

Artròpodes subterranis: novetats faunístiques i conservació en quatre espais naturals protegits de Catalunya

F. Fadrique, L. Auroux, M. Prieto, J. Mederos, N. Brañas, S. Gago, B. Caballero–López, L. Domingo, G. Masó

Fadrique, F., Auroux, L., Prieto, M., Mederos, J., Brañas, N., Gago, S., Caballero–López, B., Domingo, L., Masó, G., 2021. Artròpodes subterranis: novetats faunístiques i conservació en quatre espais naturals protegits de Catalunya. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 19: 289–306, Doi: <https://doi.org/10.32800/amz.2021.19.0289>

Abstract

Subterranean arthropods: faunal novelties and conservation in four natural reserves in Catalonia. As a first approach to the conservation status of the hypogeous environment we studied six troglodyte arthropods in 19 chasms and caves in four natural reserves in Catalonia: Garraf, Sant Llorenç del Munt i l'Obac, El Montseny, and El Montnegre i El Corredor. The target species were four leiodid beetles, *Troglocharinus ferreri ferreri* (Reitter), *Troglocharinus kiesenwetteri sanllorensi* (Zariquiey), *Parvospeonomus canyellesi* (Lagar), and *Parvospeonomus urgellesi* (Español), a pseudoscorpion, *Troglobisium racovitzai* (Ellingsen), and an isopod, *Stenasellus virei* Dollfus. Other findings of interest herein are the description of *Dicranophragma relictum* Mederos (Diptera, Limoniidae) and new citations for Catalonia of *Troglobisium racovitzai*, the beetle *Linderia armata* (Schaufuss), and the dipterans *Dactylolabis sexmaculata* (Macquart) i *Elliptera hungarica* Madarassy.

Data published through GBIF (Doi: [10.15468/dl.y7gbdr](https://doi.org/10.15468/dl.y7gbdr))

Key words: Caves, Biospeleology, Hypogeous fauna, Troglitic, Endemism

Resumen

Artrópodos subterráneos: novedades faunísticas y conservación en cuatro espacios naturales protegidos de Cataluña. Como primera aproximación al estado de conservación del medio hipogeo realizamos un estudio sobre seis artrópodos troglóbios de 19 simas y cuevas distribuidas en cuatro reservas naturales de Cataluña: Garraf, Sant Llorenç del Munt i l'Obac, el Montseny y el Montnegre i el Corredor. Las especies estudiadas fueron cuatro coleópteros leiódidos, *Troglocharinus ferreri ferreri* (Reitter), *Troglocharinus kiesenwetteri sanllorensi* (Zariquiey), *Parvospeonomus canyellesi* (Lagar), *Parvospeonomus urgellesi* (Español); un pseudoescorpión, *Troglobisium racovitzai* (Ellingsen), y un isópodo, *Stenasellus virei* Dollfus. Otros resultados destacados son la descripción de *Dicranophragma relictum* Mederos (Diptera, Limoniidae) y las nuevas citas para Cataluña de *Troglobisium racovitzai*, el coleóptero *Linderia armata* (Schaufuss) y los dípteros *Dactylolabis sexmaculata* (Macquart) y *Elliptera hungarica* Madarassy.

Datos publicados en [GBIF](#) (Doi: [10.15468/dl.y7gbdr](#))

Palabras clave: Cavidades, Bioespeleología, Fauna hipogea, Troglobia, Endemismos

Resum

Artròpodes subterranis: novetats faunístiques i conservació en quatre espais naturals protegits de Catalunya. Com a primera aproximació a l'estat de conservació del medi hipogeu vam dur a terme un estudi sobre sis artròpodes troglobis en 19 avencs i coves distribuïts en quatre espais naturals protegits de Catalunya: el Garraf, Sant Llorenç del Munt i l'Obac, el Montseny i el Montnegre i el Corredor. Les espècies estudiades van ser quatre coleòpters leiòdids, *Troglocharinus ferreri ferreri* (Reitter), *Troglocharinus kiesenwetteri sanllorensi* (Zariquiey), *Parvospeonomus canyellesi* (Lagar) i *Parvospeonomus urgellesi* (Espanol); un pseudoescorpi, *Troglobisium racovitzai* (Ellingsen), i un isòpode, *Stenasellus virei* Dollfus. Altres resultats destacats són la troballa de l'espècie *Dicranophragma relictum* Mederos (Diptera, Limoniidae) i les noves cites per a Catalunya de *Troglobisium racovitzai*, el coleòpter *Linderia armata* (Schaufuss) i els dípters *Dactyolabis sexmaculata* (Macquart) i *Elliptera hungarica* Madarassy.

Dades publicades a [GBIF](#) (Doi: [10.15468/dl.y7gbdr](#))

Paraules clau: Cavitats, Bioespeleologia, Fauna hipogea, Troglòbia, Endemismes

Received: 06/10/2021; Conditional acceptance: 03/11/2021; Final acceptance: 12/11/2021

Floren Fadrique, Lluís Auroux, Associació Catalana de Bioespeleologia (BIOSP).– Miguel Prieto, Neus Brañas, Sergi Gago, Myrmex S.L., Museu de Ciències Naturals de Barcelona, c/ Passeig Picasso s/n., 08023 Barcelona, Spain.– Jorge Mederos, Berta Caballero–López, Gloria Masó, Museu de Ciències Naturals de Barcelona, Barcelona, Spain.– Lluís Domingo, Federació Catalana d'Espeleologia (FCE), Museu de Ciències Naturals de Barcelona, Spain

Corresponding author: B. Caballero–López. E–mail: bcaballerolo@bcn.cat

ORCID ID: J. Mederos: 0000-0003-2356-3642; N. Brañas: 0000-0001-8083-8847;
S. Gago: 0000-0002-1247-0013; B. Caballero–López: 0000-0002-2649-6353;
G. Masó: 0000-0003-3182-4793

Introducció

El medi hipogeu presenta una gran diversitat d'hàbitats, com ara cavitats, una xarxa de fissures i aigües subterrànies (fig. 1), entre d'altres. La manca de llum és una de les característiques que aquests hàbitats tenen en comú i es relaciona amb una sèrie d'adaptacions morfològiques i fisiològiques que presenten moltes espècies de la fauna troglòbia. Algunes d'aquestes adaptacions són la despigmentació, l'absència o reducció de l'aparell visual, l'optimització de la dotació sensorial i l'allargament dels apèndixs. La capacitat sensorial, en gran part, es desenvolupa a través de sedes, molt allargades, amb mecanoreceptors, termoreceptors i quimiorceptors (Bellés, 1987; Juberthie i Decu, 1994; Salgado, 2009). A més, moltes d'aquestes espècies presenten una fecunditat més baixa (estratègia reproductiva del tipus K), fases del cicle vital més llargues i més longevitat que les espècies filogenèticament properes que viuen a la superfície. L'estalvi d'energia metabòlica subjacent a aquestes adaptacions constitueix un avantatge essencial en un medi on l'aliment és escàs (Juberthie i Decu, 1994). La constància i estabilitat de les condicions microclimàtiques del medi subterrani, superiors a les del medi exterior, així com el notable aïllament respecte a aquest, semblen afavorir el manteniment de moltes espècies endèmiques i/o relictas, és a dir, que han sobreviscut durant molt de temps al lloc, mentre que altres espècies semblants del medi exterior s'han extingit (Galán, 1993; Juberthie i Decu, 1994; Decu i Juberthie, 1998; Moldovan, 2012; Faille *et al.*, 2010; Rizzo *et al.*, 2013).

La fauna troglòbia té un gran interès, per la qual cosa ha de ser un objectiu dels esforços conservacionistes i, com que és molt sensible a canvis mediambientals, pot ser bioindicadora de l'estat de conservació del seu fràgil hàbitat, amenaçat per una gran varietat de factors (Tercafs, 1992; Watson *et al.*, 1997; Camacho, 2011; Elliott, 2012; Niemiller i Taylor, 2019; Galán i Herrera, 1998; Galán, 2005, 2006; Sendra *et al.*, 2011).

A petició de la Xarxa de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona, el Departament d'Artròpodes del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB), amb el suport de l'Associació Catalana de Bioespeleologia (BIOSP) i de la Federació Catalana d'Espeleologia (FCE), ha dut a terme un estudi dels artròpodes del medi hipogeu en 19 coves i avencs de quatre parcs naturals de Catalunya: Parc del Garraf, Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, Parc Natural i Reserva de la Biosfera del Montseny i Parc del Montnegre i el Corredor.

L'objectiu principal del projecte va ser fer una aproximació a l'estat de conservació d'aquests hàbitats a partir de detectar la presència de sis espècies d'artròpodes troglòbies endèmiques, la majoria incloses en propostes de protecció. Com a pas previ per avaluar la presència d'aquestes espècies es va fer una cerca a la col·lecció del Museu i també una cerca bibliogràfica de la distribució coneguda de les espècies. Com a objectiu complementari es van recollir dades sobre la presència d'altres espècies d'interès que coincidissin amb les espècies triades.

Material i mètodes

Espècies triades

Les sis espècies d'artròpodes troglòbies i endèmiques van ser: un crustaci isòpode, *Stenasellus virei* Dollfus; un aràcnid pseudoescorpí, *Troglobisium racovitzai* (Ellingsen) i quatre coleòpters leiòdids, *Troglocharinus ferrerii ferrerii* (Reitter), *Troglocharinus kiesenwetteri sanllorensi* (Zariquiey), *Parvospeonomus canyellesi* (Lagar) i *Parvospeonomus urgellesi* (Español).

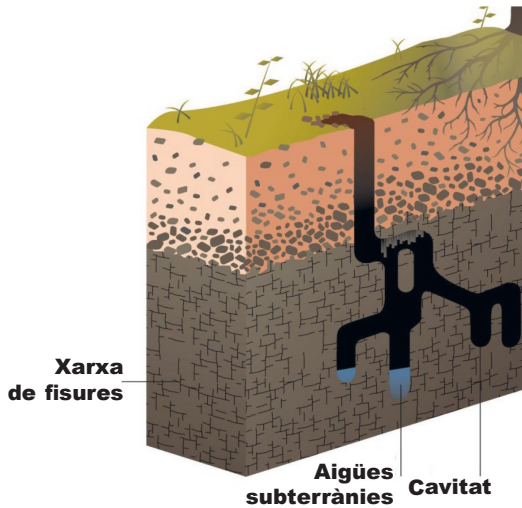


Fig. 1. Representació de la diversitat dels hàbitats hipogeus. (Imatge: C. Trébol).

Fig. 1. Drawing showing the diversity of hypogeous habitats. (Image: C. Trébol).

Crustacea, Isopoda, Stenasellidae

Stenasellus virei Dollfus, 1898 és un isòpode de vida aquàtica (fig. 2A) descrit a partir d'un sol exemplar capturat al riu subterrani de la Gouffre de Padirac (departament de Lot, França). La primera cita a la península Ibèrica és del 1911 a la cova del Solencio de Murrano (serra de Guara, Osca), però no és fins al 1965 que se cita en cavitats de Catalunya. Es considera que la seva distribució actual s'estén des de la França meridional fins al nord-oest ibèric.

Els *Stenasellus* habiten en cavitats amb aigua, tant en bassals d'escasses dimensions i fondària, com en gorgs o llacs. Aquests hàbitats, però, han de tenir unes característiques essencials: que el fons estigui constituït per argila o llims on puguin trobar aliment i, a més, l'aigua ha de ser més o menys permanent i ha d'estar en contacte amb la capa freàtica de la cavitat per tal que quan l'aigua s'eixugui, en una època seca, *Stenasellus* es pugui refugiar a la capa freàtica (Flaquer, 1978; Flaquer i Segura, 1978). *S. virei* és una espècie polífaga, predador actiu quan es troba en un medi amb preses disponibles, però també limívor, micròfag vegetarià o guanòfag quan les preses escassegen (Flaquer i Segura, 1978). Se'l considera un animal de baix consum energètic, amb una notable resistència al dejuni a llarg termini i amb una gran capacitat de recuperació durant la realimentació (Hervant i Renault, 2002). Aquestes respostes adaptatives es podrien considerar, com passa en nombrosos organismes subterranis, una estratègia d'estalvi d'energia eficient en un entorn dur on la disponibilitat de recursos tròfics és imprevisible (Hervant i Renault, 2002).

El 2019, la presència d'aquesta espècie va ser avaluada en sis cavitats del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i de l'Obac, en tres de les quals hi havia antecedents de la seva presència (Escolà, 1978; Flaquer, 1978; Flaquer i Segura, 1978). *S. virei* figura a l'annex 4 de fauna estrictament protegida del PEIN i també està protegit per l'article 33.2 del text normatiu del parc.

Arachnida, Pseudoscorpiones, Bochicidae

Troglobisium racovitzaei (Ellingsen, 1912) és un pseudoescorpi endèmic de la península Ibèrica (fig. 2B). L'espècie és present en diverses cavitats del nord de Castelló, Tarragona i Barcelona, amb presència restringida en aquesta última província a nombroses cavitats del massís del Garraf.

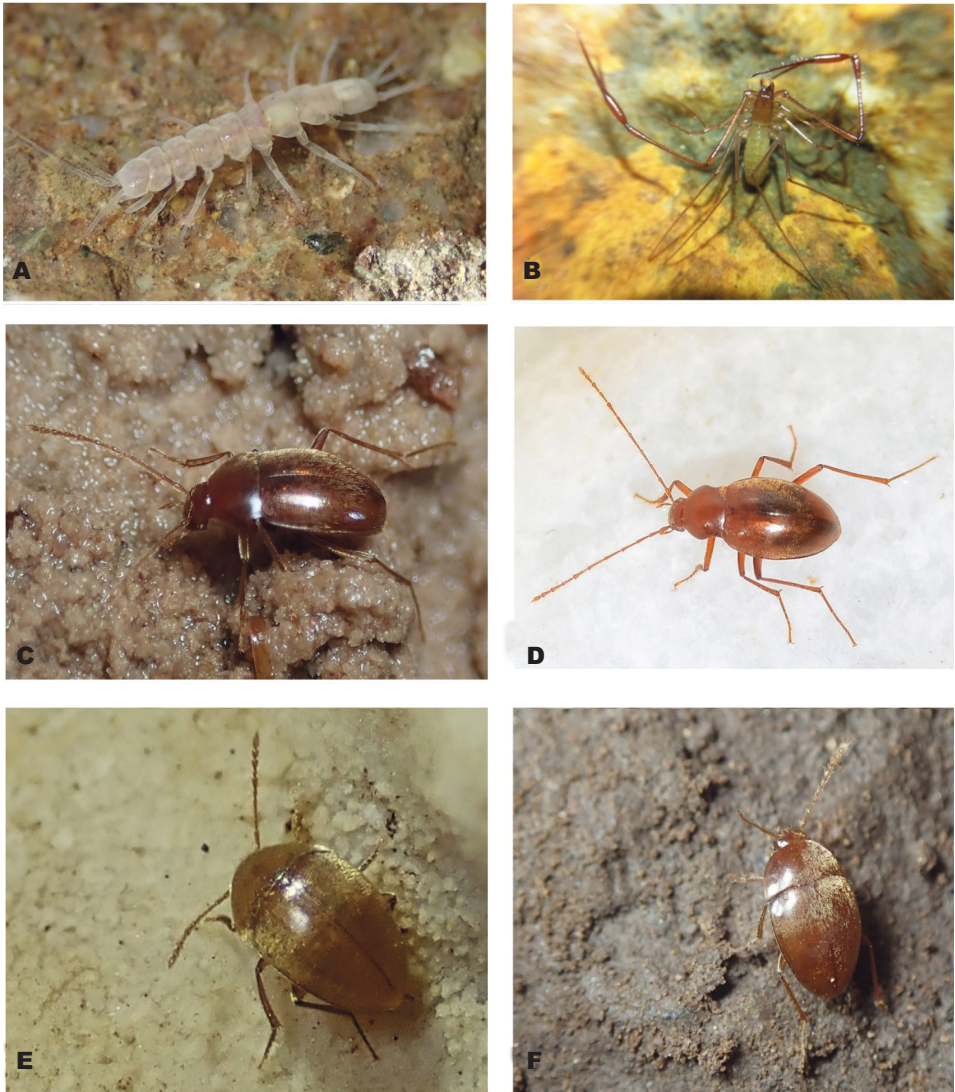


Fig. 2. A, *Stenasellus virei* a les coves d'en Carner; B, *Troglobisium racovitzai* a l'avenc Serrano–Arbonés; C, *Troglocharinus kiesenwetteri sanllorensi* a l'avenc del Daví; D, *Troglocharinus ferreri ferreri* a l'avenc de la Pepi; E, *Parvospeonomus canyellesi* al forat núm. 2 de les Pedreres; F, *Parvospeonomus urgellesi* a l'avenc de les Aranyes. (Imatges: A, C, E, F: S. Gago; B: J. Mederos; D: A. Meseguer).

Fig. 2. A, *Stenasellus virei* in the caves in Carner; B, *Troglobisium racovitzai* in the Serrano–Arbonés cave; C, *Troglocharinus kiesenwetteri sanllorensi* in the Daví cave; D, *Troglocharinus ferreri ferreri* in the Pepi cave; E, *Parvospeonomus canyellesi* in the number 2 cavity of the Pedreres; F, *Parvospeonomus urgellesi* in the Aranyes cave. (Images: A, C, E, F: S. Gago; B: J. Mederos; D: A. Meseguer).

T. racovitzai és una espècie estrictament troglòbia i, per tant, altament especialitzada, que depèn totalment de les xarxes càrstiques i de les cavitats subterrànies. És l'única espècie coneguda del gènere, que es caracteritza per tenir una grandària considerable (3,5–5 mm) en comparació amb la majoria de pseudoescorpins i per presentar uns apèndixs excepcionalment llargs, indicatius d'un troglomorisme extrem (Zaragoza, 2011).

T. racovitzai és una espècie depredadora de col·lèmbols i altres hexàpodes hipogeus (Verdú *et al.*, 2011). Durant pràcticament un segle, ha estat l'únic representant de la família Bochicidae a la regió paleàrtica, fins que el 2010 es va descobrir al carst de l'Algarve (Portugal) una nova espècie d'aquesta família, *Titanobochica magna* Zaragoza i Reboleira, 2010, de morfologia molt similar i amb clares afinitats amb *T. racovitzai* (Reboleira *et al.*, 2010).

Durant el 2016 se n'ha avaluat la presència en cinc cavitats del Parc del Garraf, en dues de les quals s'havia citat prèviament. L'espècie es troba inclosa en el *Libro Rojo de los Invertebrados de España* (LRIE) amb la categoria de vulnerable (Zaragoza, 2005) i també a l'*Atlas y Libro Rojo de los Invertebrados Amenazados de España* (Zaragoza, 2011).

Insecta, Coleoptera, Leiodidae, Cholevinae

La família Leiodidae Fleming, 1821 és un dels grups d'invertebrats amb més èxit en la colonització del domini subterrani, tant en termes quantitius com per l'alt grau d'adaptació de molts dels seus representants (Decu i Juberthie, 1998). Les quatre espècies de leiòdids triades pertanyen a la subfamília Cholevinae Kirby, 1837 (Perreau, 2000), les quals són estrictament hipogeus i endogees i, per tant, excel·lents indicadors de l'estat del seu medi (Fresneda i Salgado, 2016). Els Cholevinae són tots sapròfags, és a dir que es nodreixen de materials en descomposició (Pérez–Fernández i Pérez Ruiz, 2013), però s'hi distingeixen algunes estratègies depenent de la classe de material que descomponen, sigui d'origen vegetal, com els saproxilòfags, o animal, com els copròfags i necròfags (Giachino i Vailati, 1993).

El gènere *Troglocharinus* Reitter, 1908 se circumscriu a dues zones ben delimitades i distants: els sistemes muntanyencs del Prepirineu central (dins dels límits de la província de Lleida) i els relleus càrstics del litoral de les províncies de Barcelona i Tarragona (Bellés, 1987; Salgado *et al.*, 2008; Fresneda i Salgado, 2016). Tots els representants del gènere són troglòbics molt modificats (Salgado *et al.*, 2008) i, per tant, sensibles a l'alteració del medi subterrani profund (MSP) al qual estan estrictament lligats ja que, per ara, no s'han observat en el medi subterrani superficial (MSS).

Troglocharinus kiesenwetteri (Zariquiey, 1924) és troglòbic i endèmic del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac (fig. 2C) i figura com a espècie protegida per l'annex 4 del PEIN així com per l'article 33.2 del text normatiu del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. La seva presència es va avaluar en sis cavitats l'any 2019, en cinc de les quals ja n'hi havia referències prèvies. D'acord amb la informació recopilada per Fresneda i Salgado (2016), aquesta subespècie ha estat localitzada en 46 cavitats del parc.

Troglocharinus ferreri ferreri (Reitter, 1908) està estès per l'MSP del massís calcari del Garraf i les muntanyes de l'Ordal (fig. 2D). S'ha recol·lectat en més de cent cavitats del Garraf, d'acord amb la informació aportada per Fresneda i Salgado (2016).

Altres representants del gènere *Troglocharinus* es troben inclosos en "Espècies de fauna estrictament protegides als espais de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, Montserrat i la serra del Montsec", però no és el cas de *T. ferreri ferreri* que no gaudeix de cap classe de protecció. El 2016, la presència de *T. ferreri ferreri* es va comprovar en cinc cavitats del Parc del Garraf, en quatre de les quals hi havia dades de captures anteriors.

El gènere *Parvospeonomus* va ser descrit com a subgènere de *Speonomus* per Bellés i Escolà (1977), però va ser passat a la categoria de gènere per Fresneda (1998). Així, el que va ser descrit com *Speonomus (Parvospeonomus) canyellesi* Lagar, 1974 va passar a ser *Parvospeonomus canyellesi* (Lagar, 1974).

Es tracta d'un troglòbi i, per tant, és sensible a l'alteració de l'MSP (fig. 2E). És endèmic del massís muntanyós del Montseny i presenta una distribució molt restringida perquè només se n'ha registrat la presència als tres avencs de les Pedreres, municipi de Gualba (Vallès Oriental) (Fresneda i Salgado, 2016). Segons Bellés *et al.* (1986) aquesta espècie també habita a l'MSS adjacent a l'avenc de les Pedreres.

P. canyellesi ha estat estudiada des del punt de vista ecofisiològic en condicions de laboratori. Mostra un comportament reproductiu i un desenvolupament larvari extremadament modificats (Bellés i Comas, 1986) que segueixen l'estratègia reproductiva de tipus K (Cieslak *et al.*, 2014; Fresneda i Salgado, 2016).

P. canyellesi es troba protegida a Catalunya, en la categoria de vulnerable, per ICHN [VU1 / SE2] + CFAC [VU] i estrictament protegida pel decret del PEIN (annex 4). La presència d'aquesta espècie va ser avaluada el 2020 en set cavitats del Montseny, en dues de les quals hi havia antecedents de la seva presència.

Parvospeonomus urgellesi (Espanyol, 1964), descrit com a *Speonomus* (*Speonomus*) *urgellesi* Espanyol, 1964, és un troglòbi (fig. 2F) i, per tant, és sensible a l'alteració del medi. Les seves poblacions, quan es va elaborar la proposta de protecció de la Institució Catalana d'Història Natural (any 2008), figuraven amb la categoria de vulnerables (UICN) i sensibles a l'alteració del seu hàbitat (Catàleg Nacional d'Espècies Amenaçades).

La distribució de l'espècie es considerava fins fa poc limitada a la serra litoral del Montnegre (Escollà i Bellés, 1984) i el massís del Montseny, dues zones muntanyoses ben separades per la vall del riu Tordera i pel riu Congost. Aquesta distribució feia pensar que es tractava de poblacions prou diferenciades per ser espècies diferents, raó per la qual el 2020 vam decidir estudiar les dues poblacions, les del Montseny i les del Montnegre.

Llocs d'estudi

Entre els anys 2016 i 2020 es van estudiar un total de 19 cavitats en els quatre parcs inclosos en el projecte (per a més detall vegeu la taula 1).

Metodologia de mostreig

En cada cavitat es van establir tres punts de mostreig en diferents sectors, des de la zona d'entrada i la zona crepuscular fins a la zona fosca profunda (fig. 3B). La comunitat d'artròpodes va ser mostrejada mitjançant trampes amb esquer i captura directa i es va procurar estandarditzar l'esforç de mostreig. Pel que fa al mostreig amb trampes de caiguda, es van instal·lar un mínim de tres trampes en cada cavitat, cobrint els tres sectors esmentats i amagades sota pedres. Les trampes de caiguda consisteixen en pots cilíndrics de plàstic (6,5 cm d'alçada x 4 cm de diàmetre), amb un tub interior on es posa l'esquer (barreja de formatge i cansalada) pensat per capturar fauna predadora i/o sapròfaga (fig. 3D). Com a líquid preservant de les captures a les trampes s'utilitza propilenglicol pur, una substància no tòxica i gens volàtil en les condicions de temperatura i humitat de les coves i adequada per a la preservació de l'ADN de les mostres durant el temps de permanència a les trampes, abans de ser transferides a l'etanol. Pel que fa a la recol·lecció directa, es va establir un temps de captura de 4–5 h per cavitat de mitjana. Dins d'aquest interval, el temps esmerçat per a cada recol·lecció podia variar en funció del nombre de recol·lectors i la superfície susceptible de ser prospectada. Les mostres es van recollir amb pinzell, pinces toves i aspirador manual segons les característiques dels espècimens (fig. 3E). Per a cada punt de mostreig es van fer i anotar lectures d'humitat relativa i de temperatura local en les dates de col·locació i retirada de les trampes. Es van utilitzar tres termohigròmetres (Dagatron C–315, GEO Fennel FHT100 i GEO Fennel FHT60, amb precisions que van de $\pm 2\%$ HR i $\pm 0,5^\circ\text{C}$ a $\pm 3,5\%$ HR i $\pm 2^\circ\text{C}$), emprats pels diferents equips de recol·lecció (fig. 3C). Es van fer dues visites a cadascuna de les 19 cavitats i entre les dues visites va passar un període d'un o dos mesos, durant els quals les trampes van estar actives.

Taula 1. Les 19 cavitats visitades als quatre espais protegits (Miñarro i Rubinat, 2014): les X indiquen la presència de les espècies triades segons referències bibliogràfiques i/o en dades associades als exemplars de la col·lecció de l'MCMB i captures recents en el mostreig actual.

Table 1. The 19 caves visited in the four protected areas (Miñarro and Rubinat, 2014): X indicate the presence of the species shown according to bibliographic and/or data associated with the samples of the MCMB collection and the captures presented here.

Cavitats d'espais protegits	Antecedents	Mostreig actual	Antecedents	Mostreig actual
El Garraf	<i>Troglobisium racovitzai</i>		<i>Troglocharinus ferreri ferreri</i>	
Avenc de Sant Roc			X	X
Avenc de la Pepi	X		X	X
Avenc del Corral Nou	X		X	X
Avenc Morgan i Comas		X	X	X
Avenc Serrano–Arbonés		X		X
Sant Llorenç del Munt i l'Obac	<i>Stenasellus virei</i>		<i>Troglocharinus kiesenwetteri sanllorensi</i>	
Coves d'en Carner	X	X		
Cova Simanya	X		X	X
Cova Simanya Petita			X	X
Avenc de la Canal de Mura	X		X	X
Avenc de la Codoleda			X	X
Avenc del Daví			X	X
El Montseny	<i>Parvospeonomus canyellesi</i>		<i>Parvospeonomus cruillensis</i> (citat com a <i>P. urgellesi</i>)	
Avenc de les Pedreres	X	X		
Forat núm. 1½ de les Pedreres		X		
Forat núm. 2 de les Pedreres	X	X		
Cova de l'Ermida			X	X
Cova de l'Infern				X
Cova del Moro o Cova Cruïlles			X	X
Cova Trencada			X	
El Montnegre i el Corredor	<i>Parvospeonomus urgellesi</i>			
Avenc de les Aranyes	X	X		

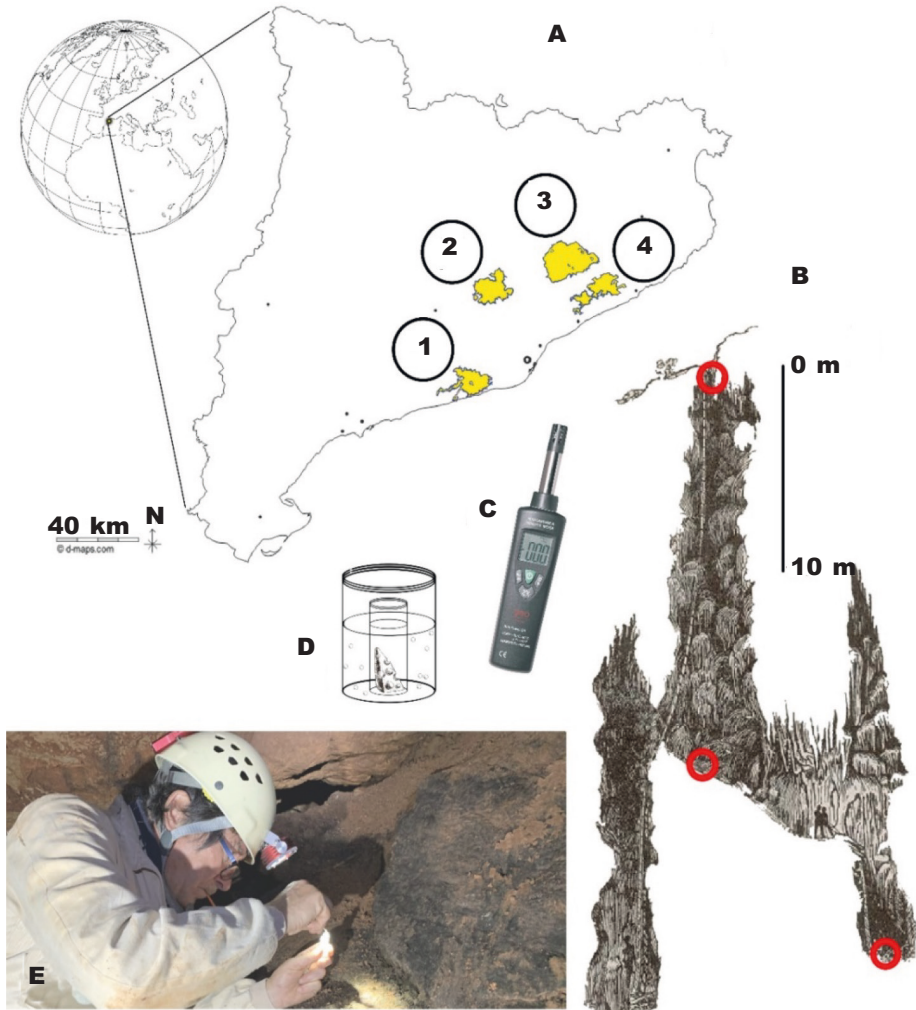


Fig. 3. A, localització de les quatre reserves estudiades a Catalunya: 1, el Garraf; 2, Sant Llorenç del Munt i l'Obac; 3, el Montseny; i 4, el Montnegre i el Corredor. B, topografia de l'avenc de Sant Roc, modificada a partir de Amat i Carreras (1924), amb punts de mostreig marcats amb cercles vermells. C, higròmetre i termòmetre emprat. D, il·lustració de les trampes de caiguda amb esque. E, Floren Fadrique fent recollida directa. (Imatges: J. Mederos).

Fig. 3. A, location of the four reserves studied in Catalonia: 1, Garraf; 2, Sant Llorenç del Munt i l'Obac; 3, Montseny; and 4, Montnegre i el Corredor. B, topography of Sant Roc cave, modified by Amat i Carreras (1924), with sampling points marked in red circles. C, hygrometer and thermometer used. D, drawing of the pitfall trap with bait. E, Floren Fadrique collecting specimens. (Images: J. Mederos).

Gestió de les mostres

Tot el material recollit es va preservar en etanol al 70 %, encara que algunes de les mostres també es van preservar en etanol al 96 % per facilitar posteriors estudis a escala molecular. Les mostres recol·lectades van ser separades en els diferents grans grups taxonòmics (ordres i famílies) per l'Equip d'Artròpodes de l'MCNB, amb l'ajut d'una lupa binocular (Motic SMZ–168). Per a la determinació específica d'alguns d'aquests grups hem tingut la col·laboració dels especialistes corresponents (vegeu l'apartat d'agraïments). La totalitat del material recol·lectat durant el projecte ha estat registrat, documentat i informatitzat a la base de dades *MuseumPlus*, programari oficial per a la gestió de la col·lecció zoològica de l'MCNB. Les mostres s'han dipositat a la Col·lecció d'Artròpodes i estan disponibles per a consulta.

La recol·lecció de nous exemplars de *P. urgellesi*, tant a la localitat típica del Montnegre, com en cavitats del Montseny, va permetre que uns quants exemplars de les dues poblacions s'analitzessin a escala molecular per l'equip del Dr. Miquel A. Arnedo de la Universitat de Barcelona. El material genètic dels exemplars es va extreure a partir dels apèndixs locomotors i va ser analitzat mitjançant *kits* comercials. Es va amplificar l'ADN de la primera meitat del gen mitocondrial citocrom oxidasa c1 emprant els primers universals de Folmer. Els amplicons es van seqüenciar en les dues direccions mitjançant el servei de seqüenciació MacroGen <<https://dna.macrogen.com/>>. Les seqüències crues van ser editades i es van alinear amb el programa Geneious Prime <<https://www.geneious.com/prime/>>. Les distàncies genètiques no corregides es van estimar amb el programa MegaX <<https://www.megasoftware.net/>>.

Resultats

Espècies triades

En el context d'aquest estudi, a la col·lecció s'han documentat 4.703 exemplars de les sis espècies triades, els quals van ser recollits en 104 cavitats dels quatre parcs esmentats amb la contribució de 80 recol·lectors i recol·lectores diferents, des del començament del segle XX fins a l'actualitat.

El primer exemplar de *Stenasellus virei* va ser recol·lectat al 1966 a la cova Simanya, per Carles Ribera. A la col·lecció es preserven 28 registres que sumen 57 exemplars d'aquesta espècie, recol·lectats al Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac durant un període superior a 50 anys en cinc cavitats diferents del parc.

A la campanya del 2019, *S. virei* va ser localitzat només en una de les tres cavitats estudiades on n'hi havia referències prèvies. Aquest fet es podria explicar per un procés d'assecamment d'aquestes cavitats com a resultat d'una davallada de la pluviositat de l'any 2019 del 60 % respecte a l'any anterior (<<https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=217>>). Una explicació alternativa seria un augment de la freqüentació humana, atès que una de les cavitats on prèviament s'havia citat és la cova Simanya, que fins ara era una de les cavitats no turístiques més visitades de Catalunya (Alexandri, 2011). En aquest sentit, donàriem suport al que ja apuntaven Bros i Guinart (2007), els quals consideren que els canvis ambientals de les cavitats constitueixen una amenaça per a la permanència de l'espècie.

Lluís Auroux va ser qui, el 1964, va recol·lectar el primer exemplar de la col·lecció de *Troglobisium racovitzai* i en aquest moment en tenim 13 registres que mostren la presència actual o passada de l'espècie en set cavitats del Garraf. A la campanya de 2016 no vam trobar cap *T. racovitzai* a l'avenc de la Pepi ni a l'avenc del Corral Nou, dues de les cavitats on prèviament se n'havien localitzat exemplars, però sí l'hem descobert en dos nous avencs, l'avenc Morgan i Comas (Sitges) i l'avenc Serrano–Arbonés (Begues), de manera que podem ampliar la distribució d'aquest pseudoescorpí amb dues noves cites per a Catalunya.

En principi, les espècies de leiòdids avaluades eren quatre (*Troglocharinus kiesenwetteri sanllorensi*, *Troglocharinus ferrerri ferrerri*, *Parvospeonomus canyellesi* i *Parvospeonomus urgellesi*), però ara n'hi hem d'afegir una cinquena, *Parvospeonomus cruillensis* Comas 2020 (vegeu més avall). Les poblacions d'aquestes espècies semblen estables ja que segueixen presents en gairebé totes les cavitats triades on n'hi havia referències prèvies (per a més detalls vegeu la taula 1 i la taula de dades publicades a GBIF: <<https://doi.org/10.15468/dl.y7gbdx>>).

Els primers exemplars de *Troglocharinus kiesenwetteri sanllorensi* registrats a les coves i els avencs del Parc de Sant Llorenç del Munt i l'Obac es remunten al 1913 i corresponen a Maria Faura i Sans; les captures següents, del 1922, les va fer Santiago Novellas i Bofill a l'avenc de Castellsapera i són les que va utilitzar Ricardo Zariquiey i Álvarez per descriure la subespècie. El total d'exemplars preservats, tant a la col·lecció general com a la tipoteca, engloba 532 registres amb 2.833 exemplars que representen les captures de més de cent anys de recol·leccions en 37 coves i avencs del Parc de Sant Llorenç del Munt i l'Obac (per a més detalls vegeu la taula 1 i la taula de dades publicades a GBIF: <<https://doi.org/10.15468/dl.y7gbdx>>). A excepció de les coves d'en Carner, on no hi havia dades de la presència de *T. kiesenwetteri sanllorensi*, l'hem localitzat a les cinc cavitats restants, on ja n'hi havia constància. En aquest cas no sembla que l'augment de freqüentació de la cova Simanya (Alexandri, 2011) afecti les poblacions d'aquest leiòdid.

Les captures de *Troglocharinus ferrerri ferrerri* a les coves i avencs del massís del Garraf van ser iniciades el 1917 per Antoni Guimjuan. Des de llavors i al llarg de més d'un segle se n'han aportat nous registres de forma regular. A la col·lecció general i a la tipoteca es preserven un total de 896 exemplars i 308 registres de *T. ferrerri ferrerri*, amb representants de 51 cavitats diferents dins dels límits del Parc del Garraf (per a més detalls vegeu la taula 1 i la taula de dades publicades a GBIF: <<https://doi.org/10.15468/dl.y7gbdx>>).

En aquest estudi hem localitzat exemplars de *T. ferrerri ferrerri* als quatre avencs triats on n'hi havia referències i a més hem de destacar una nova localització de l'espècie a l'avenc Serrano–Arbonés.

El 1973, Àngel Lagar Mascaró va ingressar al Museu el primer espècimen de *Parvospeonomus canyellesi* de la col·lecció, recol·lectat a l'avenc de les Pedreres del Parc Natural del Montseny. Aquest exemplar es preserva a la tipoteca, ja que va ser emprat per descriure l'espècie. Se n'han documentat 600 exemplars en 30 registres, capturats tots a l'avenc de les Pedreres (localitat típica) i en petites cavitats dels voltants. Pel que fa a l'estudi actual, l'hem localitzat en dues de les tres cavitats on n'hi havia citacions anteriors i també l'hem detectat en una nova cavitat, al forat núm. 1½ de les Pedreres.

El primer esment de *Parvospeonomus urgellesi* es refereix als espècimens tipus que van ser recol·lectats a l'avenc de les Aranyes, el 1963, per Isidre González i Urgellés, a qui Francesc Español va dedicar la nova espècie. Arran de l'estudi genètic portat a terme per Miquel Arnedo de les seqüències de cinc individus aparentment corresponents a *Parvospeonomus urgellesi*, recol·lectats en el marc d'aquest projecte, dos individus del Montnegre i tres individus del Montseny, s'ha obtingut un resultat de divergència genètica del 12,5–14,2% entre les poblacions de les dues localitats, la qual és prou significativa per donar suport a la hipòtesi que es tracta de dues espècies ben diferenciades. En paral·lel i simultàniament, Comas (2021) ha fet un estudi morfològic on s'assenyala i es confirma la mateixa hipòtesi i es crea així una nova espècie per a les poblacions de les cavitats del Parc Natural del Montseny, anomenada *P. cruillensis* Comas, 2021. En el mateix treball es considera que l'espècie *P. urgellesi* (Español, 1964) queda circumscrita només a la localitat típica, l'avenc de les Aranyes del Parc del Montnegre i el Corredor. A la col·lecció hi ha, per tant, 45 registres amb 179 exemplars de *P. urgellesi* només d'aquesta cavitat del Montnegre.

Així doncs, a la campanya de 2020 al Montseny vam localitzar exemplars de *Parvospeonomus cruillensis* (*Parvospeonomus urgellesi* en el moment de fer l'estudi) en dues de les tres cavitats on hi havia antecedents de la seva presència: la cova de l'Ermita



Fig. 4. *Dicranophragma (Brachylimnophila) relictum*. (Imatge: S. Gago).

Fig. 4. *Dicranophragma (Brachylimnophila) relictum*. (Imatge: S. Gago).

i la cova del Moro, també anomenada cova Cruïlles. A més, també l'hem localitzat a la cova de l'Infern on, fins ara, no hi havia constància que hi fos present. La documentació d'aquests exemplars, així com la dels 37 registres amb 127 exemplars de *P. urgellesi* que s'havien recol·lectat prèviament en sis coves del Parc Natural del Montseny, ha estat revisada i corregida després de la reassignació taxonòmica a *P. cruillensis* Comas.

Els canvis taxonòmics indicats també fan necessària la revisió de l'estat de *P. urgellesi* i *P. cruillensis* en l'actualització de la proposta de protecció de la Institució Catalana d'Història Natural (any 2008) o d'altres documents o normatives que se'n derivin.

Altres dades ressenyables

Arran del projecte han sorgit altres novetats que volem destacar. Durant les visites de l'any 2019 a l'avenc del Daví, al Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, es va trobar una nova espècie de limònid (Diptera, Limoniidae), *Dicranophragma (Brachylimnophila) relictum* Mederos, 2020 (fig. 4). Es coneixen un total de 49 espècies i subespècies d'aquest gènere a tot el món, mentre que a la península Ibèrica fins ara només se n'han citat dues: *Dicranophragma (Brachylimnophila) adjunctum* (Walker, 1848) a Andorra i Espanya, i *Dicranophragma (Brachylimnophila) nemorale* (Meigen, 1818), a Andorra i Portugal (Mederos *et al.*, 2020).

En la mateixa campanya encara vam localitzar dues espècies més de limònids (Diptera: Limoniidae): *Dactylolabis (Dactylolabis) sexmaculata* (Macquart, 1826), a les coves d'en Carner, i *Elliptera hungarica* Madarassy, 1881 a l'avenc de la Codoleda i a les coves d'en Carner (Mederos *et al.*, 2019).

A més, a Sant Llorenç es va recol·lectar un exemplar de *Linderia armata* (L. W. Schaufuss, 1863) a l'avenc de la Codoleda, un petit coleòpter de la subfamília Pselaphinae (família Staphylinidae) de només 1 mil·límetre, citat abans a les balnes de Mura, a la Cort Fosca de Matarrodona, a l'avenc de Can Pobla (Besuchet, 1974) i a la cova d'en Manel (Pastor, 2014). Aquesta troballa representa una nova cita de localització per a l'espècie.

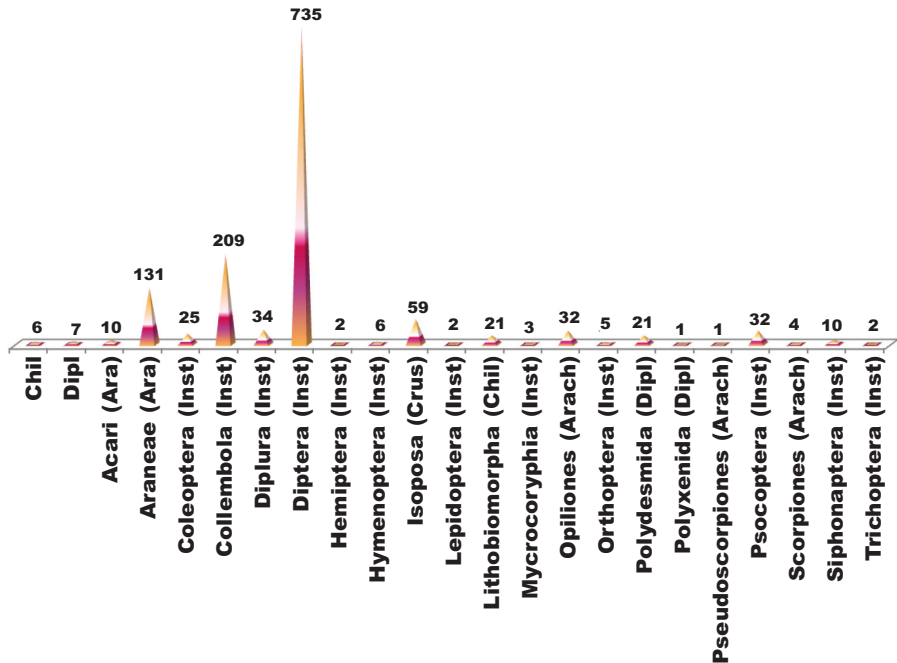


Fig. 5. Representació de l'abundància dels diversos grups estudiats: Arach, Arachnida; Chil, Chilopoda; Crus, Crustacea; Dipl, Diplopoda; Inst, Insecta.

Fig. 5. Representation of the abundance of the various groups studied. (For abbreviations see above).

A la cova del Moro, a Aiguafreda, es van observar i fotografiar diversos exemplars de l'ortòpter troglòfil dolícopòdid, *Dolichopoda (Dolichopoda) linderii* (Dufour, 1861), presència ja citada pel Grup Geogràfic de Gràcia (1976) i per Escolà (1972). Aquesta espècie també l'hem trobat a la cova de l'Infern, una nova cavitat de la qual no hi havia constància. Aquest ortòpter es troba inclòs a la Llista Vermella d'Espècies Amenaçades de la UICN 2016 (Braud *et al.*, 2016). La distribució de *D. linderii* engloba els Pirineus Orientals i la serralada Transversal (Olmo–Vidal, 2002) i també ha estat registrada a la vessant francesa dels Pirineus (Bellés, 1987).

També podem confirmar la presència de l'opilió troglòfil *Astrobonus grillator* Simon, 1879 (Sclerosomatidae) en dues de les cavitats mostrejades al Montseny. *A. grillator* s'ha localitzat a l'avenc de les Pedreres, on va ser descobert per Bellés i Comas (1986), i a la cova del Moro, on va ser registrat per Rambla (1976) en un estudi sobre la distribució, morfologia i biologia d'aquesta espècie.

Finalment, però no per això menys important, hem d'assenyalar la captura d'un exemplar del pseudoescorpí endèmic *Ephippiochthonius catalonicus* (Beier, 1939) a l'avenc de Sant Roc, al massís de Garraf. Aquesta espècie sembla estar restringida a aquesta cavitat, que n'és la localitat típica, ja que les dues altres localitats conegudes per aquesta espècie a Tarragona i a València són dubtoses. Cal remarcar, doncs, la notable vulnerabilitat d'aquest rar pseudoescorpí en l'hipotètic cas de destrucció de l'única localitat coneguda de l'espècie al Garraf.

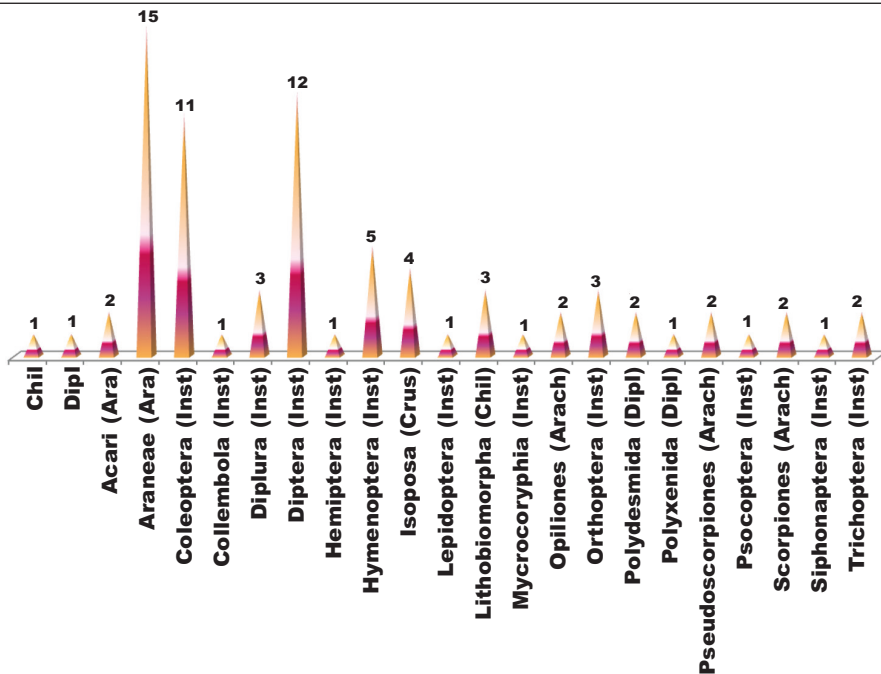


Fig. 6. Representació del nombre d'espècies, morfoespècies o taxons identificats per a cada grup estudiat. (Per les abreviatures, vegeu fig. 5).

Fig. 6. Representation of the numbers of species, morphospecies and taxa in each group studied. (For abbreviations see fig. 5).

La biocenosi associada

A les 19 coves i avencs visitats, a més dels exemplars de les espècies triades, es van recollir un total de 1.358 exemplars de sis classes d'artròpodes (Arachnida, Chilopoda, Crustacea, Diplopoda, Entognatha i Insecta), amb 23 ordres representats i 77 espècies i morfoespècies identificades.

Els dípters, amb 735 individus i 12 espècies, són el grup més abundant i el segon en riquesa (fig. 5 i 6). El segon grup més abundant, amb 209 exemplars, són els col·lèmbols, però malauradament no els hem pogut identificar a nivell d'espècie (fig. 5 i 6). El tercer grup, les aranyes, és el més abundant i el més ric en espècies, amb 131 individus i 15 espècies (fig. 5 i 6).

Com que tots els tàxons van ser identificats, registrats i documentats, les dades de recol·lecció i determinació de tots els exemplars són accessibles a través del portal de GBIF (<https://doi.org/10.15468/dl.y7gbdr>).

Conclusions

Les dades exposades constitueixen la informació més actualitzada dels artròpodes hipogeus estudiats, en particular dels troglobis. El conjunt d'aquestes dades, juntament amb la informació de les col·leccions històriques dipositades al Museu de Ciències Naturals de Barcelona, és una eina útil per a la gestió d'aquests hàbitats hipogeus per part dels òrgans competents. Tanmateix, ni les novetats trobades durant l'estudi ni la confirmació de la presència de les espècies prèviament citades a les cavitats no permeten, tot i la informació que aporten, establir conclusions concretes sobre l'estat de conservació de les poblacions de les diverses espècies triades o sobre el nivell d'alteració del seu hàbitat.

Agraïments

Volem agrair la col·laboració de tot el col·lectiu d'espeleòlegs que sempre han cregut en la importància de l'estudi i protecció de la fauna hipogea, molt especialment a Josep Pastor, Enric Lleopart, Agustí Meseguer i altres membres i col·laboradors de l'Associació Catalana de Bioespeleologia. Així mateix, volem donar les gràcies a tots els especialistes que han col·laborat en la identificació de les mostres, sense els quals hauria estat impossible avaluar la importància d'aquestes campanyes de recerca: Juan A. Zaragoza (Pseudoscorpins), Amador Viñolas i Jordi Comas (Coleoptera) i José A. Barrientos (Araneae). Agraïm al Dr. Miquel Arnedo i el seu equip les anàlisis moleculars preliminars. A Jordi Cadevall, la seva col·laboració en el registre de tota la col·lecció general de leiòdids i a Eulàlia Garcia Franquesa el gran suport que ha suposat la Unitat de Registre. Aquest estudi està finançat per la Diputació de Barcelona (DIBA) en el marc del Conveni per cooperar en projectes de recerca en ambients càrstics i de patrimoni de col·leccions (2018–2021). Volem agrair a Daniel Pons (DIBA) la seva confiança i el suport a aquests estudis. Alhora, estem en deute amb els tècnics de conservació Mireia Vila, Emilio Valbuena i Daniel Guinart i amb els guardes de les quatre àrees protegides pel suport tècnic i logístic que ens han ofert. I el nostre agraïment també a totes les persones de la Gerència de Serveis d'Espais Naturals que s'han esforçat per tirar endavant el conveni de col·laboració.

Volem agrair a Jordi Agulló i Katia Cezón el seu suport en la confecció de la llista que permet divulgar les dades al GBIF i a Carolina Trébol l'execució de la figura 1, esquema que representa la diversitat dels hàbitats hipogeus. No podríem acabar la secció sense agrair a Xavier Bellés, Damià Jaume i un assessor anònim la curiosa revisió a la qual han sotmès el manuscrit, que ha millorat considerablement.

En el mostreig de les espècies triades protegides hem respectat la legislació vigent capturant el nombre mínim d'exemplars possibles per portar a terme l'estudi.

Bibliografia

- Alexandri, F., 2011. Excursions a l'interior de la terra: 22 itineraris espeleològics. *Publicacions de l'Abadia de Montserrat*: 127.
- Amat i Carreras, R., 1924. Sota el massís de Garraf. Campanya de l'any 1923. *Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya*, 35(351): 109–136.
- Bellés, X., 1987. *Fauna cavernícola i intersticial de la península Ibèrica i les illes Balears*. Monografies científiques, 4. Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Editorial Moll, Madrid y Mallorca.
- Bellés, X., Comas, J., 1986. Fauna cavernícola al Montseny. L'Avenc de les Pedreres de Gualba. *Jornada de recerca naturalista al Montseny, Montseny*: 57–59.

- Bellés, X., Delay, B., Juberthie–Jupeau, L. 1986. *Speonomus canyellesi*, un Bathyscinae (Coleoptera, Catopidae) molt evolucionat endèmic del Montseny. A: *Jornada Recerca Naturalista al Montseny*: 69–73. Diputació de Barcelona, Barcelona.
- Bellés, X., Escolà, O., 1977. Nuevos datos sobre los *Speonomus* del grupo *delarouzei* (Fairmaire, 1860): *Parvospeonomus* subgen. nov. (Col. Bathysciinae). *Speleon*, 23: 33–37.
- Besuchet, C., 1974. Les Psélaphides cavernicoles de l'Espanya (Coleoptera Pselaphidae). *Miscel·lània Zoològica*, 3–4: 41–69.
- Braud, Y., Hochkirch, A., Presa, J. J., Roesti, C., Rutschmann, F., Zuna–Kratky, T., Fontana, P., Monnerat, C., Dusoulie, F., 2016. *Dolichopoda linderii*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016: e.T68314377A69673884, Doi: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T68314377A69673884.en> [consultada: desembre 2020].
- Bros, V., Guinart, D., 2007. La recerca i la conservació de la fauna d'invertebrats al Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. A: *VI Trobada d'Estudiosos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac*: 99–107. Diputació de Barcelona, Barcelona.
- Camacho, A. I., 2011. Conservación del medio subterráneo: Contaminación, recursos acuíferos kársticos, protección de cavidades. A: *Primer encuentro ibérico de biología subterránea: Biodiversidad, regiones biogeográficas y conservación de la fauna subterránea Hispano-lusa*: 367–368 (A. Sendra et al.). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, volumen 49, Zaragoza, <http://sea-entomologia.org/Publicaciones/PDF/BOLN_49/365400BSEA49Biodiversidadfaunasubterranea.pdf>
- Cieslak, A., Fresneda, J., Ribera, I., 2014. Life–history specialization was not an evolutionary dead–end in Pyrenean cave beetles. *Proceedings of the Royal Society B*, 281. Doi: [10.1098/rspb.2013.2978](https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2978)
- Comas, J., 2021. Dos noves espècies del gènere *Parvospeonomus* Bellés & Escolà, 1977 (Coleoptera: Leiodidae: Leptodirini). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 85(1): 29–34.
- Decu, V., Juberthie, C., 1998. Coléoptères (généralités et synthèse). A: *Encyclopaedia Biospeologica, tome II*: 1025–1030 (C. Juberthie, V. Decu, Eds.). Société de Biospéologie, Moulis–Bucarest.
- Elliott, W. R., 2012. Protecting caves i cave life. A: *Encyclopedia of caves (second edition)*: 624–634 (W. B. White, D. C. Culver, Eds.). Elsevier, Academic Press, Amsterdam, The Netherlands.
- Escolà, O., 1972. Los *Dolichopoda* de Cataluña. A: *Com. I. Congrés Nacional d'Espeleologia, Barcelona* (1970): 109–113. Diputació de Barcelona, Barcelona.
- 1978. Noves localitzacions de *Stenasellus virei* a la península Ibèrica, especialment a Catalunya. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 42 (Sec. Zool., 2): 119–122.
- Escolà, O., Bellés, X., 1984. Distribució geogràfica dels *Speonomus* del subgènere *Parvospeonomus* (Col. Catopidae Bathysciinae) al vessant meridional dels Pirineus. 3^a Sessió Conjunta d'Entomologia, ICHN–SCL, Mataró: 19–28.
- Español, F., 1964. Una interesante localización de *Speonomus* en las calizas paleozoicas de la cordillera litoral catalana. *Speleon*, 15(1–4): 49–59.
- Faille, A., Ribera, I., Deharveng, L., Bourdeau, C., Garnery, L., Quéinnec, E., Deuve, T., 2010. A molecular phylogeny shows the single origin of the Pyrenean subterranean Trechini ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Molecular Phylogenetics i Evolution*, 54: 97–106.
- Flaquer, V., 1978. *Stenasellus virei* (Crustacea, Isopoda, Asellota) de les aigües subterrànies de Catalunya. *Arxiu del Centre Excursionista de Terrassa. IV època*; núm. 15: 545–551.
- Flaquer, V., Segura, F., 1978. Contribució al coneixement del gènere *Stenasellus* Dollfus 1897 (Crustacea, Isopoda) de les cavitats subterrànies de Sant Llorenç del Munt – Serra de l'Obac. *Recull de treballs espeleològics SIS–6*: 31–36.
- Fresneda, J., 1998. Revisión de los géneros de Leptodirinae de la sección *Speonomus* del sur de Pirineos: géneros *Antrocharidius* Jeannel 1910, *Perriniella* Jeannel 1910, *Speonomus* Jeannel 1908, *Troglocharinus* Reitter 1908 y *Troglophytes* Abeille 1894 (Coleoptera,

- Cholevidae). *Mémoires de Biospéologie*, 25: 53–86.
- Fresneda, J., Salgado, J. M., 2016. *Catálogo de los Coleópteros Leiodidae Choleviniae Kirby, 1837 de la península Ibérica e islas Baleares*. Monografies del Museu de Ciències Naturals, volum 7. Consorci del Museu de Ciències Naturals de Barcelona.
- Grup Geogràfic de Gràcia, 1976. Nota sobre tres cavitades en Aiguafreda (Barcelona). *Cavernas* (19–20): 32–49. Grup d'Espeleologia de Badalona.
- Galán, C., 1993. Fauna hipógea de Guipúzcoa: su ecología, biogeografía y evolución. *Munibe (Ciencias Naturales)*, *Sociedad de Ciencias Aranzadi*, 45 (número monográfico): 3–163.
- Galán, C., 2005. Biología subterránea, dinamismo y protección de la fauna amenazada de la cueva de Aizkoate (Ernio Sur, Guipuzcoa). *Sociedad de Ciencias Aranzadi*, San Sebastián, <<http://www.aranzadi.eus/fileadmin/images/espeleologia/articulos/AizkoateTrTotal.pdf>>
- 2006. Conservación de la fauna cavernícola troglobia de Gipuzkoa: factores de amenaza [en línea]: *Sociedad de Ciencias Aranzadi*, San Sebastián, <http://www.aranzadi.eus/wp-content/files_mf/1298472606ConsFTG.Trabajo3.pdf>
- Galán, C., Herrera, F., 1998. Fauna cavernícola: ambiente, especiación y evolución. *Bol. SVE*, 32: 13–43.
- Giachino, P. M., Vailati, D., 1993. Revisione degli Anemadinae. Museo Cívico di Scienze Naturali di Brescia. *Monografie di "Natura Bresciana"*, 18: 1–314.
- Hervant, F., Renault, D., 2002. Long-term fasting i realimentation in hypogean i epigeal isopods: a proposed adaptive strategy for groundwater organisms. *Journal of Experimental Biology*, 205: 2079–2087.
- Juberthie, C., Decu, V., 1994. Structure et diversité du domaine souterrain: particularités des habitats et adaptations des espèces. A: *Encyclopaedia Biospeologica*, tome I: 5–22 (C. Juberthie, V. Decu, Eds.). Société de Biospéologie, Moulis–Bucarest.
- Mederos, J., Eiroa, E., López, B. C., 2019. Novedades para la fauna de Limoniidae y Tipulidae (Diptera) en la Península Ibérica y actualización de la lista de especies para el Parc Natural de la Serra de Collserola, Cataluña. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 83: 207–214.
- Mederos, J., Gago, S., Brañas, N., Fadrique, F., Caballero–López, B., Masó, G., 2020. A new *Dicranophragma* (Diptera: Limoniidae) from a hypogeous environment in Catalonia (Iberian Peninsula). *European Journal of Taxonomy*, 724: 109–121, Doi: [10.5852/ejt.2020.724.1163](https://doi.org/10.5852/ejt.2020.724.1163)
- Miñarro, J. M., Rubinat, F., 2014. Espeleoindex: Catàleg de Cavitats de Catalunya, <<http://www.Espeleoindex.com>> [consultada: gener 2020].
- Moldovan, O. T., 2012. Beetles. A: *Encyclopaedia of caves (second edition)*: 54–62 (W. B. White, D. C. Culver, Eds.). Elsevier, Academic Press, Amsterdam, The Netherlands.
- Niemiller, M. L., Tylor, S. J., 2019. Protecting cave life. A: *Encyclopedia of Caves, third edition*: 822–829 (W. B. White, D. C. Culver, T. Pipan, Eds.). Elsevier, Academic Press, Amsterdam, The Netherlands.
- Olmo–Vidal, J. M., 2002. *Atlas dels Ortòpters de Catalunya/Atlas de los Ortópteros de Catalunya/Atlas of Orthoptera of Catalonia*. CD–ROOM. Generalitat de Catalunya. Departament de Mediambient. Barcelona, <<http://www.genocat.net/mediamb/fauna/ortopters.htm>>
- Pastor, J., 2014. Recerca i estudi del registre de la fauna invertebrada descoberta a les cavitats del Parc de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. A: *VIII Trobada d'Estudiosos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac*: 42–47. Diputació de Barcelona, Barcelona.
- Pérez Fernández, T., Pérez Ruiz, A. (coord.), 2013. *Los invertebrados de hábitats subterráneos de Jaén*. Grupo de Espeleología de Villacarrillo, Jaén.
- Perreau, M., 2000. Catalogue des Coléoptères Leiodidae Choleviniae et Platypsyllinae. *Mémoires de la Société entomologique de France*, 4: 1–460.
- Rambla, M., 1976. Estudio de la especie *Astrobonus grallator* Simon, 1879 (Arachnida, Opiliones, Sclerosomatinae). *Miscelánea Zoológica*, 3(5): 53–68.
- Reboleira, A. S., Zaragoza, J. A., Gonçalves, F., Oromí, P., 2010. *Titanobochica*, surprising

- discovery of a new cave-dwelling genus from Southern Portugal (Arachnida: Pseudoscorpiones: Bochicidae). *Zootaxa*, 2681: 1–19.
- Rizzo, V., Comas, J., Fadrique, F., Fresneda, J., Ribera, I., 2013. Early Pliocene range expansion of a clade of subterranean Pyrenean beetles. *Journal of Biogeography*, 40: 1861–1873.
- Salgado, J. M., 2009. La fauna troglobia: Un tesoro de biodiversidad. Colonización, especiación, relaciones biogeográficas y filogenéticas. *Ambiociencias*, 5: 5–20.
- Salgado, J. M., Blas, M., Fresneda, J., 2008. Coleoptera, Cholevidae. A: *Fauna ibérica*, vol. 31 (M. A. Ramos et al., Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales–CSIC, Madrid.
- Sendra, A., Achurra, A., Barranco, P., Beruete, E., Borges, P. A. V., Herrero–Borgoñón, J. J., Camacho, A. I., Galán, C., García, LL., Jaume, D., Jordana, R., Modesto, J., Monsalve, M. A., Oromí, P., Ortuño, V. M., Prieto, C., Reboleira, A. S., Rodríguez, P., Salgado, J. M., Teruel, S., Tinaut, A., Zaragoza, J. A., 2011. Biodiversidad, regiones biogeográficas y conservación de la fauna subterránea hispano-lusa. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 49: 365–400.
- Tercafs, R., 1992. The protection of the subterranean environment. Conservation principles i management tools. A: *The Natural History of Biospeleology*: 481–524 (A. I. Camacho, Ed.). Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales, 7. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Verdú, J. R., Numa, C., Galante, E., 2011. *Atlas y Libro Rojo de los invertebrados amenazados de España (Especies Vulnerables), volumen 1: Artrópodos*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino, Madrid.
- Watson, J., Hamilton–Smith, E., Gillieson, D., Kiernan, K. (Eds.), 1997. *Guidelines for Cave i Karst Protection*. IUCN World Commission on Protected Areas. Prepared by the WCPA Working Group on Cave i Karst Protection. IUCN, Gland, Switzerland i Cambridge, UK.
- Zaragoza, J. A., 2005. *Troglobisium racovitzai* (Ellingsen, 1912). A: *Libro Rojo de los Invertebrados de España*: 81–82 (J. R. Verdú, E. Galante, Eds.). Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid (versión online).
- 2011. *Troglobisium racovitzai* (Ellingsen, 1912). A: *Atlas y Libro Rojo de los Invertebrados amenazados de España (Especies Vulnerables)*, volumen I: Artrópodos: 105–110 (J. R. Verdú, C. Numa, E. Galante, Eds.). Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid.