 mayor densidad y riqueza en la quemada que en la control.

Esta última diferencia entre parcelas en el horizonte más profundo A12 es mínima ya que en la control sólo aparece una especie, con una densidad de 1.02 ej/100 cm², y en la quemada dos especies, con una densidad total de 3.06 ej/ 100 cm². En general, las diferencias de densidad y riqueza entre parcelas en este horizonte A12 podemos considerear que son mínimas.

En la tabla 9.27 se indican, además de la densidad (D) y riqueza (S) ya comentadas, todos los parámetros medidos en cada horizonte y en el total del perfil en las parcelas control y quemada. Lo más destacado de esta tabla es la semejanza en cuanto a densidad y riqueza que se obtiene en el horizonte Ce de la parcela quemada y el horizontre L de la control, además de la mayor diversidad específica (en sentido amplio) que se obtiene en el primero.

Comparando todos los parámetros de la parcela quemada con los de la control, la tendencia que se observa tras dos años de producirse el incendio es:

HORIZONTES ORGÁNICOS

- disminución de densidad (D), riqueza (S) y rareza (R).
- aumento de uniformidad (E).

HORIZONTE A11

- disminución de densidad y Berger-Parker (BP).
- aumento de riqueza, diversidad de Shanon (H) y uniformidad.

HORIZONTE A12

- aumento de densidad, riqueza, diversidad y uniformidad.

Parcela control							
	L	F	H	org	A11	A12	total
D	11.02	71.44	28.98	111.44	28.52	1.02	140.98
S	6	16	11	19	5	1	19
H	1.84	2.67	2.44	2.73	1.90	0	2.72
E	0.71	0.67	0.71	0.64	0.82	-	0.64
R	0	31.25	0	47.36	0	0	42.10
BP	0.59	0.40	0.35	0.36	0.36	1	0.34
S ₅₀	1	2	2	2	2	1	2

Parcela quemada							
	Ce	H	org	A11	A12	total	
D	10.61	10.61	21.23	15.28	3.06	39.56	
S	5	8	8	8	2	13	
H	2.10	2.75	2.61	2.79	0.92	3.10	
E	0.90	0.92	0.87	0.93	0.92	0.84	
R	0	0	0	0	0	0	
BP	0.35	0.35	0.35	0.27	0.67	0.34	
S ₅₀	2	3	2	2	1	2	

Tabla 9.27.- Serra de Prades. Parámetros medidos en la comunidad colembológica en octubre de 1990 en los diferentes horizontes edáficos, así como en el total acumulado del perfil, de las parcelas control y quemada. org-paquete de horizontes orgánicos (L+F+H en la parcela control; Ce+H en la parcela quemada). Los códigos de los parámetros se especifican en el capítulo 4.2

Por lo tanto, dos años después del incendio la comunidad colembológica continúa muy mermada en el conjunto del paquete de horizontes orgánicos, tanto en densidad de colémbolos como en diversidad específica (en sentido amplio); en el horizonte A11 la densidad de colémbolos sigue mermada, pero se produce un aumento de diversidad específica, que nos indica una recuperación en la estructura de la comunidad; en el horizonte A12, aunque la escasez de especies y de ejemplares no permite obtener conclusiones fiables, si nos indica que no existen diferencias básicas entre la parcela control y quemada y que, por tanto, en este horizonte podemos considerar que se han restituido los parámetros normales de la comunidad edáfica.

Las especies de colémbolos que se encontraron en los distintos horizontes del perfil del suelo en las parcelas control y quemada fueron las que se indican en la tabla 9.28.

	PARCELA CONTROL					PARCELA QUEMADA			
	L	F	H	A11	A12	Ce	H	A11	A12
Xbm	0.41	0.41	-	1.02	-	-	-	-	-
Wsc	-	-	-	-	-	-	0.82	-	-
Ogi	-	-	0.41	-	-	-	-	-	-
Bpa	6.53	6.12	1.63	-	-	2.45	1.22	-	-
Fsp	-	0.41	-	-	-	-	1.22	-	-
Pca	-	-	0.41	-	-	-	-	-	-
Pbo	-	0.41	-	-	-	-	-	-	-
Rsi	0.41	1.63	0.41	-	-	-	-	-	-
Cna	-	0.41	-	-	-	-	-	-	-
Bau	-	0.82	-	-	-	-	-	-	-
Maf	-	-	-	-	-	-	0.82	1.02	-
Mcr	-	-	0.41	-	-	-	-	2.04	1.02
Mit	-	-	-	-	-	-	-	2.04	-
Mma	1.63	28.57	10.21	7.13	-	3.67	3.67	4.07	2.04
Pne	-	-	-	-	-	-	-	1.02	-
Ppr	-	3.27	1.63	9.17	-	-	-	-	-
Omi	-	0.82	0.82	-	-	1.63	1.22	3.06	-
Fse	1.22	18.37	9.80	10.19	1.02	0.41	0.82	-	-
Ino	-	2.45	-	-	-	-	-	-	-
Ens	0.82	1.22	0.41	-	-	-	-	-	-
Equ	-	-	-	-	-	2.45	0.82	-	-
Lla	-	4.49	2.86	-	-	-	-	-	-
Pal	-	1.63	-	1.02	-	-	-	1.02	-
Pec	-	-	-	-	-	-	-	1.02	-
Sau	-	0.41	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 9.28.- Serra de Prades. Densidad (ej/100 cm²) de las especies encontradas en los distintos horizontes del perfil edáfico de las parcelas control y quemada durante el mes de octubre de 1990, dos años después de ocurrido el incendio. Los códigos de las especies se indican al principio del capítulo 8.

En cuanto a la estructura vertical de la comunidad, la tendencia tras dos años del incendio es un acercamiento a la situación de la parcela control. De esta forma, la mayor densidad se da en el paquete de horizontes orgánicos y va disminuyendo con la profundidad en el perfil.

La composición específica vertical podemos analizarla mediante un análisis de correspondencias (ANACOR POC-90) en base a una matriz que contiene el total de especies encontradas en octubre de 1990 (25 especies) en los diferentes horizontes de los perfiles de suelo de las dos parcelas (L, F, H, A11 y A12 en la control; Ce, H, A11 y A12 en la quemada). Esta matriz corresponde a los datos representados en la tabla 9.28. La representación según los dos primeros ejes de este análisis podemos verlo en la figura 9.45.

Según el eje 1 (que explica un 34% de la varianza total), los puntos correspondientes a los distintos puntos-horizonte se distribuyen en función de la parcela a la que pertenecen: los de la parcela quemada en valores positivos y los de la parcela control en valores negativos. Según el eje 2 (que extrae un 23% de inercia), los puntos-horizonte se distribuyen según un gradiente que va de la superficie del suelo hacia abajo en cada una de las parcelas: en valores más positivos los puntos de los horizontes orgánicos de la parcela quemada y el más superficial de la control (L), y en valores más negativos los puntos de horizontes minerales. Por lo tanto, el eje 1 se interpreta como asociado a la variable Parcela, y el eje 2 a la variable Horizonte.

Las especies se reparten según el eje 1 en función de las características que sean de cada una de las dos parcelas: En valores positivos las más afines a la parcela quemada y en valores negativos las más afines a la parcela control. Según el eje 2, en los valores más positivos se sitúan las especies características de horizontes orgánicos y en valores negativos las de horizontes minerales.

La neta separación que se establece entre los puntos-horizonte de ambas parcelas nos indica que éstas presentan una composición específica bien diferenciada. Por otro lado, la separación entre horizontes orgánicos y minerales de la parcela quemada es bastante notoria, lo que indica una recuperación en la diferenciación vertical de la comunidad.

Esto está en concordancia con los datos de la tabla 9.27 y lo que indicábamos antes de que en la superficie de la parcela quemada, tras dos años de producirse el incendio, comienza a haber un horizonte incipiente de hojarasca en el que la comunidad colembológica muestra una composición específica bastante afín con la de la hojarasca de la parcela control.

Los efectos del fuego a corto y medio plazo en región mediterránea ha llevado a diversos autores a emitir conclusiones contradictorias (SAULNIER & ATHIAS-BINCHE, 1986); para unos el medio es poco afectado y se regenera tal como era, mientras que para otros se produce una modificación profunda. Evidentemente, la recuperación de la vegetación depende de la estructura de ésta antes de ocurrir el incendio; de esta forma, una garriga se reconstruye con relativa rapidez, mientras que un bosque requiere muchas décadas para su restauración. La recuperación de la fauna edáfica va paralela a la de la vegetación, y los datos referentes a ésta son también a veces contradictorios.

NEUMANN & TOLHURST (1991) en un estudio sobre actividad (muestreo mediante trampas pitfall) de fauna epigea en bosque esclerófilo incendiados de Australia, indican que en un periodo máximo de dos años después de transcurrido el incendio, la actividad de la fauna colembológica vuelve a tomar valores "normales". En general indican que, a largo término, no se encuentran cambios en la actividad de los invertebrados tras un incendio y que la fauna epigea del suelo de bosque esclerófilo (*E. marginata*) es estable frente a fuegos ocasionales de baja intensidad. En estos biotopos australianos las arañas, ácaros y colémbolos son los grupos de artrópodos que

muestran una más rápida recuperación de actividad tras el incendio (NEUMANN, 1991).

HUHTA ET AL. (1967), en un trabajo sobre incendios de superficie, indican que los colémbolos son los artrópodos más sensibles a los efectos del fuego, pero que al mismo tiempo, debido a su gran capacidad reproductiva, al año siguiente al incendio su número excede al del correspondiente control. Después, el número de individuos se reduce y, cuatro años después del incendio, la densidad de colémbolos es similar en las zonas quemadas que en las control.

MAJER (1984) cita algunos trabajos en los que hay disparidad de opiniones en cuanto a los efectos de los incendios; así por ejemplo, Springett opina que el fuego reduce en gran medida la riqueza y densidad de fauna edáfica y su recuperación es incompleta al cabo de 5-7 años, mientras que Campbell, en Australia, encuentra que las variaciones espaciales y temporales en sus datos son mayores que los efectos producidos por el fuego.

Según nuestros datos, la recuperación de la fauna colembológica, dos años después de ocurrido el incendio, es notoria por debajo de los 5 cm de suelo mineral, comienza a notarse entre los 0 y 5 cm de profundidad, y se detecta el inicio de ésta en los horizontes orgánicos paralelamente a la formación de un incipiente horizonte de hojarasca. Esta debe considerarse como la "velocidad máxima" de recuperación, puesto que la parcela incendiada de la serra de Prades se encuentra en unas condiciones óptimas para su regeneración ya que está prácticamente rodeada de bosque "control".

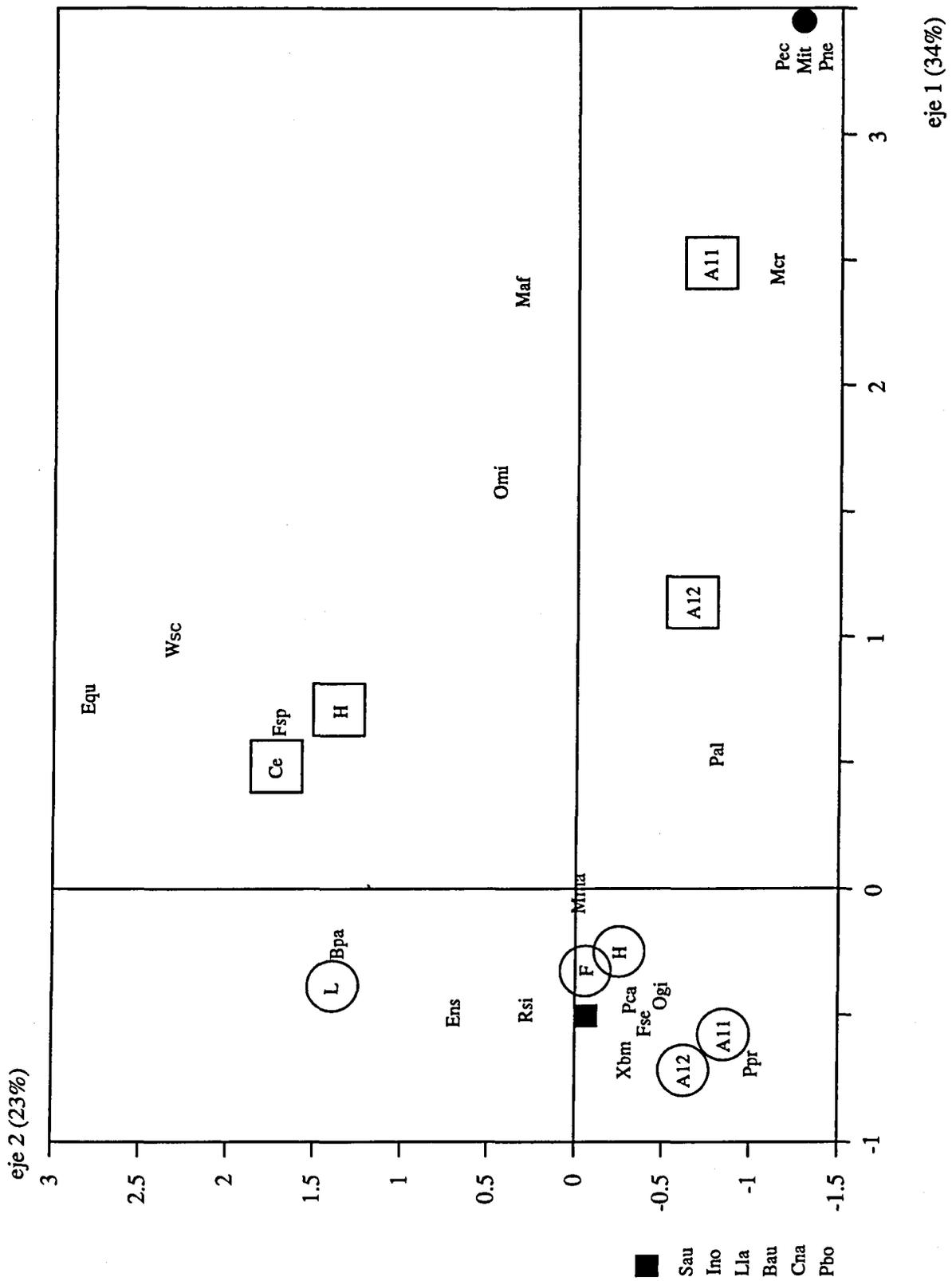


Figura 9.45.- Serra de Prades. ANACOR POC-90. Representación simultánea de los puntos-horizonte (en círculo los horizontes de la parcela control y en cuadrados los de la parcela quemada) y de los puntos-especie en el plano delimitado por los dos primeros ejes. Los códigos de las especies se especifican al comienzo del capítulo 8.

