

Diversidad de isópodos terrestres (Isopoda, Oniscidea) asociados a diferentes microhábitats saproxílicos

Woodlice diversity (Isopoda, Oniscidea) associated with different saproxylic microhabitats

JOSÉ MARMANEU¹, ERNESTO RECUERO², IVÁN BALLESTER¹ Y ESTEFANÍA MICÓ¹

1. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO), Universidad de Alicante; ctra. San Vicente del Raspeig, 03690, San Vicente del Raspeig, Alicante (Spain).

2. Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC; calle José Gutiérrez Abascal, 2, 28006, Madrid (Spain).

Recibido: 05-08-19. Aceptado: 21-11-19.
ISSN: 0210-8984

Publicado online: 04-12-2019.

RESUMEN

Este trabajo se centra en el estudio de la diversidad de isópodos terrestres (Isopoda, Oniscidea) en dos microhábitats saproxílicos: oquedades de árboles maduros y madera muerta en suelo, así como en la distribución espacial y temporal de las especies registradas. El estudio se realizó en tres áreas naturales del sur de la provincia de Salamanca dominadas por *Quercus pyrenaica* Willd. Se dispusieron trampas de emergencia en los dos microhábitats saproxílicos revisándose mensualmente durante un año completo. En total se recolectaron 3692 individuos identificados en 5 especies. La madera muerta en suelo presentó una riqueza de especies superior a las oquedades, mientras que estas últimas registraron una mayor abundancia. *Porcellio scaber* fue la especie más abundante en las 3 áreas y en los dos microhábitats, si bien mostró preferencia por las oquedades para hibernar. Las Sierras de Béjar y Francia resultó el área natural con mayor número de especies. El estudio de la distribución temporal de las 2 especies principales, *P. scaber* y *P. ingenuus*, indicó que no existe solapamiento entre los máximos de actividad de ambas especies. Las dos especies ocuparon preferentemente microhábitats diferentes (*P. scaber* oquedades y *P. ingenuus* madera muerta en suelo) como refugio de invernada en los meses de otoño e invierno emergiendo a principios de primavera en el caso de *P. ingenuus* (abril) y final de primavera y principios de verano en *P. scaber* (mayo-julio).

Palabras clave: Isopoda, Madera muerta en suelo, Oquedades, *Quercus pyrenaica*, Trampas de emergencia, Distribución espacial, Fenología.

ABSTRACT

This work focuses on the study of woodlice diversity (Isopoda, Oniscidea) in two saproxylic microhabitats: hollows of mature trees and downed deadwood, as well as the spatial and temporal distribution of recorded species. The study was carried out in three natural areas in the south of the province of Salamanca dominated by *Quercus pyrenaica* Willd. Emergence traps were placed in the saproxylic microhabitats, collecting monthly for a year. In total, 3692 individuals, identified in 5 species, were collected. Downed deadwood presented a higher species richness than tree hollows, while tree hollows recorded a greater abundance. *Porcellio scaber* was the most abundant species in all 3 areas and two microhabitats, although it showed a preference for tree hollows to hibernate. Las Sierras de Béjar y Francia was the natural area with the highest number of species. The temporal distribution of the 2 main species, *P. scaber* and *P. ingenuus*, did not show overlapping between the maximum activity of both species. The two species preferably occupied different microhabitats (*P. scaber* tree hollows and *P. ingenuus* downed deadwood) as a wintering shelter in autumn and winter, emerging in early spring in the case of *P. ingenuus* (April) and late spring and early summer in *P. scaber* (May-July).

Key words: Isopoda, Downed deadwood, Tree hollows, *Quercus pyrenaica*, Emergence traps, Spatial distribution, Phenology.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los isópodos terrestres (suborden Oniscidea) es de gran relevancia para el análisis de la sostenibilidad y evolución de los ecosistemas (PAOLETTI & HASSALL, 1999; TOPP *et al.*, 2006). Debido a su peculiar biología y sus hábitos tróficos los isópodos terrestres representan uno de los grupos dominantes de macro-descomponedores del suelo, siendo especialmente importantes en la fragmentación inicial del material vegetal y en los ciclos de reciclaje de nutrientes (POLLO ZORITA, 1983; ZIMMER, 2002; GARCIA, 2015).

A pesar del gran desconocimiento general sobre este grupo, en la actualidad existen más de 3500 especies descritas en todo el mundo (SCHMALFUSS, 2003; SCHMIDT, 2008), siendo la cuenca del mediterráneo una de las regiones con mayor diversidad (HORNUNG, 2011). A nivel nacional, los Isopoda de la península ibérica y baleares suponen 216 especies, con un porcentaje de endemidad del 52,7% (CIFUENTES, *com. pers.*). En España, los isópodos están presentes en la mayoría de los ecosistemas terrestres, siendo la humedad el principal factor limitante en su distribución (WARBURG, 1993). Sin embargo, diferentes adaptaciones fisiológicas y comportamentales les han permitido colonizar gran cantidad de microhábitats (HORNUNG, 2011).

En particular, microhábitats saxofílicos como las oquedades presentes en grandes árboles o los restos de madera muerta en el suelo, son ambientes potencialmente importantes para los isópodos, ya que puede servir tanto de alimento (HASSALL *et al.*, 1987; PAOLETTI & HASSALL, 1999), como de refugio (SCHMALFUSS, 1978). En este sentido, estos microhábitats mantienen unos valores más estables de temperatura y humedad que las condiciones ambientales (MICÓ, 2018) lo cual presupone a los isópodos como un grupo relevante en el estudio de los ensamblajes saxofílicos y las dinámicas ecológicas en los microhábitats relacionados con los substratos leñosos (TOPP *et al.*, 2006).

Motivados por la carencia de estudios que incluyan a los isópodos de los ambientes saxofílicos, el objetivo principal de este trabajo fue analizar la diversidad de isópodos terrestres (Isopoda, Oniscidea) en diferentes microhábitats saxofílicos en bosques de *Quercus pyrenaica* Willd. en el oeste Ibérico. Para ello, se analizó su distribución espacial a dos niveles: hábitat (áreas de estudio) y microhábitat (oquedades de árboles maduros y madera muerta en suelo). Asimismo, se analizó la fenología de las especies más abundantes en relación con los dos microhábitats saxofílicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en diferentes bosques maduros de roble melojo, *Quercus pyrenaica*, situados en tres áreas naturales de la provincia de Salamanca (oeste ibérico): El Rebollar, Las Quilamas y Las Sierras de Béjar y Francia (Tabla I). En su conjunto, las tres áreas constituyen una de las zonas más extensas de bosque de roble melojo en la península ibérica (RAMILO *et al.*, 2017). El clima predominante en la región es el mediterráneo continental, definido por la existencia de unos veranos cálidos y secos e inviernos fríos y húmedos (BLONDEL *et al.*, 2010). La precipitación media anual ronda los 450-650 mm (LLORENTE-PINTO, 2011), incluyendo un periodo de sequía estival necesario para la existencia del roble melojo (GARCÍA & JIMÉNEZ, 2009). El terreno es predominantemente silíceo, también necesario para el asentamiento del melojo, acompañado en el dosel arbóreo por especies como el castaño, *Castanea sativa* Mill. o el madroño, *Arbutus unedo* L., y en el sustrato arbustivo por orlas retamales silíceas compuestas por *Cytisus scoparius* (L.) Link o *Genista florida* L. y brezales de *Erica australis* L. o *Erica arborea* L. (GARCÍA & JIMÉNEZ, 2009).

Tabla I: Tipo y número de trampas utilizadas en cada zona de muestreo (TO: número de trampas de oquedad; TT: número de trampas de madera muerta en suelo).

Table I: Type and traps number used in each sampling area (TO: tree hollows traps; TT: downed deadwood traps).

Área Natural	Coordenadas	Hectáreas	TO	TT
El Rebollar	(40°22'55"N 6°37'34"W)	50.040	18	39
Las Quilamas	(40°33'37"N 5°59'10"W)	11.000	30	20
Las Sierras de Béjar y Francia	(40°30'46"N 5°52'30"W)	32.300	0	24
Total		83.340	48	83

Para la recolección de los ejemplares se utilizaron dos tipos de trampas de emergencia: en oquedades de árboles maduros (en adelante TO) y en madera muerta presente en suelo (en adelante TT). Este tipo de trampas constituye un método cuantitativo, absoluto y no destructivo que permite la recolección de las especies que habitan estos microhábitats (QUINTO *et al.*, 2013). Este tipo de trampas impide la entrada de individuos del exterior y recolecta por lo tanto aquellos ejemplares que ya se encontraban dentro del microhábitat en el momento de la instalación. En el caso de las oquedades (TO), se colocó una malla acrílica negra cubriendo la totalidad de la oquedad (QUINTO *et al.*, 2013). Las TT consistieron en una malla colocada entorno al resto de madera muerta del suelo, revistiendo y embolsando una longitud máxima de 60 cm del resto leñoso. En ambos casos en el extremo de las trampas se ubicó como única vía de escape un bote colector con líquido conservante (propilenglicol) y alcohol, a modo de atrayente (Fig. 1). En todos los casos las trampas se instalaron al final del invierno para detectar la emergencia de los ejemplares a lo largo de los meses posteriores.

Las trampas fueron colocadas en las 3 zonas citadas previamente durante 3 años de muestreo independientes, recolectando mensualmente los individuos de los botes colectores. El año 2012-2013 fueron colocadas 27 TO en Las Quilamas, mientras que en el año 2014-2015 se instalaron 21 TO, de las cuales 3 fueron situadas en Las Quilamas y 18 en El Rebollar. Todas las TT fueron colocadas durante el año 2017-2018: 39 en El Rebollar, 20 en Las Quilamas y 24 en Las Sierras de Béjar y Francia (Tabla I). Todo el material recolectado se encuentra depositado en la colección entomológica de la Universidad de Alicante (CEUA), en el Instituto de investigación CIBIO.



Fig. 1. Izquierda: trampa de emergencia para oquedades (TO). Derecha: trampa de emergencia para madera muerta en el suelo (TT). Fotos E. Micó.

Fig. 1. Left: emergence trap for tree hollows (TO). Right: emergence trap for downed dead-wood (TT). Photos E. Micó.

Análisis de los datos

La completitud del muestreo realizado con cada tipo de trampa y área natural se ha reportado como el porcentaje de especies observadas en relación con el número de especies predichas por el estimador de cobertura de la muestra de CHAO & JOST (2012). Este análisis se realizó con el programa SPADE (CHAO & SHEN, 2010).

Para evaluar las diferencias en la riqueza de especies colectada entre ambos tipos de microhábitats (madera muerta en suelo y oquedades de los árboles), se utilizaron las curvas de extrapolación y rarefacción basadas en el tamaño de muestra (R/E) (CHAO & JOST, 2012). De igual modo, se analizó la riqueza de especies registradas en TT para las diferentes áreas naturales. Los análisis fueron realizados con el programa iNEXT (CHAO & CHIU, 2016).

Asimismo, con el fin de detectar la preferencia de las distintas especies por cada microhábitat se comparó la abundancia de las especies en cada microhábitat mediante la prueba de U-Mann Whitney. Este test se aplicó a las especies más abundantes, utilizándose para ello el programa STATISTICA (STATSOFT Inc., 2004).

RESULTADOS

Relación de especies

Se identificaron un total de 3692 individuos pertenecientes a 5 especies, 4 géneros y 3 familias.

Familia Porcellionidae Brandt & Ratzeburg, 1831

Porcellio scaber Latreille, 1804

Material estudiado: El Rebollar, Agallas, 2-IV-2014, 1 ♀ y 1 ♂; 6-V-2014, 1 ♀ y 3 ♂♂; 4-VI-2014, 1 ♀ y 1 ♂; 1-VII-2014, 2 ♀♀ y 1 ♂; 6-VIII-2014, 6 ♀♀ y 1 ♂; 6-X-2014, 1 ♀, CEUA. Cespedosa, 2-V-2017, 6 ♀♀ y 5 ♂♂; 5-VI-2017, 2 ♀♀ y 2 ♂♂; 4-VII-2017, 3 ♀♀, 2 ♂♂ y 4 inmaduros; 1-VIII-2017, 2 ♀♀ y 3 ♂♂; 4-IX-2017, 1 inmaduro; 2-X-2017, 5 ♀♀, 1 ♂ y 1 inmaduro; 11-XII-2017, 1 ♀ y 1 ♂, CEUA. Finca Posadilllas (El Sahugo), 2-V-2017, 9 ♀♀, 3 ♂♂ y 3 inmaduros; 5-VI-2017, 8 ♀♀ y 8 ♂♂; 4-VII-2017, 25 ♀♀, 14 ♂♂ y 15 inmaduros; 1-VIII-2017, 1 ♂ y 7 inmaduros; 4-IX-2017, 1 ♀ y 22 inmaduros; 2-X-2017, 1 ♀ y 4 inmaduros; 6-XI-2017, 2 ♀♀, 1 ♂ y 2 inmaduros; 22-I-2018, 1 ♀; 17-IV-2018, 2 ♀♀, CEUA. Finca La Genestosa (Navasfrías), 2-IV-2014, 7 ♀♀ y 2 ♂♂; 6-V-2014, 4 ♀♀ y 1 ♂; 4-VI-2014, 6 ♀♀ y 7 ♂♂; 1-VII-2014, 12 ♀♀ y 2 ♂♂; 6-VIII-2014, 5 ♀♀; 9-IX-2014, 1 ♂; 6-X-2014, 1 ♀ y 1 ♂, 9-XII-2014, 1 ♀ y 5 ♂♂; 9-I-2015 4 ♀♀ y 3 ♂♂; 5-II-2015, 4 ♀♀ y 2 ♂♂; 9-III-2015, 1 ♀; 2-V-2017, 8 ♀♀ y 3 ♂♂; 5-VI-2017, 3 ♀♀ y 1 ♂; 4-VII-2017, 15 ♀♀, 10 ♂♂ y 12 inmaduros; 1-VIII-2017, 8 ♀♀, 1 ♂ y 25 inmaduros; 4-IX-2017, 3 ♀♀, 1 ♂ y 3 inmaduros; 2-X-2017, 3 inmaduros; 6-XI-2017, 1 inmaduro; 22-I-2018, 1 ♂, CEUA. Peñaparda, 2-IV-2014, 2 ♀♀ y 2 inmaduros; 6-V-2014, 5 ♀♀ y 8 ♂♂; 4-VI-2014, 2 ♀♀, 5 ♂♂ y 1 inmaduro; 1-VII-2014, 5 ♀♀ y 1 ♂; 6-VIII-2014, 2 ♀♀; 9-IX-2014, 1 ♂; 6-X-2014, 1 ♂, 9-XII-2014, 2 ♂♂ y 1 inmaduro; 5-II-2015, 1 ♀; 9-III-2015, 1 ♀, 1 ♂ y 2 inmaduros, CEUA. Villarejo, 2-V-2017, 6 ♀♀, 1 ♂ y 7 inmaduros; 5-VI-2017, 2 ♂♂; 4-VII-2017, 4 ♀♀, 4 ♂♂ y 22 inmaduros; 1-VIII-2017, 1 ♂ y 7 inmaduros; 2-X-2017, 1 ♂; 6-XI-2017, 1 ♀; 22-I-2018, 1 ♂; 28-II-2018, 1 ♀, CEUA. Villasrubias, 2-IV-2014, 2 ♀♀ y 5 ♂♂; 6-V-2014, 19 ♀♀, 20 ♂♂ y 6 inmaduros; 4-VI-2014, 1 ♀ y 2 ♂♂; 1-VII-2014, 9 ♀♀ y 1 ♂; 6-VIII-2014, 5 ♀♀; 9-IX-2014, 5 ♀ y 1 ♂; 1-XI-2014, 2 ♂♂; 9-III-2015, 1 inmaduro; 2-V-2017, 23 ♀♀ y 32 ♂♂; 5-VI-2017, 44 ♀♀, 86 ♂♂ y 3 inmaduros; 4-VII-2017, 19 ♀♀ y 13 ♂♂; 1-VIII-2017, 9 ♀♀, 12 ♂♂ y 2 inmaduros; 4-IX-2017, 7 ♀♀ y 4 ♂♂; 2-X-2017, 9 ♀♀, 9 ♂♂ y 4 inmaduros; 6-XI-2017, 5 ♀♀, 4 ♂♂ y 1 inmaduro; 11-XII-2017, 3 ♀♀, 6 ♂♂ y 1 inmaduro; 22-I-2018, 8

♀♀ y 8 ♂♂, CEUA. Las Quilamas, Bastida, 27-IV-2012, 79 ♀♀, 49 ♂♂ y 5 inmaduros; 22-V-2012, 232 ♀♀, 241 ♂♂ y 1 inmaduro; 26-VI-2012, 354 ♀♀, 453 ♂♂ y 1 inmaduro; 24-VII-2012, 367 ♀♀, 209 ♂♂ y 1 inmaduro; 21-VIII-2012, 58 ♀♀ y 49 ♂♂; 25-IX-2012, 13 ♀♀ y 13 ♂♂; 22-XI-2012, 1 ♀ y 4 ♂♂; 19-II-2013, 1 ♀ y 1 ♂; 12-IV-2013, 10 ♀♀ y 3 ♂♂; 6-V-2014, 1 ♀; 6-X-2014, 1♀; 2-V-2017, 1 ♀ y 1 ♂; 5-VI-2017, 1♂ y 1 inmaduro; 4-VII-2017, 2 inmaduros; 1-VIII-2017, 1 inmaduro; 6-XI-2017, 2 inmaduros; 17-IV-2018, 1 inmaduro, CEUA. El Cabaco, 2-IV-2014, 8 ♀♀ y 5 ♂♂; 6-V-2014, 48 ♀♀ y 67 ♂♂; 4-VI-2014, 115 ♀♀ y 124 ♂♂; 1-VII-2014, 41 ♀♀ y 74 ♂♂; 6-VIII-2014, 12 ♀♀ y 11 ♂♂; 9-IX-2014, 3 ♀♀ y 2 ♂♂; 6-X-2014, 2 ♀♀ y 1 ♂, 5-II-2015, 1 ♀, CEUA. El Maillo, 5-VI-2017, 1 ♂; 22-I-2018, 1 ♀, CEUA. Escorial de la Sierra, 2-V-2017, 9 ♀♀, 6 ♂♂ y 2 inmaduros; 5-VI-2017, 4 ♂♂ y 1 inmaduro; 4-VII-2017, 2 ♀♀ y 1 ♂; 4-IX-2017, 1 inmaduro, CEUA. Las Sierras de Béjar y Francia, Cerro bajo (El Cerro), 5-VI-2017, 4 ♀♀ y 5 ♂♂; 4-VII-2017, 1 ♀, 2 ♂♂ y 1 inmaduro; 1-VIII-2017, 1 ♀ y 2 ♂♂; 4-IX-2017, 2 inmaduros; 2-X-2017, 1 ♂ y 1 inmaduro, CEUA. Montegordo (Lagunilla), 2-V-2017, 7 ♀♀ y 9 ♂♂; 5-VI-2017, 6 ♀♀ y 3 ♂♂; 4-VII-2017, 2 ♀♀ y 1 ♂; 1-VIII-2017, 1 ♂; 4-IX-2017, 2 ♀♀ y 1 inmaduro; 2-X-2017, 1 ♂ y 1 inmaduro; 6-XI-2017, 1 inmaduro; 22-I-2018, 1 ♀, CEUA. Morrillo (El Cerro), 4-VII-2017, 4 ♀♀ y 1 ♂; 1-VIII-2017, 2 inmaduros; 4-IX-2017, 2 inmaduros; 22-I-2018, 1 ♂, CEUA. Valdelageve, 4-VII-2017, 2 inmaduros; 1-VIII-2017, 1 ♀ y 2 inmaduros, CEUA.

Porcellio ingenuus Budde-Lund, 1885

Material estudiado: El Rebollar, Finca Posadillas (El Sahugo), 2-V-2017, 16 ♀♀, 6 ♂♂ y 3 inmaduros; 5-VI-2017, 1 ♂; 4-VII-2017, 1 ♂; 4-IX-2017, 1 ♀ y 1 inmaduro; 17-IV-2018, 1 ♀, CEUA. Villarejo, 2-V-2017, 5 ♀♀ y 5 ♂♂; 5-VI-2017, 1 ♀ y 1 ♂; 4-VII-2017, 1 ♀; 1-VIII-2017, 1 ♂; 4-IX-2017, 1 inmaduro; 2-X-2017, 1 ♀; 6-XI-2017, 2 ♀♀ y 1 inmaduro; 11-XII-2017, 2 ♀♀; 17-IV-2018, 3 ♀♀, CEUA. Las Quilamas, Bastida, 21-VIII-2012, 1♀; 22-XI-2012, 1 ♀; 2-V-2017, 5 ♀♀ y 1 ♂; 4-VII-2017, 1 ♀; 4-IX-2017, 1 ♀ y 1 ♂; 2-X-2017, 1 inmaduro, CEUA. Las Sierras de Béjar y Francia, Cerro bajo (El Cerro), 5-VI-2017, 1 ♂; 1-VIII-2017, 1 inmaduro; 6-XI-2017, 1 ♂, CEUA. Montegordo (Lagunilla), 5-VI-2017, 1 ♂, CEUA.

Porcellionides sexfasciatus Budde-Lund, 1885

Material estudiado: Las Sierras de Béjar y Francia, Cerro bajo (El Cerro), 4-VII-2017, 1 ♀; 1-VIII-2017, 1 inmaduro, CEUA. Valdelageve, 2-X-2017, 1 ♀, CEUA.

Familia Philosciidae Kinahan, 1857

Chaetophiloscia cf. *elongata* (Dollfus, 1884)

Material estudiado: El Rebollar, Finca La Genestosa (Navasfrias), 6-XI-2017, 1 ♀, CEUA.

Familia Armadillidiidae Brandt, 1833

Eluma caelatum (Miers, 1877)

Material estudiado: Las Sierras de Béjar y Francia, Cerro bajo (El Cerro), 5-VI-2017, 1 ♂; 17-IV-2018, 1 ♂, CEUA. Valdelageve, 2-V-2017, 1 ♂; 6-XI-2017, 1 ♀, CEUA.

Preferencias de microhábitats

Con respecto a las preferencias de las especies por microhábitat, la completitud del muestreo para las trampas de madera muerta en suelo fue de 99,9%, y de 100% para las trampas de oquedades. El microhábitat que ofrece la madera muerta en suelo presentó una riqueza de especies (5) superior a la existente en el microhábitat de las oquedades (2) (Fig. 2). No obstante, el número de individuos totales fue más elevado en las oquedades (2869 individuos) que en la madera muerta del suelo (823 individuos) (Tabla II).

En lo referente a las diferentes especies registradas, *P. scaber* con 3614 individuos fue la especie más abundante (97,9% de las colectadas), seguida por *P. ingenuus* con un total de 70 ejemplares (1,9%). El resto de las especies registraron abundancias inferiores a 5 ejemplares: *Ch.* cf. *elongata* con 1 individuo, *E. caelatum* 4 individuos y *P. sexfasciatus* 3 ejemplares (Tabla II). Cabe destacar, el carácter de primera cita para la provincia de Salamanca de cuatro de las cinco especies: *P. ingenuus*, *Ch.* cf. *elongata*, *E. caelatum* y *P. sexfasciatus* (Fig. 3).

Los resultados mostraron diferencias significativas en la abundancia de *P. scaber* entre los dos tipos de trampas ($U=818.00$, $df=1$, $p< 0,01$), siendo más abundante en las oquedades. Por otro lado, para *P. ingenuus* la tendencia fue inversa, siendo más abundante en la madera muerta en suelo, si bien en este caso las diferencias no resultaron significativas ($U=4.00$, $df=1$, $p=0,071$).

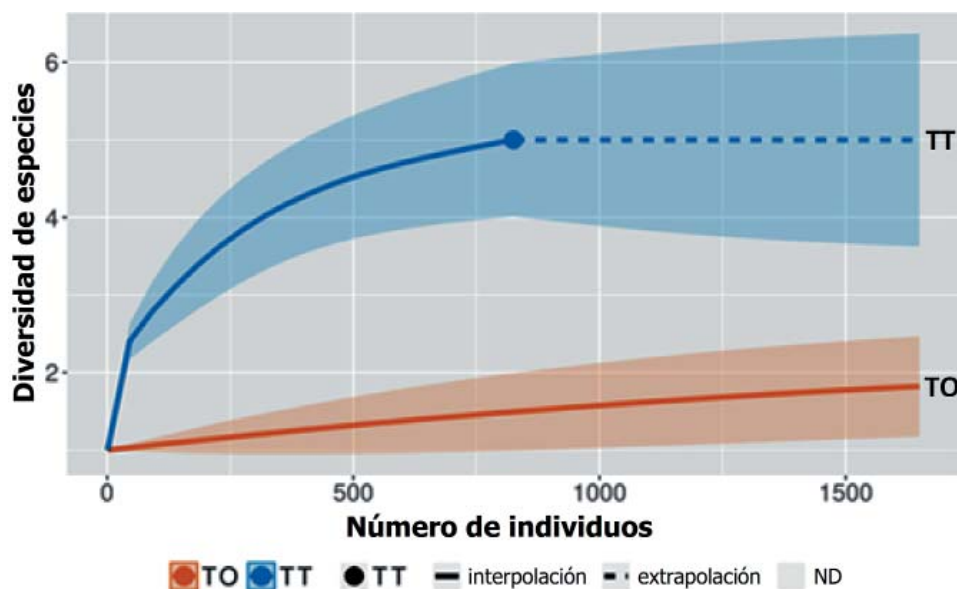


Fig. 2. Representación gráfica de la riqueza de especies en los dos microhábitats saproxílicos. TO= oquedades (naranja), TT= madera muerta en suelo (azul).

Fig. 2. Graphical representation of species richness in the two saproxylic microhabitats. TO= tree hollows (Orange), TT= downed deadwood (blue).

Tabla II: Especies recolectadas y recuento de individuos por tipo de trampa (TO: trampas de oquedad; TT: trampas de madera muerta en suelo).

Table II: Species collected and number of individuals by trap type (TO: tree hollows traps; TT: downed deadwood traps).

Especie	Familia	TO	TT	Total
<i>Chaetophiloscia cf. elongata</i>	Philosciidae		1	1
<i>Eluma caelatum</i>	Armadillidiidae		4	4
<i>Porcellio ingenuus</i>	Porcellionidae	2	68	70
<i>Porcellio scaber</i>	Porcellionidae	2867	747	3614
<i>Porcellionides sexfasciatus</i>	Porcellionidae		3	3
Total		2869	823	3692

Con relación a la distribución espacial de las especies a nivel hábitat y debido a la ausencia de datos de TO en el área natural de Las Sierras de Béjar y Francia, el análisis se realizó exclusivamente con las TT. La

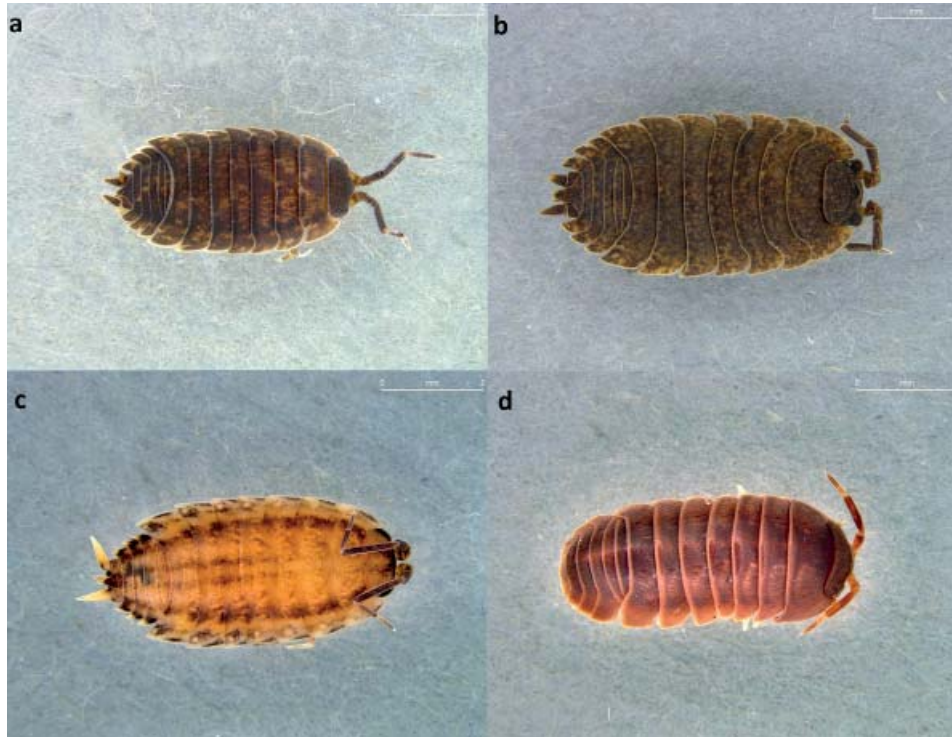


Fig. 3. Imágenes de: a) *Porcellio scaber* (hembra); b) *Porcellio ingenuus* (hembra); c) *Porcellionides sexfasciatus* (hembra); d) *Eluma caelatum* (hembra).

Fig. 3. Images of: a) *Porcellio scaber* (female); b) *Porcellio ingenuus* (female); c) *Porcellionides sexfasciatus* (female); d) *Eluma caelatum* (female).

completitud del muestreo para El Rebollar fue de 99,9% y del 100% para el resto de las zonas. En cuanto a la riqueza de especies Las Sierras de Béjar y Francia fue la zona con mayor número de especies, mostrando diferencias con las otras dos áreas naturales (Fig. 4). Por su parte, El Rebollar constituye el área con mayor abundancia de individuos (83,9% de los individuos totales), seguido de Las Sierras de Béjar y Francia (10%) y Las Quilamas (6%), siendo *P. scaber* la especie más abundante en todas las áreas (Tabla III).

Distribución temporal de las especies

Se analizó la distribución temporal de las dos especies más abundantes, *P. scaber* y *P. ingenuus*, diferenciando entre los dos microhábitats de

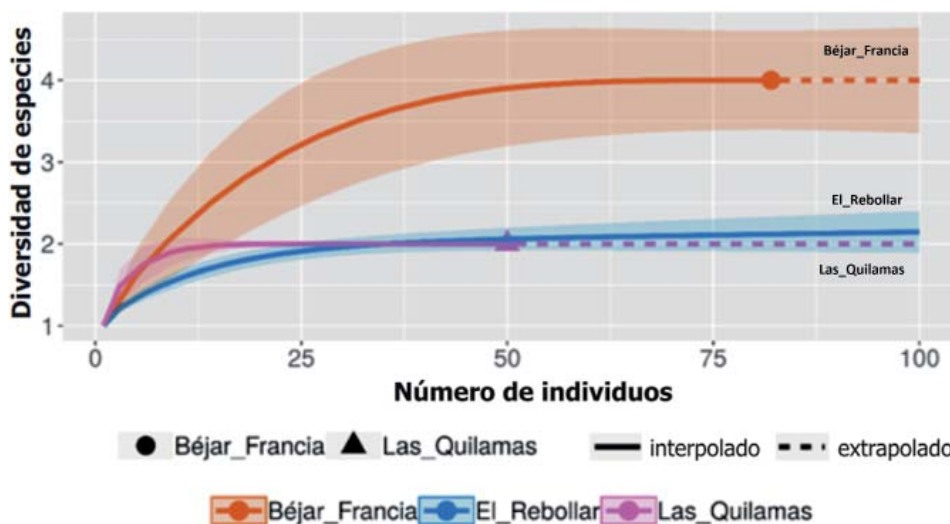


Fig. 4. Representación gráfica de la riqueza de especies por área natural para trampas de madera muerta en suelo (TT).

Fig. 4. Graphical representation of species richness by natural area for downed deadwood traps (TT).

Tabla III: Distribución de individuos por área natural recolectados en trampas de emergencia en madera muerta en suelo (TT).

Table III: Individuals distribution by natural area collected in downed deadwood traps (TT).

Área natural	El Rebollar	Las Quilamas	Béjar-Francia	Total
<i>Chaetophiloscia cf. elongata</i>	1			1
<i>Eluma caelatum</i>			4	4
<i>Porcellio ingenuus</i>	54	10	4	68
<i>Porcellio scaber</i>	636	40	71	747
<i>Porcellionides sexfasciatus</i>			3	3
Total	691	50	82	823

estudio. Los registros representan la captura de los individuos al emerger de los microhábitats, por lo que reflejan el inicio del periodo de actividad de los mismos. Para *P. ingenuus* solo se representó la madera muerta en suelo debido al bajo número de ejemplares obtenidos de oquedades (2 individuos), observándose el máximo de actividad durante el mes de abril con una proporción de machos del 28,5% (Fig. 5). *P. scaber* mostró su máximo

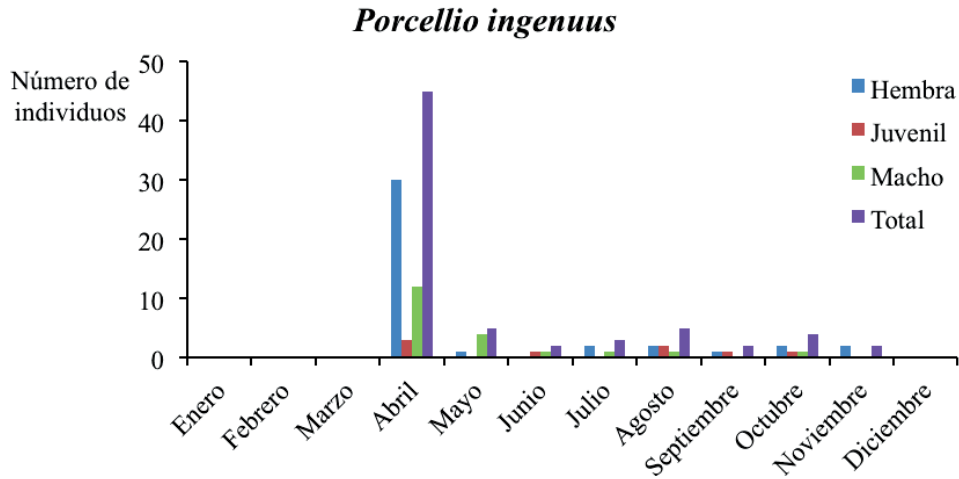


Fig. 5. Distribución temporal de *Porcellio ingenuus* en la madera muerta en suelo (TT) incluyendo diferencias entre machos, hembras y fases juveniles del desarrollo.

Fig. 5. Temporal distribution of *Porcellio ingenuus* in downed deadwood (TT) including differences between males, females and juveniles.

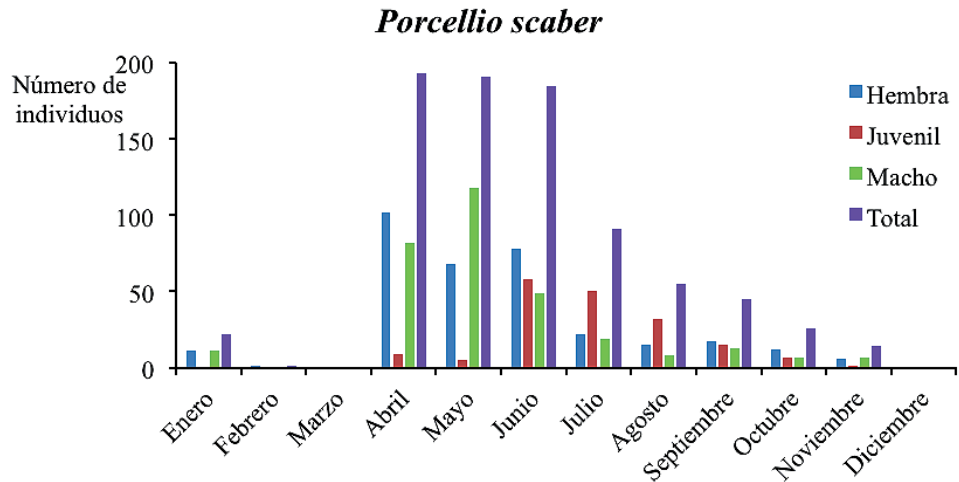


Fig. 6. Distribución temporal de *Porcellio scaber* en la madera muerta en suelo (TT) incluyendo diferencias entre machos, hembras y fases juveniles del desarrollo.

Fig. 6. Temporal distribution of *Porcellio scaber* in downed deadwood (TT) including differences between males, females and juveniles.

de actividad entre abril y junio en la madera muerta en suelo (Fig. 6), retrasándose un mes en las oquedades (mayo-julio) (Fig. 7). Asimismo, la proporción de machos fue mayor tanto para la madera muerta como para

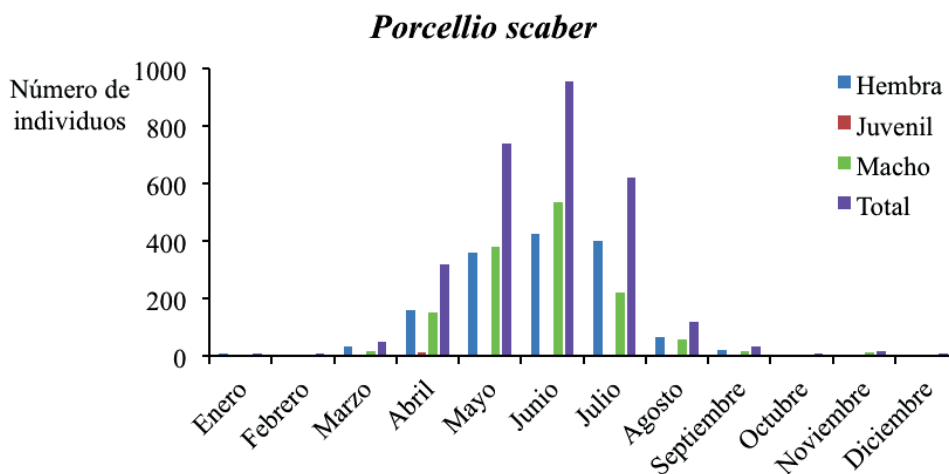


Fig. 7. Distribución temporal de *Porcellio scaber* en las oquedades (TO) incluyendo diferencias entre machos, hembras y fases juveniles del desarrollo.

Fig. 7. Temporal distribution of *Porcellio scaber* in tree hollows (TO) including differences between males, females and juveniles.

las oquedades (44,6% a 63,4% en los meses de mayor actividad para la madera muerta y 35,7% a 55,7% para las oquedades) (Fig. 7). En ambas especies, otoño e invierno representaron las estaciones con menor captura de ejemplares.

DISCUSIÓN

Este trabajo muestra por primera vez la relación del orden Isopoda con los microhábitats saxofílicos del bosque mediterráneo, donde el esfuerzo de muestreo y la especificidad de las trampas ha permitido una detallada descripción de la comunidad de isópodos presentes en los dos microhábitats saxofílicos seleccionados.

Los valores de riqueza fueron mayores en el microhábitat de madera muerta en suelo con respecto a las oquedades, pudiéndose explicar por el carácter predominantemente terrestre o edáfico de este grupo de organismos (ZIMMER, 2002), donde solo la especie *Porcellio scaber* ha sido relacionada con las partes aéreas de los árboles (WARBURG, 1993). La mayoría de los isópodos terrestres viven en el suelo o entre la hojarasca (PAOLETTI & HASSALL, 1999), lo que hace de la madera muerta en suelo un recurso más fácilmente detectable y accesible para las diferentes especies tanto como refugio como para alimentarse. Además, la propia presencia de hojarasca

mejora las condiciones nutricionales y microclimáticas, lo que favorece una mayor riqueza de isópodos (TOPP *et al.*, 2006). La madera muerta en suelo es un recurso frecuentemente utilizado por la mayoría de los isópodos (PARIS, 1963), por lo que los bajos registros de las especies *Chaetophiloscia* cf. *elongata*, *Porcellionides sexfasciatus* y *Eluma caelatum* que solo fueron recolectadas en este microhábitat (1, 3 y 4 individuos respectivamente) podría estar reflejando una baja abundancia de estas especies en las áreas de estudio, si bien se hacen necesarios más muestreos en la hojarasca para comprobar dicha hipótesis.

Por otro lado, las oquedades resultaron ser el microhábitat con mayor número de individuos (77,7%), prácticamente todos ellos pertenecientes a una sola especie, *P. scaber*. La elevada estabilidad de estos microhábitats ofrece refugio especialmente en épocas de condiciones climatológicas adversas (PARIS, 1963; HORNUNG *et al.*, 1998). De esta manera, *P. scaber* es capaz de realizar migraciones horizontales y verticales en búsqueda de refugio, llegándose a encontrar con relativa frecuencia bajo la corteza (VANDEL, 1960; BOER, 1962) o incluso sobre ramas u hojas en el dosel arbóreo (WARBURG, 1993). En nuestro estudio *P. scaber* mostró preferencia por las oquedades con respecto a la madera muerta en suelo, corroborando su preferencia por dicho microhábitat para la hibernación (BOER, 1962; TUF & JERÁBKOVÁ, 2008). Por otro lado, *P. scaber* fue predominante en todas las áreas naturales y en ambos microhábitats, probablemente debido a la gran capacidad de colonización y agregación de esta especie (QUADROS *et al.*, 2009; KARASAWA & NAKATA, 2018). *P. scaber* es una especie de gran distribución con una amplia flexibilidad ecológica, lo que sumado a su gran tolerancia a la sequedad, le permite adaptarse a multitud de hábitats diferentes (BOER, 1962; HORNUNG *et al.*, 1998; LECLERCQ-DRANSART *et al.*, 2019).

Por su parte, el periodo de emergencia de *P. scaber* fue muy similar para los dos microhábitats estudiados, mostrando durante el inicio del periodo reproductivo (ZIMMER & TOPP, 1997) un aumento en la actividad, en especial en los machos, coincidiendo con la fenología conocida de la especie (PARIS, 1963; HORNUNG & WARBURG, 1995). De esta manera, los adultos de *P. scaber* estarían utilizando tanto las oquedades (preferentemente) como la madera muerta en suelo como refugio para los meses de otoño e invierno, emergiendo durante el final de la primavera y principios del verano para reproducirse en el suelo o en la madera muerta donde se desarrollarán los juveniles. Por el contrario, *P. ingenuus*, nos indica que no existe solapamiento con el máximo de actividad de *P. scaber*. Esta especie presenta su máxima emergencia de individuos a principios de primavera, abril y disminuye drásticamente al final de la primavera.

Los isópodos terrestres constituyen un grupo poco diverso dentro de los ambientes saxícolas estudiados a pesar de la gran importancia que la madera muerta y las oquedades tienen como refugio y recurso trófico (HASSALL *et al.*, 1987; PAOLETTI & HASSALL, 1999). No obstante, *P. scaber* puede llegar a ser extraordinariamente abundante en estos microhábitats en la época de hibernación como ejemplifica el registro de 1773 individuos en una única oquedad, lo que confiere a este grupo una gran importancia funcional en estos ambientes, donde podrían ser clave en la cadena trófica y en los procesos de descomposición de los sustratos leñosos (POLLO ZORITA, 1983; ZIMMER & TOPP, 1997; PEKÁR *et al.*, 2012; GARCIA, 2015). De la misma forma, las oquedades destacan sobre la madera muerta en suelo como lugar preferente de invernada para *P. scaber*. Por todo ello destacamos la importancia de tener en cuenta los isópodos en el estudio de los ambientes saxícolas.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría dar las gracias a la Junta de Castilla y León y a sus agentes medioambientales por la ayuda prestada durante el trabajo de campo, a Julio Cifuentes por la revisión tan exhaustiva del artículo y al Ministerio de Economía y Competitividad por el apoyo financiero (proyectos CGL 2011-23658 y CGL2016-78181-R).

BIBLIOGRAFÍA

- BLONDEL, J., J. ARONSON, J.-Y. BODIOU & G. BOEUF, 2010. *The Mediterranean Region: Biological Diversity in Space and Time*. OUP. Oxford. 407 pp.
- BOER, P.J.D., 1962. The ecological significance of activity patterns in the woodlouse *Porcellio scaber* Latr. (Isopoda). *Archives Néerlandaises de Zoologie*, 14(3): 283-409.
- CHAO, A. & C.H. CHIU, 2016. Bridging the variance and diversity decomposition approaches to beta diversity via similarity and differentiation measures. *Methods Ecology Evolution*, 7: 919-928.
- CHAO, A. & L. JOST, 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93: 2533-2547.
- CHAO, A. & T.J. SHEN, 2010. Program SPADE (Species Prediction and Diversity Estimation). Program and User's Guide published at <http://chao.stat.nthu.edu.tw>.
- GARCÍA, I. & P. JIMÉNEZ, 2009. Robledales de *Quercus pyrenaica* y robledales de *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica* del Noroeste ibérico. In: *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. 66. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.

- GARCIA, L., 2015. Orden Isopoda: Suborden Oniscidea. *Revista IDE@ - SEA*, 78: 1-12.
- HASSALL, M., J.G. TURNER & M.R.W. RANDS, 1987. Effects of terrestrial isopods on the decomposition of woodland leaf litter. *Oecologia*, 72 (4): 597-604.
- HORNUNG, E., 2011. Evolutionary adaptation of oniscidean isopods to terrestrial life: Structure, physiology and behavior. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 4(2): 95-130.
- HORNUNG, E., S. FARKAS & E. FISCHER, 1998. Tests on the Isopod *Porcellio scaber*. In: *Handbook of soil invertebrate toxicity test*. Ecological and Environmental toxicology series. 23. Chichester.
- HORNUNG, E. & M.R. WARBURG, 1995. Seasonal changes in the distribution and abundance of isopod species in different habitats within the Mediterranean region of northern Israel. *Acta Oecologica*, 16: 431-445.
- KARASAWA, S. & K. NAKATA, 2018. Invasion stages and potential distributions of seven exotic terrestrial isopods in Japan. *BioRisk*, 13: 53-76.
- LECLERCQ-DRANSART, J., C. PERNIN, S. DEMUYNCK, F. GRUMIAUX, S. LEMIÈRE & A. LEPRÊTRE, 2019. Isopod physiological and behavioral responses to drier conditions: An experiment with four species in the context of global warming. *European Journal of Soil Biology*, 90: 22-30.
- LLORENTE-PINTO, J.M., 2011. Dehesas y paisajes adherados en Castilla y León. *Polígonos. Revista de Geografía*, 21: 179-203.
- MICÓ, E., 2018. Saproxylic Insects in Tree Hollows. In: *Saproxylic Insects: Diversity, Ecology and Conservation*. M. D. Ulyshen (ed.): 693-727. Springer International Publishing. Cham.
- PAOLETTI, M.G. & M. HASSALL, 1999. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74 (1): 157-165.
- PARIS, O.K. 1963. The ecology of *Armadillidium vulgare* in California grassland: food, enemies and weather. *Ecological Monographs*, 33: 1-22.
- PEKÁR, S., J.A. CODDINGTON & T.A. BLACKLEDGE, 2012. Evolution of stenophagy in spiders (araneae): evidence based on the comparative analysis of spider diets. *Evolution*, 66(3): 776-806.
- POLLO ZORITA, A.M., 1983. Estudio taxonómico y ecológico de los isópodos terrestres de la cuenca alta del río Tajo. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- QUADROS, A.F., Y. CAUBET & P.B. ARAUJO, 2009. Life history comparison of two terrestrial isopods in relation to habitat specialization. *Acta Oecologica*, 35(2): 243-249.
- QUINTO, J., M. de los Á. MARCOS-GARCÍA, H. BRUSTEL, E. GALANTE & E. MICÓ, 2013. Effectiveness of three sampling methods to survey saproxylic beetle assemblages in Mediterranean woodland. *Journal of Insect Conservation*, 17(4): 765-776.
- RAMILO, P., E. GALANTE & E. MICÓ, 2017. Intra-annual patterns of saproxylic beetle assemblages inhabiting Mediterranean oak forests. *Journal of Insect Conservation*, 21(4): 607-620.
- SCHMALFUSS, H., 1978. Morphology and function of cuticular micro-scales and corresponding structures in terrestrial isopods (Crust., Isop., Oniscoidea). *Zoomorphologie*, 91 (3): 263-274.
- SCHMALFUSS, H., 2003. World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*, (654): 341.
- SCHMIDT, C., 2008. Phylogeny of the Terrestrial Isopoda (Oniscidea): a Review. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 66(2): 191-226.
- STATSOFT INC., 2004. Statistica. *Data Analysis Software System, version 7*.
- TOPP, W., H. KAPPES, J. KULFAN & P. ZACH, 2006. Distribution pattern of woodlice *Boln. Asoc. esp. Ent.*, 43 (3-4): 269-285, 10-12-2019

- (Isopoda) and millipedes (Diplopoda) in four primeval forests of the Western Carpathians (Central Slovakia). *Soil Biology and Biochemistry*, 38(1): 43-50.
- TUF, I.H. & E, JERÁBKOVÁ, 2008. Diurnal epigeic activity of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). *Proceedings of the International Symposium of Terrestrial Isopod Biology: ISTIB-07* (ed. by M. Zimmer, F. Charfi-Cheikhrouha and S. Taiti): 167-172.
- VANDEL, A., 1960. *Faune de France 64: les Isopodes terrestres, première partie*. Paris.
- WARBURG, M.R., 1993. *Evolutionary Biology of Land Isopods*. Springer Science & Business Media. Berlin.
- ZIMMER, M., 2002. Nutrition in terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea): an evolutionary-ecological approach. *Biological Reviews*, 77(4): 455-493.
- ZIMMER, M. & W. TOP, 1997. Does leaf litter quality influence population parameters of the common woodlouse, *Porcellio scaber* (Crustacea: Isopoda)? *Biology and Fertility of Soils*, 24(4): 435-441.

