

Importancia del medio subterráneo superficial (MSS) para el conocimiento de los Collembola (Arthropoda, Hexapoda) del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (España)

Rafael Jordana¹ , Enrique Baquero^{1,2,*} , Vicente M. Ortuño³ 

(1) Universidad de Navarra, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Ambiental, Campus Universitario, 31080, Pamplona, España.

(2) Instituto de Biodiversidad y Medioambiente BIOMA, Universidad de Navarra, Irunlarrea 1, 31008, Pamplona, España.

(3) Universidad de Alcalá. Departamento de Ciencias de la Vida. Facultad de Ciencias. Grupo de Investigación de Biología del Suelo y de los Ecosistemas Subterráneos (GIBSES). E-28871 - Alcalá de Henares. Madrid, España.

Autor de correspondencia*: Enrique Baquero [ebaquero@unav.es]

> Recibido el 13 de junio de 2024 - Aceptado el 9 de julio de 2024

Cómo citar: Jordana, R., Baquero, E., Ortuño, V.M. 2024. Importancia del medio subterráneo superficial (MSS) para el conocimiento de los Collembola (Arthropoda, Hexapoda) del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (España). *Ecosistemas* 33(2): 2792. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2792>

Importancia del medio subterráneo superficial (MSS) para el conocimiento de los Collembola (Arthropoda, Hexapoda) del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (España)

Resumen: Este trabajo presenta los resultados sobre biodiversidad de la clase Collembola, obtenidos a partir de un muestreo intensivo, en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, de lo que conocemos como medio subterráneo superficial (Mesovoid Shallow Substratum, o MSS) generado por depósitos coluviales. Para ello se utilizaron dispositivos de muestreo subterráneo (Subterranean Sampling Devices, o SSD). El trabajo reúne los resultados ya publicados en trabajos anteriores del grupo, y propone una importante aportación al conocimiento de la fauna del grupo que vive bajo la superficie, desconocida hasta ahora a pesar de que la superficie de la zona ha sido muestreada por muchos investigadores durante décadas. El estudio de 67 916 ejemplares ha permitido la identificación de 33 géneros y 77 especies, 15 de ellas nuevas para la ciencia. Es interesante que muchas de estas nuevas especies son las dominantes para el biotopo. Además, se expone de forma sucinta los antecedentes que han llevado a un mejor conocimiento de este grupo de Arthropoda.

Palabras clave: biodiversidad; Collembola; Hexapoda; MSS; SSD

Importance of the mesovoid shallow substratum (MSS) for the knowledge of the Collembola (Arthropoda, Hexapoda) of the Sierra de Guadarrama National Park (Spain)

Abstract: This work presents the results of the biodiversity of the Collembola class, obtained from intensive sampling in the Sierra de Guadarrama National Park, within what we know as the Mesovoid Shallow Substratum (MSS) generated by colluvial deposits. For this purpose, Subterranean Sampling Devices (SSD) were used. The work brings together the results already published in previous works of the group and proposes an important contribution to the knowledge of the fauna of the group that lives below the surface, unknown until now even though the surface of the area has been sampled by many researchers for decades. The study of 67 916 specimens has allowed the identification of 33 genera and 77 species, 15 of them new to science. Interestingly, many of these new species are the dominant ones for the biotope. Additionally, it succinctly outlines the background that has led to a better understanding of this group of Arthropoda.

Keywords: biodiversity; Collembola; Hexapoda; MSS; SSD

Introducción

El medio subterráneo superficial (MSS) fue descrito desde un punto de vista formal por Juberthie et al. (1980), si bien Uéno (1980, 1981) ya alude a ese tipo de espacios subterráneos como hábitat de determinadas especies de artrópodos. Forma parte de este peculiar hábitat la red de espacios subterráneos configurados a partir de la alteración de la roca madre, y el ulterior asentamiento de los fragmentos de roca, formando habitualmente depósitos coluviales (aunque hay otras tipologías, ver Mammola et al. 2016 y Ortuño y Jiménez-Valverde 2024).

El taxón Collembola comenzó a estudiarse en la Sierra de Guadarrama hace más de 90 años, que ha sido un lugar de muestreo habitual de prestigiosos entomólogos relacionados de una u otra manera con el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, pero solo en superficie. Desde entonces han sido muchos los trabajos que han publicado la presencia, en esta zona, de diferentes especies de este grupo de Hexapoda (Bonet 1929; Cassagnau 1954; Cassagnau 1955; Steiner 1955; Gama 1959;

Gisin 1960; Selga 1961, 1962a, 1962b, 1963, 1966a, 1966b, 1971; Simón 1971, 1973, 1976, 1978, 1979; Acon 1981; Luciáñez y Simón 1991; Simón et al. 1994; Luciáñez y Simón 1995; Jordana y Baquero 2007; Baquero et al. 2017, 2021a, 2021b; Jordana et al. 2020). En todo este tiempo se han citado algo más de 200 especies, lo que supone una riqueza interesante para este enclave geográfico. Es importante subrayar que la progresión en esta aparición de nuevas citas no ha sido regular a lo largo del tiempo, el mayor número de ellas se deben a unos pocos autores de la entomología ibérica. Mientras que, desde 1929 hasta 1954, sólo se habían citado tres especies para la Sierra de Guadarrama, entre 1954 y 1966 se amplió el elenco con 54 especies más. Ya en 1971 se añadieron otras 63, para luego ralentizarse la incorporación de más especies, sumándose otras 44 en el intervalo de tiempo que lleva hasta 1995. Las publicaciones sobre el MSS de la Sierra de Guadarrama (tema de este artículo), entre los años 2017 y 2021, añaden otras 40 especies.

El reciente estudio del MSS en esta sierra ha propiciado el descubrimiento de 15 nuevas especies para la ciencia (Baquero et al. 2017, 2021a, 2021b; Jordana et al. 2020; Baquero y Jordana 2022; Ortuño et al. 2022), lo que supone un 8 % de las especies de la zona, y ha facilitado el estudio y reubicación taxonómica de otras especies ya conocidas. Por otro lado, se ha observado que un 32 % de las especies de Collembola ya citadas con anterioridad en la zona habitan regularmente el MSS. En definitiva, el objetivo de esta publicación es resumir los trabajos anteriores del grupo, que suponen una nueva aportación al conocimiento faunístico de los Collembola de estos relieves, y revelan la importancia que tiene el medio subterráneo superficial (MSS) como hábitat para este grupo taxonómico de Hexapoda.

Material y métodos

Se hace una revisión de los artículos derivados del estudio de los Collembola capturados en el marco del proyecto “Estudio de la diversidad y distribución de las especies animales residentes en el Medio Subterráneo Superficial de enclaves de alta montaña (P.N. de la Sierra de Guadarrama)”. El estudio fue financiado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente a través del Organismo Autónomo de Parques Nacionales (<https://www.miteco.gob.es/es/parques-nacionales-oapn.html>) SPIP2014-01143. Se muestreó dentro del área de protección (33 960 hectáreas) declarada como “Parque Nacional” (PN) (Ley 7/2013, de 25 de junio) y en algún caso en el “Área de Protección Periférica” (APP) (Fig. 1). El límite altitudinal inferior quedó fijado al seleccionar un punto de muestreo localizado en una cota de 1375 m s.n.m., y el superior en 2301 m s.n.m., próximo a la cima del pico Peñalara, el más alto de la sierra. La geología del área se caracteriza por la presencia de rocas de diferentes orígenes, pero el sustrato litológico está mayoritariamente compuesto por gneis, roca metamórfica con cierta tendencia a la fractura, viéndose reflejado en relieves que dejan ver formaciones morrénicas y depósitos coluviales (fruto de eventos glaciales y peri-glaciales) (Viale et al. 1987; Arenas et al. 1991; Díaz-Martínez 2005; Pedraza y Carrasco 2005). En esos depósitos coluviales (o canchales) es donde se instalaron la mayoría de los 33 dispositivos (Fig. 1) de muestreo subterráneo (también denominados *Subterranean Sampling Devices*, o SSD, –ver Ortuño et al. 2013–). La forma y funcionamiento de las SSD que capturan a los animales que, al menos, se mueven entre los 50 y los 90 cm de profundidad, quedan detalladamente descritos en diversos artículos (Baquero et al. 2017; Ortuño et al. 2020, 2022; entre otros). Los resultados que se presentan en este estudio provienen de dos extracciones de las SSD: el primero de un periodo entre mayo y octubre de 2015; el segundo de octubre de 2015 a mayo de 2016 (seis meses cada uno).

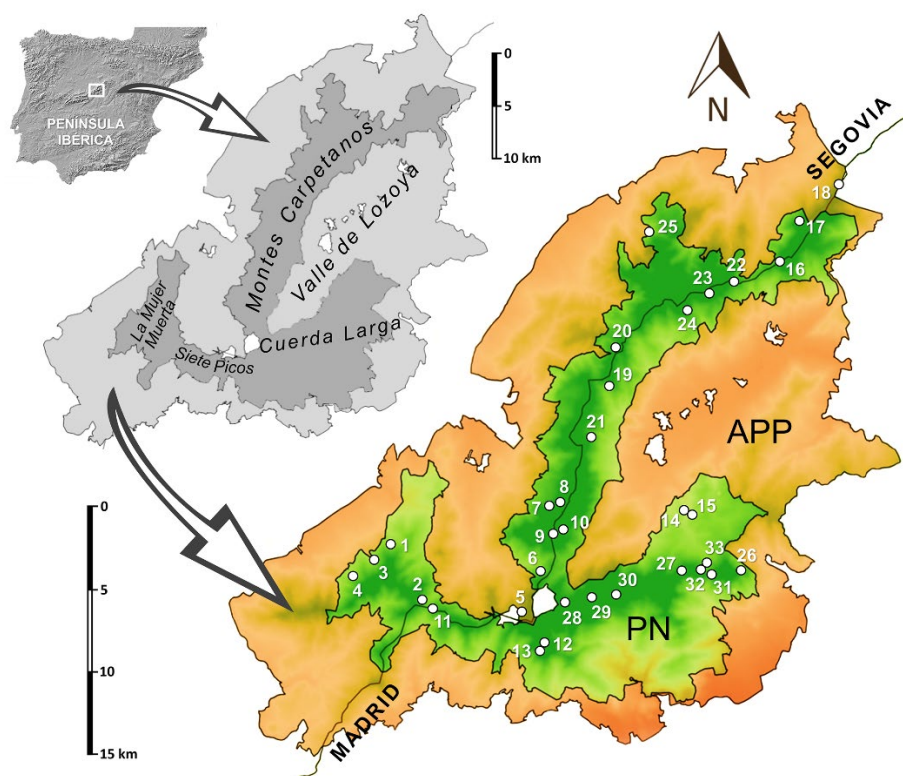


Figura 1. Orografía del área de estudio y ubicación de las Estaciones de Muestreo Subterráneo (EMS, círculos numerados) en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (PN) y el Área de Protección Periférica (APP).

Figure 1. Topography of the study area and location of the Subterranean Sampling Devices (SSD, numbered circles) in the Sierra de Guadarrama National Park (PN) and the Peripheral Protection Area (APP).

Resultados y discusión

Las identificaciones se realizaron sobre ejemplares en buen estado de conservación, dado que las SSD estuvieron actuando por un periodo de seis meses, y los ejemplares se deterioran con el paso del tiempo, sobre todo si no quedan totalmente sumergidos en el propilen-glicol. Por ello, muy probablemente, los individuos mejor conservados debieron caer en la trampa en fechas próxima a su recogida. Los datos para el taxón Collembola obtenidos del primer periodo fueron: 42 735 ejemplares, pertenecientes a 31 géneros y 64 especies (15 de ellas nuevas especies). En este periodo el género más representativo por su abundancia fue *Orchesella* Templeton, 1836, representado –además– por dos nuevas especies (Baquero et al. 2017) (Figs. 2A, B). En el segundo periodo las capturas fueron sensiblemente menores: 20 181 ejemplares, sumándose dos géneros más (Tablas 1 y 2) y 13 especies no capturadas en el periodo inicial. Veintiséis de las especies capturadas en el primer periodo no fueron capturadas en este.

Respecto a la abundancia, los resultados observados siguen la pauta esperable en cualquier estudio cuando se analizan los parámetros que describe la diversidad. En el primer periodo (52 especies capturadas) las cinco primeras especies en abundancia acumulan el 71 % de los ejemplares y las 10 primeras el 91 % (Fig. 3). Es muy interesante destacar que entre esas 10 especies siete han sido descritas como especies nuevas para la ciencia en tres de los artículos taxonómicos derivados del estudio (Baquero et al. 2017; Baquero et al. 2021a; Baquero et al. 2021b). En el segundo periodo (39 especies capturadas) la pauta es similar (aunque cambian las especies que aportan la mayor abundancia): las cinco primeras especies aportan el 77 % de los ejemplares; las 10 primeras el 95 %.

Existe una gran diferencia entre las capturas del primer periodo y el segundo cuando se comparan las especies encontradas, en una dinámica de recambio estacional de especies. Muchas de las especies bien representadas en abundancia en el periodo entre mayo y octubre pasan de números elevados (decenas de miles de ejemplares) a solo centenares en el periodo siguiente (octubre a mayo), y en algunos casos incluso a unas pocas unidades o bien desaparecen (*Entomobrya ledesmai* Jordana y Baquero, 2021 y *Pseudosinella gonzalo* Baquero y Jordana, 2021) (ver Figs. 2C, 3 y Tabla 2). También pasa lo contrario, que especies poco representadas en el primer periodo incrementan su abundancia en el segundo, pasando de centenares a millares aquí (*Lepidocyrtus labyrinthi* Baquero y Jordana, 2021), incluso en un caso, de no ser observada a ser, unos meses más tarde, una de las especies más abundantes con miles de ejemplares (*Hypogastrura papillata* Gisin, 1949). Parece que hay una sustitución estacional de *H. meridionalis* Steiner, 1955 por *H. papillata*.



Figura 2. Cuatro especies de Collembola presentes en el medio subterráneo superficial del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama A) *Orchesella colluvialis*; B) *Orchesella mesovoides*; C) *Pseudosinella gonzalo*; D) *Hypogastrura meridionalis*.

Figure 2. Four species of Collembola present in the superficial subterranean environment of the Sierra de Guadarrama National Park: A) *Orchesella colluvialis*; B) *Orchesella mesovoides*; C) *Pseudosinella gonzalo*; D) *Hypogastrura meridionalis*.

Tabla 1. Géneros hallados en ambos periodos.**Table 1.** Genera found in both periods.

Género	Periodo	
	mayo-octubre	octubre-mayo
<i>Allacma</i>	X	
<i>Arrhopalites</i>	X	
<i>Bilobella</i>	X	X
<i>Caprainea</i>		X
<i>Ceratophysella</i>		X
<i>Dicyrtomina</i>	X	
<i>Entomobrya</i>	X	X
<i>Fasciosminthurus</i>	X	
<i>Folsomia</i>	X	X
<i>Folsomides</i>	X	
<i>Friesea</i>	X	X
<i>Gisinurus</i>	X	X
<i>Heteromurus</i>	X	X
<i>Hypogastrura</i>	X	X
<i>Isotomurus</i>	X	X
<i>Lepidocyrtus</i>	X	X
<i>Megalothorax</i>	X	
<i>Mesogastrura</i>	X	X
<i>Orchesella</i>	X	X
<i>Pachyotoma</i>	X	X
<i>Parisotoma</i>	X	X
<i>Protaphorura</i>	X	X
<i>Pseudachorutes</i>	X	X
<i>Pseudisotoma</i>	X	X
<i>Pseudosinella</i>	X	X
<i>Pygmarrhopalites</i>	X	X
<i>Schaefferia</i>	X	X
<i>Sminthurides</i>	X	
<i>Sminthurinus</i>	X	X
<i>Sphaeridia</i>	X	
<i>Tetracanthella</i>	X	X
<i>Uzelia</i>	X	
<i>Xenylla</i>	X	X
Total géneros	31	24

Ese razonamiento no puede aplicarse a otras especies abundantes entre mayo y octubre (*Orchesella colluvialis* Jordana y Baquero, 2017, *Lepidocyrtus paralignorum* Baquero y Jordana, 2021, *Entomobrya guadarramensis* Jordana y Baquero, 2021, *E. ledesmai*) ya que son especies que, en ningún momento, se han detectado en superficie. El descenso de su abundancia (en el MSS) entre mayo y octubre debe obedecer a otras razones, quizá a ciclos biológicos adaptados a los cambios de temperatura o a la disponibilidad de alimento (Ledesma et al. 2020; Nitzu et al. 2014).

Si se consideran los grupos taxonómicos subordinados a Collembola (concretamente órdenes y familias, pues son los que reúnen abundancias que permiten realizar una comparación), puede afirmarse que: Entomobryomorpha descende en ejemplares en el segundo periodo; Poduromorpha se comporta de diferente modo según sea la familia, disminuyendo los Hypogastruridae y aumentando los Onychiuridae; Symphypleona, en general, aumenta considerablemente, aunque hay una familia (Sminthuridae) que sufre un descenso apreciable.

Tabla 2. Listado total de especies halladas en el muestreo, en los dos periodos, ordenadas por abundancia para la primera extracción de las trampas. El símbolo * indica que es una especie descrita como nueva en relación con el proyecto y las publicaciones derivadas del mismo. Las especies no identificadas hasta nivel de especie eran juveniles o especímenes dañados.

Table 2. Total list of species found in the sampling, in both periods, ordered by abundance for the first extraction of the traps. The symbol * indicates that it is a species described as new in relation to the project and the publications derived from it. Species not identified to species level were juveniles or damaged specimens.

Especies	mayo-octubre	octubre-mayo	Total
<i>Hypogastrura meridionalis</i> (Steiner, 1955)	7230	32	7262
* <i>Orchesella colluvialis</i> Jordana y Baquero, 2017	7150	575	7725
* <i>Lepidocyrtus paralignorum</i> Baquero y Jordana, 2021	6480	8	6488
* <i>Entomobrya guadarramensis</i> Jordana y Baquero, 2021	5455	202	5657
* <i>Entomobrya ledesmai</i> Jordana y Baquero, 2021	4109	0	4109
* <i>Pseudosinella valverdei</i> Baquero y Jordana, 2021	2505	1512	4017
* <i>Orchesella mesovoides</i> Jordana y Baquero, 2017	1982	178	2160
* <i>Pygmarrhopalites custodum</i> Baquero y Jordana, 2021	1531	4801	6332
<i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	1302	2435	3737
<i>Xenylla schillei</i> Börner, 1903	1066	2	1068
* <i>Pseudosinella gonzaloi</i> Baquero y Jordana, 2021	906	0	906
<i>Xenylla marítima</i> Tullberg, 1869	615	26	641
* <i>Pachytoma penalarensis</i> Baquero y Jordana, 2021	538	510	1048
<i>Lepidocyrtus tellecheae</i> Arbea y Jordana, 1990	347	3	350
* <i>Lepidocyrtus labyrinthi</i> Baquero y Jordana, 2021	280	2687	2967
<i>Gisinurus malatestai</i> Dallai, 1970	228	2	230
<i>Protaphorura subparallata</i> (Selga, 1962)	227	3410	3637
<i>Tetracanthella proxima</i> Steiner, 1955	215	9	224
<i>Pseudosinella simoni</i> Jordana y Baquero, 2007	137	7	144
<i>Pseudisotoma monochaeta</i> (Kos, 1942)	61	355	416
<i>Xenylla lotharingiae</i> Thibaud, 1963	45	0	45
* <i>Allacma cryptica</i> Baquero y Jordana, 2021	45	0	45
<i>Hypogastrura affinis</i> Lucas, 1846	38	0	38
<i>Protaphorura valsainiensis</i> (Acón, 1981)	37	0	37
<i>Entomobrya albocincta</i> (Templeto, 1836)	24	0	24
* <i>Lepidocyrtus purgatori</i> Baquero y Jordana, 2021	22	0	22
<i>Pygmarrhopalites elegans</i> (Cassagnau y Delamare Deboutteville, 1953)	27	0	27
<i>Lepidocyrtus lusitanicus nigrus</i> Simón, 2007	19	0	19
<i>Protaphorura florum</i> Simón y Lucíañez, 1994	18	0	18
* <i>Schaefferia sendrai</i> Jordana y Baquero, 2020	12	5	17
<i>Protaphorura spinoidea</i> Steiner, 1955	11	0	11
<i>Xenylla nitida</i> Tullberg, 1871	9	0	9
<i>Arrhopalites caecus</i> Tullberg, 1871	9	0	9
* <i>Friesea ortunoi</i> Jordana y Baquero, 2020	8	1	9
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	7	0	7
<i>Folsomia trisetata</i> Jordana y Ardanaz, 1981	5	3	8
<i>Sminthurinus gisini</i> da Gama, 1965	5	0	5
<i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	5	0	5
<i>Isotomurus</i> sp.	4	2	6
<i>Xenylla mediterranea</i> da Gama, 1964	3	0	3
<i>Dicyrtomina minuta</i> (Fabricius, 1783)	3	0	3
<i>Folsomides portucalensis</i> da Gama, 1961	2	0	2
<i>Uzelia kuhenelti</i> Cassagnau, 1954	2	0	2
<i>Hypogastrura conflictiva</i> Jordana y Arbea, 1992	2	0	2
<i>Bilobella aurantiaca</i> (Caroli, 1912)	2	6	8
<i>Entomobrya nicoleti</i> (Lubbock, 1870)	1	0	1

Especies	mayo-octubre	octubre-mayo	Total
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	1	1	2
<i>Tetracanthella orbaicetensis</i> Cassagnau, 1959	1	0	1
<i>Mesogastrura ojcoviensis</i> (Stach, 1919)	1	1	2
<i>Pseudachorutes palmiensis</i> Börner, 1903	1	3	4
<i>Fasciosminthurus</i> sp.	1	0	1
<i>Sminthurides</i> sp.	1	0	1
<i>Hypogastrura papillata</i> Gisin, 1949	0	2286	2286
* <i>Ceratophysella</i> sp.	0	621	621
<i>Ceratophysella</i> cf. <i>bengtssoni</i> (Ågren, 1904)	0	363	363
<i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock, 1862)	0	49	49
* <i>Pseudosinella impariciliata</i> Baquero y Jordana, 2022	0	54	54
<i>Ceratophysella succinea</i> (Gisin, 1949)	0	11	11
<i>Ceratophysella engadinensis</i> (Gisin, 1949)	0	10	10
<i>Pseudosinella templadoi</i> Simón y Selga, 1977	0	6	6
<i>Caprainea</i> sp.	0	1	1
<i>Ceratophysella</i> cf. <i>gibbosa</i> (Bagnall, 1940)	0	1	1
<i>Folsomia manolachei</i> Bagnall, 1939	0	1	1
<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	0	1	1
<i>Protaphorura glebata</i> (Gisin, 1952)	0	1	1
	42 735	20 181	62 916

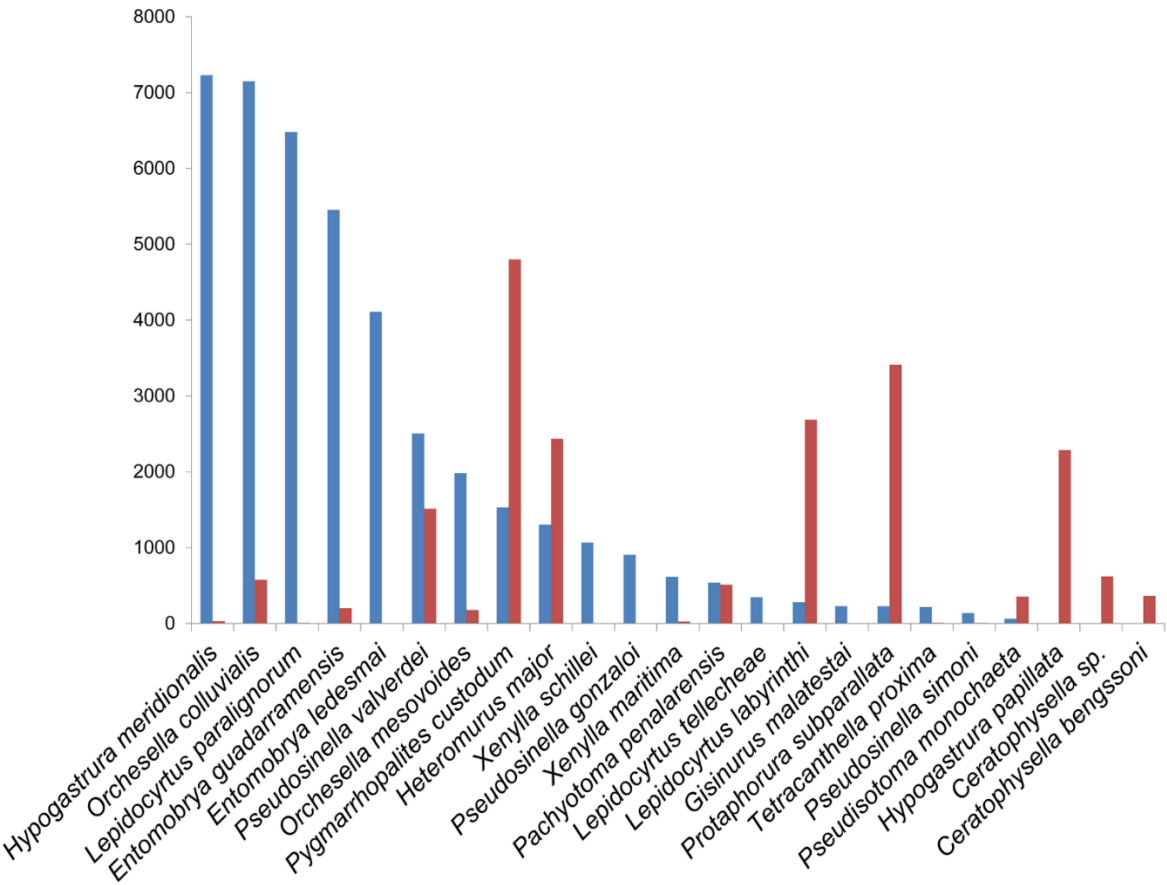


Figura 3. Abundancia de las especies encontradas en un número mayor de 100 ejemplares, para los dos periodos del muestreo. Se presentan los datos de los dos periodos juntos para cada especie, con el fin de ver la evolución estacional de su abundancia. Barra azul, periodo mayo-octubre de 2015; barra roja, periodo octubre-mayo de 2016.

Figure 3. Abundance of species found in numbers greater than 100 specimens, for the two sampling periods. Data for the two periods are presented together for each species to show the seasonal evolution of their abundance. Blue bar, May-October 2015 period; red bar, October-May 2016 period.

Respecto a la distribución espacial (geográfica) de las especies halladas en este estudio, tomamos como ejemplo algunas de las que fueron novedosas para la ciencia. Sin duda, todas ellas son estenotópicas, pero con diferente representación en el medio subterráneo según lo observado en el estudio. Sorprende el hecho de que el descubrimiento de algunas de las nuevas especies no sólo estuviese acompañado de registros que informaban de su elevada abundancia, sino también de una amplia distribución a lo largo del área de estudio. Dos ejemplos de la notable prevalencia de estas especies en el P.N. de la Sierra de Guadarrama son *Orchesella colluvialis* y *Lepidocyrtus paralignorum* (Figs. 4A, B). En otros casos la elevada abundancia no se corresponde con una distribución amplia en la zona, como sucede con *Entomobrya ledesmai*, presente de forma puntual en dos de los tres ramales montañosos del área de estudio (Fig. 4C), e incluso se encontraron casos como el de *Pachytoma penalarensis*, hallada en un solo enclave, aunque de forma muy abundante (Fig. 4C). Y, por último, reconocemos otras especies con muy baja abundancia, sumado a una presencia muy localizada. Tal es el caso de *Lepidocyrtus purgatori* (en un enclave del ramal de Cuerda Larga), *Schaefferia sendrai* (en un enclave del ramal de Montes Carpetanos) y *Friezea ortunoi* (en un enclave del ramal Siete Picos – La Mujer Muerta) (Fig. 4D).

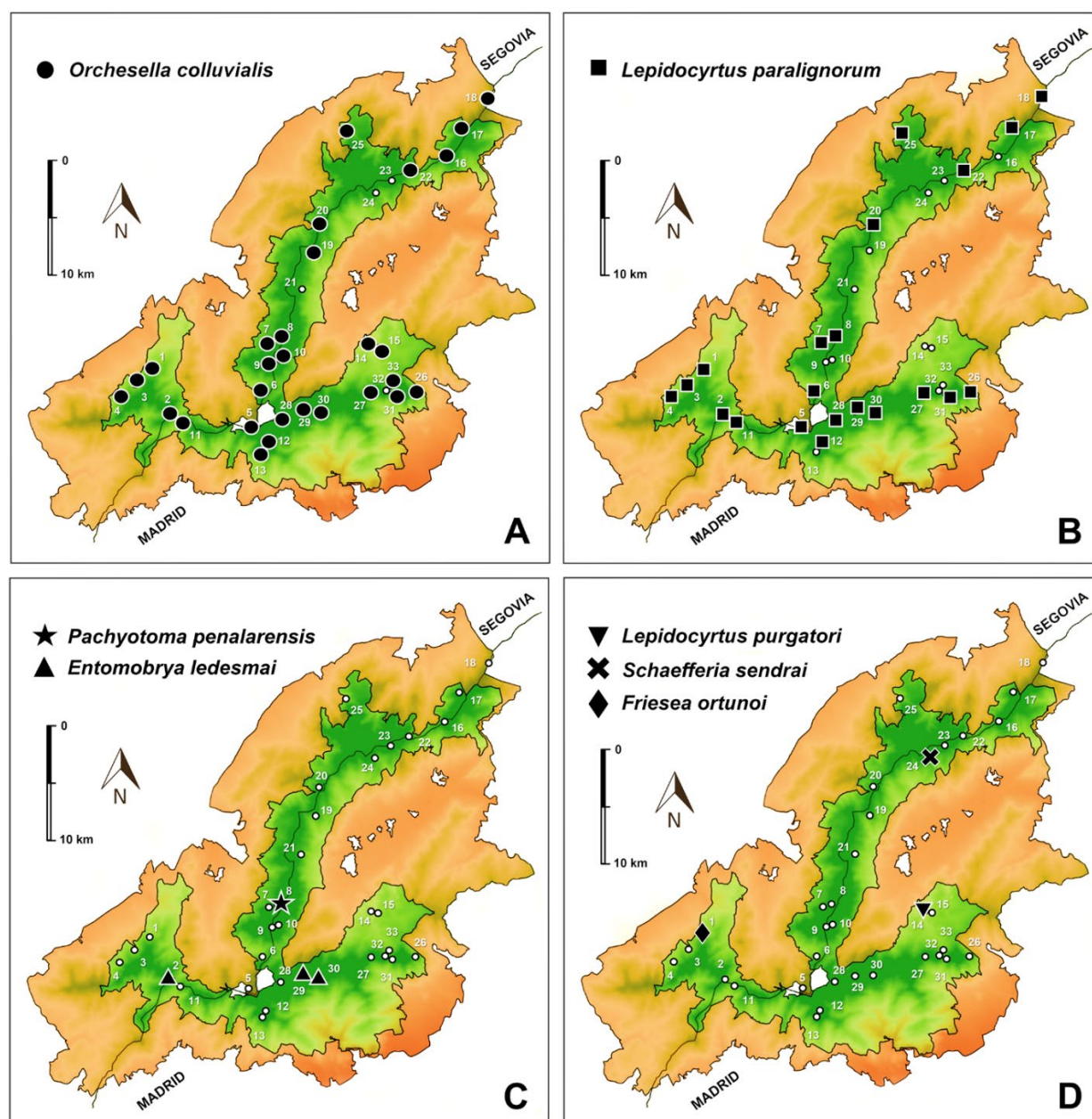


Figura 4. Distribución geográfica de algunas especies de Collembola descubiertas en el Medio Subterráneo Superficial del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Amplia distribución y elevada abundancia: A) *Orchesella colluvialis* y B) *Lepidocyrtus paralignorum*. Modesta distribución y elevada abundancia: C) *Entomobrya ledesmai*. Distribución puntual y elevada abundancia: C) *Pachytoma penalarensis*. Distribución puntual y escasa abundancia: D) *Lepidocyrtus purgatori*, *Schaefferia sendrai* y *Friezea ortunoi*.

Figure 34. Geographical distribution of some Collembola species discovered in the Superficial Subterranean Environment of the Sierra de Guadarrama National Park. Wide distribution and high abundance: A) *Orchesella colluvialis* and B) *Lepidocyrtus paralignorum*. Modest distribution and high abundance: C) *Entomobrya ledesmai*. Localized distribution and high abundance: D) *Pachytoma penalarensis*. Localized distribution and low abundance: E) *Lepidocyrtus purgatori*, *Schaefferia sendrai*, and *Friezea ortunoi*.

Para concluir, cabe decir que la biología de la fauna del MSS no es demasiado conocida, pero los requerimientos tróficos del taxón Collembola pueden ayudar a entender algunas cuestiones sobre la presencia de la fauna en ese medio. Al ser los Collembola principalmente fungívoros dependen de la presencia de materia orgánica que pueda ser utilizada por los hongos del suelo como alimento (Hopkin 1997). La disponibilidad de esa fuente de alimento debe ser clave para explicar la presencia de más o menos especies, y en mayor o menor abundancia, en el suelo. Un depósito coluvial con vegetación encima (aunque sea dispersa), o cercana en su perímetro, y la actividad de ganado (caballos en las zonas altas) o grandes herbívoros silvestres (la cabra montesa es abundante en gran parte del macizo) suponen un aporte de materia orgánica muy aprovechable por los hongos. Esa materia orgánica percola entre las rocas que forman el coluvial y alimentan su cadena trófica (Rendoš et al. 2020).

Por otro lado, se deben considerar las fluctuaciones de temperatura que acontecen a lo largo del año (Ortuño et al. 2013; Nae y Băncilă 2017). En las zonas estudiadas, todas a altitudes importantes, la presencia de nieve supone un cambio notable en las condiciones ambientales del MSS a 1 m de profundidad, donde se producen las capturas. Es verdad que la humedad no parece cambiar mucho a lo largo del año (Nitzu et al. 2014), pero seguro que las especies tienen distintos requerimientos respecto a la temperatura, lo que podría explicar la diferencia de abundancia en los distintos periodos.

Este estudio indica que el MSS coluvial tiene una composición particular de especies para el taxón Collembola, demostrando que el MSS no debería ser considerado un mero ecotono (Gers 1998) entre la superficie y el ecosistema subterráneo profundo, sino un hábitat perfectamente diferenciado (ver Baquero et al. 2017, 2021b).

Agradecimientos

Son muchas las personas que hay implicadas en un proyecto de investigación como fue el “Estudio de la diversidad y distribución de las especies animales residentes en el Medio Subterráneo Superficial de enclaves de alta montaña (P. N. de la Sierra de Guadarrama)” (Ref. - 1143/2014), financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales de España. Sería muy prolijo citar a todas y cada una de las personas que han intervenido de un modo u otro en la consecución de los objetivos fijados. Sin embargo, sí que queremos hacer expresa mención de los colectivos intervinientes. En primer lugar, al personal del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama que amablemente nos ayudó con las solicitudes de permisos y demás trámites, y también colaboró en el trabajo de campo. Y, sin duda, también tenemos una deuda de gratitud con otros investigadores, así como con algunos estudiantes de biología, pues ambos grupos de trabajo colaboraron de forma activa, y decisiva, en la construcción de los dispositivos de muestreo, su instalación en los enclaves seleccionados, la colecta de las muestras y el triaje de ellas en el laboratorio.

Referencias

- Acon, M. 1981. *Onychiurus valsainensis* nov. sp. de colémbolo de la Sierra de Guadarrama. *Eos* (55–56): 7–10.
- Arenas, R., Fúster, J.M., González Lodeiro, F., Macaya, J., Martín Parra, L.M., Martínez Catalán, J.R., Villaseca, C. 1991. Evolución metamórfica hercínica de la región de Segovia (Sierra de Guadarrama). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 4(3–4): 195–201.
- Baquero, E., Jordana, R. 2022. Collembola from two samplings in the MSS of the Sierra de Guadarrama National Park in two different seasons, with description of two new species. *Insects* 13, 1025: 1–17. <https://doi.org/10.3390/insects13111025>
- Baquero, E., Ledesma, E., Gilgado, J.D., Ortuño, V.M., Jordana, R. 2017. Distinctive Collembola communities in the Mesovoid Shallow Substratum: first data for the Sierra de Guadarrama National Park (Central Spain) and a description of two new species of *Orchesella* (Entomobryidae). *PLoS ONE* 12(12): e0189205: 1–32. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189205>
- Baquero, E., Jordana, R., Ortuño, V.M. 2021a. Distinctive Collembola Communities in the Mesovoid Shallow Substratum: Entomobryomorpha of the Sierra de Guadarrama National Park (Central Spain). *Zoosystema* 43(3): 37–78. <https://doi.org/10.5252/zoosystema2021v43a3>
- Baquero, E., Jordana, R., Ortuño, V.M. 2021b. Neelipleona and Symphypleona (Collembola) from a Sampling in the Mesovoid Shallow Substratum of the Sierra de Guadarrama National Park (Madrid and Segovia, Spain): Taxonomy and Biogeography. *Insects* 12, 266: 1–22. <https://doi.org/10.3390/insects12030266>
- Bonet, F. 1929. Estudios sobre Colémbolos de España. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 15: 791–798.
- Cassagnau, P. 1954. Collemboles de France et d'Espagne. I. Isotomidae. *Vie et Milieu* 4(4): 613–624.
- Cassagnau, P. 1955. Sur un essai de classification des Neanuridae holarctiques et sur quelques espèces de ce groupe (Collembola). *Revue Française d'Entomologie* 22(2): 134–163.
- Díaz Martínez, E. 2005. *Paseos por la Geología Madrileña 1. Itinerario Geológico por el norte de la Comunidad de Madrid*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, España. 30 pp.
- Gama, M.M. 1959. Contribuição para o estudo dos Colémbolos de Portugal Continental. *Memórias e estudos do Museu Zoológico da Universidade de Coimbra* 260: 1–33.
- Gers, C. 1998. Diversity of energy fluxes and interactions between arthropod communities: from soil to cave. *Acta Oecologica*, 19(3): 205–213. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(98\)80025-8](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(98)80025-8)
- Gisin, H. 1960. *Collembolenfauna Europas*. Museum d'histoire Naturelle, Genève, Suisse. 312 pp.
- Hopkin, S.P. 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press, Inc., New York. USA. 330 pp.
- Jordana, R., Baquero, E. 2007. New species of *Pseudosinella* Schäffer, 1897 (Collembola, Entomobryidae) from Spain. *Zootaxa* 1465: 1–14.
- Jordana, R., Baquero, E., Ledesma, E., Sendra, A., Ortuño, V.M. 2020. Poduromorpha (Collembola) from a sampling in the mesovoid shallow substratum of the Sierra de Guadarrama National Park (Madrid and Segovia, Spain): Taxonomy and Biogeography. *Zoologischer Anzeiger* 285: 81–96. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2020.02.001>
- Juberthie, C., Delay, D., Bouillon, M. 1980. Extension du milieu souterrain en zone non calcaire: description d'un nouveau milieu et de son peuplement par les Coléoptères troglodytes. *Mémoires de biospéologie* 7: 19–52.
- Ledesma, E., Jiménez-Valverde, A., Baquero, E., Jordana, R., de Castro, A., Ortuño, V.M. 2020. Arthropod biodiversity patterns point to the Mesovoid Shallow Substratum (MSS) as a climate refugium. *Zoology* 141: 125771. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.125771>

- Ley 7/2013, de 25 de junio, de declaración del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Jefatura del Estado. *Boletín Oficial del Estado* 152 (26 de junio de 2013). <https://www.boe.es/eli/es/l/2013/06/25/7>
- Luciáñez, M.J., Simón, J.C. 1991. Estudio de la variación estacional de la colembiofauna en suelos de alta montaña en la Sierra de Guadarrama (Madrid). *Miscelánea Zoológica* 15: 103-113.
- Luciáñez, M.J., Simón, J.C. 1995. Estudio de la dinámica poblacional de la colembiofauna en suelos de pinar de la sierra de Guadarrama. *Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, pp: 425-432.
- Mammola, S., Giachino, P.M., Piano, E., Jones, A., Barberis, M., Badino, G., Isaia, M. 2016. Ecology and sampling techniques of an understudied subterranean habitat: the Milieu Souterrain Superficiel (MSS). *The Science of Nature* 103: 1-24.
- Nae, I., Băncilă, R.I. 2017. Mesovoid shallow substratum as a biodiversity hotspot for conservation priorities: analysis of oribatid mite (Acari: Oribatida) fauna. *Acarologia*, 57(4): 855-868. <https://doi.org/10.24349/acarologia/20174202>
- Nitzu, E., Nae, A., Băncilă, R., Popa, I., Giurginca, A., Plăiașu, R. 2014. Scree habitats: ecological function, species conservation and spatial-temporal variation in the arthropod community. *Systematics and Biodiversity* 12(1): 65-75.
- Ortuño, V.M., Jiménez-Valverde, A. 2024. Fauna del medio subterráneo superficial (MSS) en la península ibérica. *Ecosistemas* 33(2): 2729. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2729>
- Ortuño, V.M., Gilgado, J.D., Jiménez-Valverde, A., Sendra, A., Pérez-Suárez, G., Herrero Borgoñón, J.J. 2013. The "Alluvial Mesovoid Shallow Substratum", a new subterranean habitat. *PLoS ONE* 8(10): e76311. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076311>
- Ortuño, V.M., Barranco, P., Jiménez-Valverde, A., Sendra, A. 2020. El relicto glacial *Leistus (Pogonophorus) puncticeps* Fairmaire & Laboulbène, 1854 (Coleoptera, Carabidae): nuevos datos sobre distribución, autoecología y presencia en el Medio Subterráneo Superficial (MSS). *Graellsia* 76(1): e107. <https://doi.org/10.3989/graeellsia.2020.v76.255>
- Ortuño, V.M., Jiménez-Valverde, A., Baquero, E., Jordana, R., Ledesma, E., Pérez-Suárez, G., Sendra, A., et al. 2022. Fauna del medio subterráneo superficial (MSS) en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (España). pp: 49-76. En: Amengual, P. (coord.). *Proyectos de investigación en Parques Nacionales: 2015-2019*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid, España. 407 pp.
- Pedraza de, J., Carrasco, R.M. 2005. El glaciario Pleistoceno del Sistema Central. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 13(3): 278-288. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/ECT/issue/archive>
- Rendoš, M., Miklisová, D., Kováč, L., Mock, A. 2020. Dynamics of Collembola (Hexapoda) in a forested limestone scree slope, Western Carpathians, Slovakia. *Journal of Cave & Karst Studies* 82(1): 18-29. <https://doi.org/10.4311/2018LSC0140>
- Selga, D. 1961. Colémbolos de la Región Santanderina. *Miscelánea Zoológica* 1(4): 3-16.
- Selga, D. 1962a. Tres especies nuevas de colémbolos del puerto de Navacerrada (Guadarrama). *Publicaciones del Instituto de. Biología Aplicada* 33: 33-41.
- Selga, D., 1962b. *Proisotoma* (Collembola) de los suelos de Guadarrama con descripción de una nueva especie del mismo género. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. (Sección Biológica)* 60: 69-76.
- Selga, D. 1963. Cuatro especies nuevas de Colémbolos de la Sierra de Guadarrama. *Publicaciones del Instituto de. Biología Aplicada* 35: 83-96.
- Selga, D. 1966a. Anuroforinos de la Península Ibérica. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica)* 65: 335-350.
- Selga, D. 1966b. Descripción y comentarios ecológicos de cuatro nuevas especies de Colémbolos. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica)* 64: 145-160.
- Selga, D. 1971. Catálogo de los colémbolos de la Península Ibérica. *Graellsia* 24: 133-283.
- Simón, J.C. 1971. Estudio de los colémbolos muscícolas de un roquedo de la Sierra de Guadarrama. *Graellsia* 27: 103-131.
- Simón, J.C. 1973. Descripción de una nueva especie de *Friesea* Dalla Torre, 1895 (Collembola). *Eos* 49: 273-279.
- Simón, J.C. 1976. Dos nuevas especies de Colémbolos de la Sierra de Guadarrama. *Eos* 52: 243-253.
- Simón, J.C. 1978. Descripción de *Pseudosinella selgae* nov. sp. y nuevas citas de *P. templadoi* procedentes de suelos de la Península Ibérica (Collembola). *Eos* 52: 235-241.
- Simón, J.C. 1979. Dos nuevas especies de Pseudachorutinae de España. *Eos* 55-56: 219-225.
- Simón, J.C., Ruiz, M., Martín, J., Luciáñez, M.J. 1994. Descripción de dos taxones *Mesaphorura florum* n. sp. y *Mesaphorura arbei* n. sp. (Collembola, Tullbergiinae) de la Sierra de Guadarrama. *Nouvelle Revue d'Entomologie (Nouvelle Série)* 11(1): 61-66.
- Steiner, W. 1955. Beiträge zur Kenntnis der Collembolenfauna Spaniens. *Eos* 31: 323-335.
- Uéno, S.I. 1980. The anophthalmic trechine beetles of the group of *Trechima ohshimai*. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, Serie A* 6(4): 195-274.
- Uéno, S.-I. 1981. New anophthalmic Trechima (Coleoptera, Trechini) from northern Shikoku, Japan. *Journal of the speleological Society of Japan* 6: 11-18.
- Vialette, Y., Casquet, C., Fúster, J.M., Ibarrola, E., Navidad, M., Peinado, M., Villaseca, C. 1987. Geochronological study of orthogneisses from the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System). *Neues Jahrbuch für Mineralogie -Monatshefte* 10: 465-479.