

## BIODIVERSIDAD, REGIONES BIOGEOGRÁFICAS Y CONSERVACIÓN DE LA FAUNA SUBTERRÁNEA HISPANO-LUSA

A.Sendra<sup>1</sup>, A. Achurra<sup>2</sup>, P. Barranco<sup>3</sup>, E. Beruete<sup>4</sup>, P.A.V.Borges<sup>5</sup>, J.J. Herrero-Borgoñón<sup>6</sup>, A.I. Camacho<sup>7</sup>, C. Galán<sup>8</sup>, L.I. García<sup>9</sup>, D. Jaume<sup>10</sup>, R. Jordana<sup>4</sup>, J. Modesto<sup>11</sup>, M.A. Monsalve<sup>12</sup>, P. Oromí<sup>13</sup>, V.M. Ortuño<sup>14</sup>, C. Prieto<sup>15</sup>, A.S. Reboleira<sup>16</sup>, P. Rodríguez<sup>2</sup>, J.M. Salgado<sup>17</sup>, S. Teruel<sup>1</sup>, A. Tinaut<sup>18</sup> & J.A. Zaragoza<sup>19</sup>

<sup>1</sup> Museu Valencià d'Història Natural (Fundación Entomológica Torres Sala) Passeig de la Petxina 15, 46008 Valencia, Alberto.Sendra@uv.es, santirtm@gmail.com • <sup>2</sup> Departamento de Zoology & Anim. Cell. Biol. Faculty of Science and Technology. University of the Basque Country. Box. 644, 48080 Bilbao, España, pilar.rodriguez@ehu.es • <sup>3</sup> Departamento de Biología Aplicada. Cite II-B. Universidad de Almería. 04120 Almería. pbvega@ual.es • <sup>4</sup> Departamento de Zoología y Ecología, Universidad de Navarra. • <sup>5</sup> Departamento de Ciências Agrárias – CITAA (Azorean Biodiversity Group), Universidade dos Açores, 9700-042 Angra do Heroísmo, Portugal. pborges@uac.pt • <sup>6</sup> F.M. Escuela de Jardinería y Paisaje. Ayuntamiento de Valencia. • <sup>7</sup> Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva. c/ José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid (España). mcnac22@mncn.csic.es • <sup>8</sup> Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi, cegalham@yahoo.es • <sup>9</sup> Museu Balear de Ciències Naturals, Apartado de Correos nº 55, 07100 Sóller, Mallorca, Illes Balears, teleline.es • <sup>10</sup> IMEDEA (CSIC-UIB), Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados. c/ Miquel Marqués 21, 07190 Esporles, Illes Balears. • <sup>11</sup> Vocalía de Coservación de Cavidades, Federación Valenciana de Espeleología. • <sup>12</sup> Sociedad Española de Española de Conservación y Estudio de los Murciélagos (SECEMU) www.secemu.org – anillamiento@secemu.org • <sup>13</sup> Departamento de Biología Animal. Universidad de La Laguna. 38206 La Laguna, Tenerife • <sup>14</sup> Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Biología. Universidad de Alcalá. E-28871 Alcalá de Henares, Madrid. Spain. vicente.ortuno@uah.es • <sup>15</sup> Lab. de Aracnología & Malacología, Departamento de Zoología y Biología Celular Animal. Facultad Ciencia y Tecnología, Universidad País Vasco. Apdo. 644, 48080-Bilbao, España. • <sup>16</sup> Centro de Estudos do Ambiente e do Mar & Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro. Portugal, sreboleira@ua.pt • <sup>17</sup> Departamento de Ecología y Biología Animal. Campus As Lagoas – Marcosende. Universidad de Vigo. E-363130 Vigo, Pontevedra. Spain. jmsalgadocostas@uvigo.es • <sup>18</sup> Departamento de Zoología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. 18071 Granada. España. hormiga@ugr.es • <sup>19</sup> Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, E-03080 España. – ja.zaragoza@ua.es

### PRIMER ENCUENTRO IBÉRICO DE BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA

El primer Encuentro Ibérico de Biología Subterránea, celebrado en Valencia el pasado julio de 2009, logró reunir un nutrido elenco de investigadores y profesionales en diversos aspectos de la Biología Subterránea que trabajan en España y Portugal. Entre los objetivos del citado encuentro se pretendía publicar los resúmenes de las ponencias que abordaron la biodiversidad, distribución y aspectos de conservación de la fauna y flora del medio subterráneo de la Península Ibérica e islas Baleares, Canarias y Azores. Sin embargo, no todos los grupos y regiones biogeográficas quedaron representados en el encuentro de Valencia, por lo que se decidió proponer la colaboración a otros especialistas. El siguiente artículo nos aproxima de forma breve y concisa al estado actual de los conocimientos en el campo de la biología subterránea hispano-lusa completado. Textos que se acompañan de una selección de referencias y material gráfico.

En la redacción del artículo se ha querido respetar la organización de ponencias seguida en el encuentro de Valencia, de tal modo que, en primer lugar, se aborda la **biodiversidad** que se puede hallar en el medio subterráneo ibero-insular. Desafortunadamente, y por motivos diversos, en esta primera parte algunos grupos importantes no han podido incluirse, como araneidos, quilópodos o diplópodos; también se echa en falta algunos grupos que a pesar de hallarse escasamente representados si poseen unas pocas especies estrictamente dependientes del medio subterráneo, como ácaros, palpígrados o zigentomas, entre otros. Por cuestiones prácticas, los crustáceos de vida acuática con una alta diversidad en el me-

dio subterráneo han sido reunidos bajo un solo epígrafe, con excepción de las batinelas. En segundo lugar, son tratadas las distintas **regiones biogeográficas** que abarca el territorio hispano-luso, siguiendo con cierta fidelidad la división clásica, propuesta por el Dr. Francesc Español (1969)<sup>1</sup>. Por último, y en tercer lugar, son tratados algunos aspectos de la **conservación** de la biodiversidad y de los espacios subterráneos, con referencia a la problemática en España y Portugal.

### Biodiversidad

#### Pseudoescorpiones. Juan Antonio Zaragoza.

Los pseudoescorpiones son arácnidos terrestres distribuidos por todo el planeta, preferentemente por las zonas templadas y tropicales. Se conocen actualmente 3.385 especies clasificadas en 25 familias (Harvey, 2009) y cuyo número crece constantemente con nuevas descripciones. Se trata de artrópodos de pequeño tamaño, de 0,8 mm a 1 cm de longitud corporal, el cuerpo se halla dividido en dos tagmas: prosoma y opistosoma, unidos sin estrechamiento alguno, el prosoma consta de seis metámeros con un par de apéndices cada uno: los quelíceros, los pedipalpos y cuatro pares de patas, el prosoma dorsalmente está constituido por una placa única o escudo prosómico y está provisto de uno o dos pares de ojos que frecuentemente están ausentes en las especies de vida subterránea, el opistosoma consta de doce metámeros (Zaragoza, 2004). Presentan cuatro estadios post-embrionarios: protoninfa, deutoninfa, tritoninfa y adulto, las mudas se realizan en cámaras de seda segregada por la galea del dedo móvil del quelíceros. La genitalia es interna y la reproducción se realiza

mediante espermátos. Algunas familias presentan marcada tendencia a practicar la foresia sobre insectos voladores, lo que facilita la dispersión y colonización de nuevos territorios (Domínguez *et al.*, 2008).

Se conocen 14 familias presentes en la Península Ibérica, distribuidas en 41 géneros y 184 especies y subespecies, de las que más de un tercio son endemismos ligados al medio subterráneo, de éstas una minoría son endógenas y el resto hipógeas localizadas mayoritariamente en cuevas (p.e. Zaragoza, 2007). El troglomorfo en los pseudoscorpiones se manifiesta por la despigmentación y adelgazamiento de la cutícula, la ausencia o reducción ocular y el alargamiento de los apéndices, particularmente de los pedipalpos. Las especies hipógeas ibéricas vienen siendo estudiadas desde principios del pasado siglo (p.e. Beier, 1939, 1963; Mahnert, 1977; Nonidez, 1925). Cinco familias están representadas con especies que muestran adaptaciones al medio hipógeo y algunas de ellas son verdaderos troglobios: Chthoniidae, Neobisiidae, Bochicidae, Larcidae y Syarinidae, particularmente abundantes en las dos primeras. Los Chthoniidae son especies de muy pequeño tamaño, el género *Chthonius* (subgénero *Ephippiochthonius*) es el más abundante, presenta una distribución dispersa y sin responder a un patrón reconocible por todas las áreas cársticas de la Península Ibérica y sin responder a un patrón reconocible; la familia cuenta con elementos endógenos, del MSS y del MSP, con un alto grado de endemismo y además los géneros *Mundochthonius gallaecicus* Zaragoza & Harvey, 2006 (Lugo), *Speyngochthonius heurtaultae* Vachon, 1937 (Tarragona) y *Paraliochthonius barrancoi* (Carabjal Márquez, García Carrillo & Rodríguez Fernández, 2001) (Almería) muestran distribución relictual. Entre los Neobisiidae se halla el mayor número de especies troglobias, en esta familia se distinguen bien las distribuciones geográficas acotadas para cada género: *Neobisium (Blothrus)* (Norte Peninsular, desde Asturias hasta Lérida), *Neobisium (Ommatoblothrus)* (Andalucía), *Roncus* (Este de España, desde Alicante a Gerona, Islas Baleares), *Acanthocreagris* (Este de España, desde Castellón hasta Gerona), *Roncocreagris* (Oeste-Noroeste, Centro de Portugal hasta Galicia y Asturias) (Zaragoza, 1986). Las familias Bochicidae y Syarinidae son las que cuentan con los representantes hipógeos más antiguos de la Península Ibérica, claramente relictuales y aislados de la distribución del grueso de sus familias (América principalmente), además con extraordinarias incorporaciones muy recientes de dos nuevos géneros y una nueva subfamilia: *Troglobisium racovitzai* (Ellingsen, 1912) (Este de España, desde Castellón hasta Barcelona), *Titanobochica magna* Zaragoza & Reboleira, 2010 (Sur de Portugal, Algarve) (figura 1) y *Arcanobisium comasi* Zaragoza, 2010 (figura 2) (Castellón, España) (Reboleira *et al.*, 2010; Zaragoza, 2006, 2010). La familia Larcidae, con el género *Larca* del que se conocen tan sólo 10 especies a nivel mundial, está representado con tres especies tan sólo localizadas en cuevas del Este y Levante español: *Larca hispanica* Beier, 1939, *Larca fortunata* Zaragoza, 2005 y *Larca lucentina* Zaragoza, 2005 y cuya historia de adaptación al medio subterráneo parece ligada a regresión de la masa forestal (Zaragoza, 2005). Algunos géneros de la familia Chernetidae son citados con una cierta frecuencia de cuevas, aunque no presentan adaptación reseñable al medio subterráneo y su presencia está generalmente limitada a las bocas de entrada, en ocasiones ligada a fauna guanobio.

En el MSS y cuevas volcánicas de las islas que integran la Macaronesia se hallan abundantes endemismos pertenecientes a las familias Chthoniidae [*Chthonius (Ephippiochthonius)*, *Lagynochthonius*, *Paraliochthonius*] y Syarinidae (*Microcreagrina*, *Pseudoblothrus*), con perspectivas de incrementarse considerablemente a tenor de los últimos descubrimientos (p.e. Mahnert, 1990, 1993, 1997, 2002, 2011; Zaragoza *et al.*, 2004).

#### **Opiliones. Carlos Prieto.**

Los opiliones, con más de 6300 especies repartidas en 45 familias y cuatro subórdenes (Pinto-da-Rocha *et al.*, 2007) constituyen el cuarto orden de los arácnidos en el número de especies. Es un grupo claramente reconocible por varias características fácilmente reconocibles como presentar prosoma y opistosoma ampliamente fusionados, un único par de ojos sobre una prominencia ocular común, un par de glándulas repugnatorias sobre las coxas del primero o segundo par de patas y quelíceros de tres artejos formando una pinza. A pesar de reconocer su singularidad zoológica, mucha gente los considera una clase de arañas. Otras características singulares son la ausencia de glándulas sericígenas, la capacidad de ingerir partículas de alimento sólido, la respiración mediante tráqueas abiertas por espiráculos situados tras el último par de coxas y la presencia de un pene oculto bajo un opérculo genital ventral.

Como otros arácnidos, son mayoritariamente carnívoros, sin descartar la necrofilia, por lo que están preadaptados para el medio cavernícola, donde están muy bien representados (un 15% de las 120 especies ibéricas), situándose en la cúspide de la pirámide trófica terrestre junto a pseudoscorpiones, quilópodos y carábidos. Los cuatro subórdenes incluyen especies cavernícolas, pero sólo los laniadores y los dispoos incluyen especies troglobias, ya que las descritas para cifo-faltos y eupnoos parecen ser formas epigeas encontradas en las zonas de entrada de las cavidades. *Iberosiro distylos* De Bivort & Giribet, 2004 es el único cifo-faltos ibérico descrito de una pequeña cueva de la sierra de Montejunto (Estremadura, Portugal), y los esclerosomátidos *Leiobunum granulatum* Prieto & Fernández, 2007 y *L. levantinum* Prieto & Fernández, 2007 son los dos únicos eupnoos ibéricos descritos de cavidades, del este y del sureste ibérico, respectivamente. El género *Leiobunum* es conocido por presentar fenómenos de agregación, a veces de cientos de individuos, en lugares con condiciones favorables de humedad, oscuridad y temperatura, por lo que forman grupos en paredes y techos de las galerías de entrada.

El endemismo catalán *Astrobonus grillator* (Simon, 1879) ha sido citado frecuentemente en las entradas, y *Gyas titanus* Simon, 1879 es otro esclerosomátido de enorme tamaño y hábitos ripícolas extendido desde el Montseny hasta el norte de Portugal, incluyendo Pirineos y Montes Cantábricos. Es común en las paredes y techos de las galerías de entrada de las cavidades, especialmente si están atravesadas por cursos de agua, donde comparte biotopo con opiliones troglófilos del género *Ischyropsalis*.

Los dispoos son un suborden holártico representados en la Península por cinco de sus siete familias, y dados sus hábitos muscícolas y edáficos, incluyen varias especies ligadas al medio cavernícola. *Dicranolasma soerenseni* (Thorell, 1876) es el único dicranolasmátido ibérico y está extendido por la región mediterránea, con capacidad de aglutinar partí-

culas terrosas como camuflaje y frecuente en las galerías de entrada, donde parece capaz de cerrar su ciclo biológico. Los nemastomátidos constituyen una familia ampliamente representada en la Península; dejando aparte a las troglófilas [*Acromitostoma hispanum* (Roewer, 1917) y *A. rhinoceros* (Roewer, 1917) en Andalucía; *Nemastomella dubia* (Mello-Leitao, 1936) en Cataluña y *Nemastomella bacillifera* (Simon, 1879) en la región cántabro-pirenaica, donde la subespecie *N. b. carbonaria* sólo se conoce de una cavidad oscense], las especies cavernícolas son especialmente interesantes. *Nemastomella manicata* (Simon, 1913) de las Minas de Canal (Lérida) y *Nemastomella gevia* Prieto, 2004 de las cuevas de Jaén parecen ser troglobios recientes. “*Nemastoma*” *sexmucronatum* Simon, 1911, endemismo restringido a cavidades de Cantabria y oeste de Vizcaya, parece un elemento taxonómicamente aislado, pero la especie más sobresaliente es un troglobio anoftalmo y despigmentado conocido únicamente de un par de cavidades de los Montes de Triano (Vizcaya) y que no muestra relación con ninguna otra especie ibérica; todavía inédito, se describirá con el nombre de *Burnia spelaea* (Prieto, in prep).

Los sabacónidos ibéricos se distribuyen desde el Montseny (Cataluña) al extremo norte de Portugal (Martens, 1983), pero sólo dos se conocen exclusivamente de cuevas, *Sabacon picosantrum* Martens, 1983 de Picos de Europa y *S. pasonianus* González-Luque, 1992 de los Montes del Asón y Miera. Los isquiropsálidos son la única familia europea; su único género incluye una veintena de especies, de las que una docena son ibéricas. Dividido por Martens (1969) en tres grupos de especies, sólo el grupo *kollari* alberga especies troglobias, acantonadas en los montes del País Vasco y relieves circundantes (Prieto, 1991): *Ischyropsalis dispar* Simon, 1872 se extiende por diversos macizos del este de Cantabria, norte de Burgos, Vizcaya, Álava y suroeste de Guipúzcoa, pero las otras tres están mucho más restringidas, *I. gigantea* Dresco, 1968 en los Montes del Asón, *I. magdalenae* Simon, 1881 en los Montes de Triano e *I. navarrensensis* Roewer, 1950 en los macizos de Aralar y Andía. Una población aislada en un macizo costero de Guipúzcoa podría constituir una especie diferente de las anteriores. Las especies troglófilas (figura 3) pertenecen al grupo *dentipalpis* y se distribuyen alopatricamente desde el Montseny (Cataluña) hasta el tercio norte de Portugal (Prieto, 1990), con *Ischyropsalis petiginosa* Simon 1913 como especie más interesante porque solamente ha sido citada de las cavidades de la región que rodea Picos de Europa.

Los laniatores son un suborden con distribución mayoritariamente pantropical, pero las dos familias con representantes ibéricos son holárticas. La decena de falangódidos ibéricos se distribuyen por la región mediterránea y la mayoría son epigeas. *Scotolemon lucasi* (Simon, 1872) de la vertiente norte de los Pirineos centrales, *Ptychosoma espanoli* (Rambla, 1977) del norte de Castellón y *P. balearicum* (Rambla, 1977) del norte de Mallorca son especies cavernícolas, pero la región levantina alberga más troglobios, todavía innominados, del género *Scotolemon*. Los travúnidos tienen distribución pirenaico-cantábrica y están representados por cinco especies, todas con presencia en las cavidades, de las que tres son troglobias: *Arbasus caecus* (Simon, 1911) en el macizo de Arbas (Pirineos centrales), *Hadziana sarea* (Simon, 1879) en las cuevas de Sare (figura 4) y *Hadziana navarica* (Simon, 1879) en las cuevas de Guipúzcoa y norte de Navarra.

### Crustáceos acuáticos: Malacostraca, Syncarida Bathynellacea. Ana Isabel Camacho.

Los Syncarida (Packard, 1886) son crustáceos muy antiguos y estaban bien diversificados en el Paleozoico. Vivían en los mares tropicales del hemisferio norte (Brooks, 1962; Schram, 1981) y en el Carbonífero y el Pérmico ya poblaban las aguas margino-litorales, las lagunas y los estuarios de la Laurentia, extendiendo su área de dispersión a los territorios de Gondwana en el Permo-Trías (245 ma). Los fósiles más antiguos (Paleocaris) que se conocen proceden de sedimentos marinos del Devónico y el Carbonífero (Noodt, 1964; Schram, 1984). Los fósiles Pérmicos (295-245 ma) han aparecido ya en sedimentos límnicos, así que se supone que abandonaron el agua marina en esas épocas y pudieron alcanzar las masas continentales, dispersándose por la Pangea en el Trías y el Jurásico (245-180 ma), por lo que pueden ser consideradas las formas dulceacuícolas más antiguas, y están filogenéticamente emparentadas con los batineláceos. La fragmentación de la Pangea a comienzos de Mesozoico (245 ma) pudo romper la continuidad de la distribución cosmopolita del grupo, y su posterior aislamiento sobre las diferentes placas pudo conducir a una evolución por vicarianza (Schram, 1977). De Bathynellacea Chappuis, 1915 no existe registro fósil alguno, y todas las especies actuales son estigobias, salvo dos de vida libre que habitan en los sedimentos profundos del lago Baikal (entre 100 y 1400 m). Están distribuidas por todos los continentes, excepto la Antártida, a pesar de su escasa capacidad de dispersión, ya que carecen de larvas nadadoras u otros mecanismos de dispersión activa. La tectónica de placas permite comprender la amplia distribución de algunos géneros a escala planetaria, pero esta hipótesis resulta insuficiente para explicar las distribuciones actuales a escala continental o a pequeña escala en sectores geográficos más reducidos (Coinneau, 1996, 1998).

Los batineláceos son animales arcaicos, conservan la furca caudal -carácter que es considerado primitivo entre los Malacostraca (Schminke, 1974)-, mientras que su desarrollo neoténico les confiere algunas características apomórficas entre los crustáceos, como es la tendencia a la simplificación general de estructuras (reducción del número de apéndices, de segmentos, de espinas y de sedas). Son animales muy pequeños; pocas veces superan el milímetro de longitud, si bien hay un género australiano, *Billibathynella* Cho, 2005, cuyos representantes pueden medir hasta 6,5 mm. Son alargados, de cuerpo más o menos cilíndrico, ciegos y despigmentados. En la cabeza conservan dos pares de antenas, un labro impar, paragnatos en algunos casos y 3 pares más de piezas bucales (mandíbula, maxillula y maxila). Carecen de estatocistos. Presentan 6 ó 7 pares de patas torácicas; el octavo par está transformado en órgano copulador en los machos y está muy reducido en las hembras. La mayoría de los géneros carecen de apéndices en el abdomen, o bien los presentan reducidos a un primer par muy simplificado. Tras el quinto segmento del abdomen está el pleotelson, con furca y urópodos y un opérculo anal más o menos desarrollado. En general se alimentan de detritus, pero en ocasiones pueden atrapar presas que engullen con sus piezas bucales. Son de sexos separados. El gonoporo se encuentra en el octavo segmento del tórax en los machos. Se abre entre los lóbulos del pene y el macho deposita el espermatóforo entre los segmentos torácicos cinco y seis de la hembra, que guarda en su abdomen, durante muchos meses, el único huevo fecundado en cada etapa reproductiva.

Una vez que el huevo es soltado al agua enseguida eclosiona. Todas las fases de la metamorfosis tienen lugar dentro del huevo, y la forma que surge de éste es idéntica al adulto, pero con menor número de patas, que se irán desarrollando en cada muda.

Así como los crustáceos son los animales predominantes en las aguas subterráneas, el único grupo que en la actualidad vive exclusivamente en ellas son los batineláceos. Estos animales, más que formas subterráneas son considerados estigobios, ya que viven en el agua que rellena los intersticios que quedan entre los granos de arena de los sedimentos subterráneos. Podemos acceder a ellos en las fuentes y surgencias, en los pozos artificiales, en el medio hiporreico de ríos y arroyos epigeos e hipogeos y en cualquier medio acuático de cuevas y simas (gours, charcos, pozas, sifones, etcétera).

Los batineláceos constituyen un grupo pequeño, pues sólo se conocen en el mundo unas 270 especies; pero también es cierto que se ha prospectado poco su hábitat en muchas partes de la tierra, dada la inaccesibilidad del mismo. Además son pocos los taxónomos que se dedican al estudio de este complicado grupo de crustáceos. Actualmente se admite la existencia de 3 familias: Parabathynellidae, con 44 géneros y 158 especies conocidas por todo el mundo, Leptobathynellidae, con 7 géneros y 16 especies que sólo viven en América del sur, África y sur de la India (Ranga Reddy *et al.*, 2011) y Bathynellidae, con 15 géneros y unas 100 especies y subespecies que viven por todo el planeta y necesitan una gran revisión taxonómica, pues más de la mitad de las especies se incluyen en el género *Bathynella* Vejdovsky, 1882, cosa altamente improbable según Serban (2000). La mayoría de las especies sólo se han encontrado en la localidad tipo y más de la mitad de los géneros, 36, son monotípicos. Es de suponer que el grupo es mucho más diverso de lo que se pensaba, ya que en los últimos años se están describiendo muchas nuevas especies, sobre todo de Australia, Asia, Norteamérica y España.

La Península Ibérica es una de las zonas del mundo más diversa en cuanto a Bathynellacea se refiere. Su diversidad, en número de especies, es equiparable a la australiana (43 especies). En España y Portugal se han encontrado 31 especies de la familia Parabathynellidae, de las 39 especies europeas. La familia Bathynellidae cuenta en España con tan sólo 4 especies bien descritas (de las 51 especies europeas que necesitan ser re-estudiadas), y una quincena más identificadas como nuevos géneros y especies, pero aún sin describir. Esto supone que una quinta parte de las especies de todo el mundo, y casi la mitad de las europeas, vive en España (Camacho & Valdecasas, 2008). El género más diverso del grupo, *Iberobathynella* Schminke, 1973, es endémico de la Península Ibérica y cuenta con 22 especies repartidas por las aguas subterráneas de toda la Península (Camacho, 2003, 2006a y siguientes). Del único género cosmopolita, *Hexabathynella* Schminke, 1972, viven en España 4 especies (figura 5) de las 23 que se conocen en todo el mundo. Otros géneros endémicos de la Península Ibérica son *Guadalopebathynella* Camacho et Serban, 1998 (una especie) y *Hexaiberobathynella* Camacho et Serban, 1998 (2 especies). El último género de la familia Parabathynellidae presente en España es *Paraiberobathynella* Camacho et Serban, 1998, que cuenta con dos especies aquí y una en el norte de África. Las especies de la familia Bathynellidae encontradas en España están en fase de estudio, por lo que sería prematuro hacer balance, ya que hay

identificados muchos nuevos géneros que deben ser formalmente descritos. Hay 3 especies del género *Vejdovskybathynella* Serban et Leclerc, 1984 bien descritas, provenientes de cavidades del Norte de España (figura 5) y una especie, *Hispanobathynella catalanensis* (Serban, Coineau & Delamare Debutteville, 1971) de Cataluña. Tanto en muestras de Portugal como de diferentes partes de España, y procedentes de distintos medios, se han identificado formas muy distintas a las conocidas que proporcionarán nuevas especies para la ciencia una vez finalice su estudio morfológico.

Todas estas especies han sido halladas en cuevas, surgencias, pozos y en el medio intersticial asociado a ríos epigeos por toda la geografía peninsular y en la isla de Mallorca. Por zonas, la mayor diversidad se concentra en la Cornisa Cantábrica, donde se conocen más de 15 especies. En Extremadura, en cambio, no se ha encontrado especie alguna (Camacho, 2003 y siguientes). A pequeña escala, el Sistema Kárstico de Ojo Guareña (Burgos), con sus más de 100 km de recorrido conocido, es el que constituye un punto caliente de biodiversidad de batinelas, ya que se han encontrado 5 especies endémicas (Camacho *et al.*, 2006b). No queremos hacer un balance más detallado o poner más énfasis en las cifras, ya que, sin duda, cambiarán en un plazo breve. Gracias a los estudios moleculares se están descubriendo una gran número de especies crípticas (Camacho *et al.*, 2011 y en preparación; Guzik *et al.*, 2008) que habían pasado desapercibidas con los estudios taxonómicos clásicos (morfológicos), debido al escaso cambio morfológico que presentan las especies hermanas. Esto puede ser debido, en parte, a que la fragmentación del hábitat subterráneo ha hecho que las especies se separaron de sus ancestros en tiempos remotos, con lo que ha pasado tiempo suficiente para que se hayan dado los fenómenos de especiación subsecuentes, conduciendo a diferentes linajes, con gran divergencia genética, que la convergencia morfológica y la pedomorfosis han enmascarado. Esto implica que el escrutinio de las poblaciones debe ser exhaustivo para que no se "escapen" ejemplares morfológicamente muy parecidos pero genéticamente diferentes, y significa que la diversidad de batinelas ha sido infravalorada, como ocurre con la mayoría de grupos de fauna acuática subterránea. Así, en este grupo tan peculiar, habitante exclusivo de las aguas subterráneas, se impone una taxonomía integrativa, que aúne estudios morfológicos y moleculares que permitan revelar la verdadera diversidad de una fauna única, antigua y mucho más diversa de lo que a primera vista pudiera parecer.

#### **Crustáceos malacostráceos eucáridos y peracáridos. Damià Jaume.**

Se presenta una sinopsis de la diversidad alcanzada por el resto de grupos de crustáceos malacostráceos con representación en nuestras aguas subterráneas: los superórdenes Eucarida (Decápodos) y Peracarida (anfípodos, isópodos, termosbenáceos y misidáceos).

Los decápodos, orden Decapoda (cangrejos, gambas y afines) cuentan con un único representante genuinamente cavernícola en la Península Ibérica, el atíido *Typhlatya miravetensis* Sanz & Platvoet, 1995 (Fam. Atyidae) (figura 6), perteneciente a un género exclusivamente estigobionte de distribución anfí-atlántica, integrado por 16 especies con distribución muy reducida y localizada en la península del Yucatán (México), numerosas localidades del Caribe y Bahamas, las islas atlánticas de Bermuda y Ascensión, y dos

localidades en la costa del Mediterráneo occidental: en Castellón (caso de nuestra especie) y Perpiñán (Francia) (Sanz & Platvoet, 1995). Además, se halla aún pendiente de descripción formal una nueva especie de alféido (Fam. Alpheidae) del género *Bermudacaris* hallado dos cavidades anquialinas del litoral SE mallorquín. El género cuenta con otras dos especies cavernícolas, en Belice y Bermuda (Anker, 2008), así como con otras dos de fondos marinos someros en Australia occidental y Vietnam.

El orden Amphipoda es el segundo grupo de crustáceos más diversificado –tras los isópodos– en aguas subterráneas ibero-baleares, con 74 especies repartidas entre 15 géneros y 10 familias. Cinco de estos géneros son endémicos, mientras que *Sensonator valentiensis* Notenboom, 1988 (fam. *incertae sedis*) puede representar la única familia endémica de crustáceos de nuestras aguas. Este último taxón tiene una distribución muy limitada al sur de Valencia, y no ha vuelto a ser colectado desde su descubrimiento pese a reiterados intentos (Notenboom, 1988a). Los Niphargidae, familia típicamente subterránea propia de aguas centroeuropeas y de Oriente Próximo, cuentan con dos de sus nueve géneros representados en la Península, *Niphargus* y *Haploginglymus*, este último endemismo ibérico. Los *Niphargus*, extremadamente diversificados en el resto de su área de distribución (alrededor de 300 especies formalmente descritas), se hallan acantonados en la Península al N del Ebro, penetrando en la cornisa cantábrica hasta el E de Santander y N de Burgos. Se han citado hasta ahora tres especies, dos en aguas del País Vasco-Santander-Burgos (*N. cismontanus* Margalef, 1952 y *N. longicaudatus* Costa, 1851), y otra en Cataluña (*N. delamarei* Ruffo, 1954). *N. cismontanus* es un endemismo del País Vasco, mientras que las otras dos especies se hallan también al otro lado del Pirineo, si bien es muy probable que un re-análisis del material ibérico revele que se trate también de especies endémicas (ver Notenboom, 1990 y referencias allí citadas). Los *Haploginglymus* se comportan mayoritariamente como alopátricos con respecto a *Niphargus*, y parecen tener una distribución generalizada en la Península al sur del Ebro, aunque se han citado también al norte de dicho río, si bien no con tanta profusión. Se han descrito formalmente únicamente cinco especies hasta la fecha, respectivamente de aguas de Portugal, Santander, Guadalajara, Lérida y Zaragoza (ver Iannilli *et al.*, 2009 y referencias allí consignadas). Los salentinélidos (Fam. Salentinellidae) son exclusivamente estigobiontes y propios la región peri-Mediterránea. Se han descrito siete especies endémicas de *Salentinella* en aguas ibéricas (Platvoet, 1987; Messouli, 2002), muy localizadas y distribuidas principalmente a lo largo de la cuenca del Ebro, Guadalquivir y franja costera Mediterránea, pero también en las del Duero, Tajo y cursos fluviales de la Cornisa Cantábrica. Otra especie, *Salentinella angelieri* Ruffo & Delamare Deboutteville, 1952 tiene una amplia distribución peri-mediterránea, incluyendo además de la región costera mediterránea ibérica y balear, la francesa, Córcega, Cerdeña, Italia peninsular, Croacia y el Peloponeso, además de Marruecos y Argelia. Finalmente, *Salentinella petiti* Coineau, 1963, una especie propia de la región de Dordogne (Francia) se ha citado en los alrededores de Zugarramurdi (Navarra), si bien cabría confirmar esta asignación. *Metahadzia* es el único género de hadziido (Fam. Hadziidae) presente en nuestras aguas, con dos especies: *Metahadzia tavaresi* Mateus & Mateus, 1972, propia de pozos costeros del Algarve, y *M. unispina* Notenboom, 1988, hallada en

pozos y cuevas del bajo Guadalquivir. El género está integrado por otras tres especies, también estigobiontes, propias del sur de Italia y el Peloponeso (ver Notenboom, 1988b y referencias allí consignadas). Los melítidos (Fam. Melitidae), grupo preponderantemente marino, están representados por dos especies: *Psammogammarus burri* Jaume & García, 1992, conocido exclusivamente en una cueva anquialina del archipiélago de Cabrera, y *Nuuanu beatricis* Jaume & Box, 2006, especie micro-oculada propia de fondos de arena gruesa del infralitoral de Mallorca. El género *Psammogammarus* está integrado por 14 especies, la mayoría intersticiales marinas pero también algunas cavernícolas, distribuidas por latitudes tropicales-subtropicales desde Indonesia hasta Baja California, faltando exclusivamente en el océano Pacífico (ver Vonk *et al.*, 2011). *Nuuanu*, por su parte, consta de 11 especies de fondos someros de arena gruesa aunque hay una propia del mar profundo, con distribuciones muy localizadas en prácticamente todos los mares tropicales-subtropicales a excepción del Atlántico (Jaume & Box, 2006). Los pseudonifárgidos (Fam. Pseudoniphargidae), exclusivamente estigobiontes, son el grupo de anfípodos más diversificado en nuestras aguas, hallándose representados los dos géneros integrantes de la familia. *Parapseudoniphargus baetis* Notenboom, 1988, es un género monotípico propio del medio hiporreico del río Guadalquivir, mientras que *Pseudoniphargus* cuenta en nuestro territorio con 38 de las 66 especies formalmente descritas hasta la fecha (ver Jaume, 1991 y referencias allí consignadas). Es este último un género de distribución anfi-atlántica, propio de cuevas, pozos y medio intersticial de Bermuda, Azores, Madeira, Canarias, Península Ibérica, y resto de países ribereños e islas del Mediterráneo occidental y central. Todas las especies ibero-baleares son endémicas a excepción de *Pseudoniphargus adriaticus* Karaman, 1955, presente en numerosas localidades mediterráneas. Los metacrangoníctidos (Fam. Metacrangonyctidae) son estigobiontes y tienen, como el grupo anterior, una distribución global anfi-atlántica. En nuestro territorio sólo se ha citado *Metacrangonyx longipes* Chevreux, 1909, endemismo de amplia distribución en los acuíferos de Mallorca y Menorca (Bauzà-Ribot *et al.*, 2011). Las restantes 18 especies de la familia se distribuyen por la Hispaniola (Antillas), Fuerteventura, Marruecos, Isla de Elba, Depresión del Mar Muerto y Península del Sinaí (ver Messouli *et al.*, 2008 y referencias allí reseñadas). Recientemente se han descubierto también en Omán (Península Árabe). Los bogidiélidos (Fam. Bogidiellidae) constituyen otra de las familias de anfípodos típica de las aguas subterráneas y una de las más diversificadas, con alrededor de 116 especies repartidas en 27 géneros. En nuestras aguas está representada por 9 especies de *Bogidiella*. Siete de ellas se hallan en la Península, donde faltan aparentemente en el cuadrante noroccidental, y aparecen asociadas principalmente al medio hiporreico y algunas también a pozos, mientras que dos son mixohalinas, propias de estuarios o sedimentos marinos litorales (ver Stock & Notenboom, 1988 y referencias allí citadas). En Baleares se conocen otras dos, en cavernas anquialinas y medio hiporreico (Pretus & Stock, 1990). Finalmente, cabe citar a *Racovella biramea*, género monotípico exclusivo de cuevas anquialinas de Mallorca (Jaume *et al.*, 2007). Todos los bogidiélidos ibero-baleares son endémicos con la excepción de *B. chappuisi* Ruffo, 1952, hallada en el litoral de Sitges (Barcelona) y que goza de amplia distribución en el litoral Mediterráneo. Los crangoníctidos (Fam. Crangonycti-

dae), mayoritariamente estigobiontes y de distribución su- puestamente Holártica, parecen estar ausentes en nuestra región. Sin embargo, el hallazgo reciente de una especie de *Crangonyx* en Marruecos (Messouli, 2006) otorga credibili- dad a la cita (Ginet, 1977) de representantes del género en cuevas de Vitoria y Huesca, y que no ha podido ser confirma- da hasta la fecha pese a reiterados intentos. Finalmente, del suborden de los ingolfiélidos (Ingolfiellidea) cabe mencionar la única cita ibero-balear, correspondiente a un ejemplar de *Ingolfiella* cf. *catalanensis* Coineau, 1963 reportado por Vonk & Notenboom (1993) en un pozo de la Plana de Castellón. Cabría confirmar esta asignación taxonómica a una especie conocida exclusivamente de la desembocadura del río Tech (Francia) cuando se cuente con más material.

El orden Isopoda con 99 especies pertenecientes a 13 géneros y 7 familias, es el grupo de crustáceos más diversifi- cado en nuestras aguas, si bien esto es debido a una hiper- inflación de especies asélidos (75) cuya validez cabría corro- borar. Los estenasélidos (Fam. Stenasellidae) son un grupo de derivación marina antigua localizados en la actualidad exclu- sivamente en aguas continentales subterráneas. En la Penínsu- la están representados por cinco especies del género *Stenase- llus*, de las cuales *S. virei* Dollfus, 1897 está diversificado a su vez en seis variedades (Magniez, 1999). Los asélidos (Fam. Asellidae), típicamente dulceacuícolas, están extremadamente diversificados en nuestras aguas subterráneas. Así, contamos con dos géneros endémicos: *Synasellus*, estrictamente estigo- bionte y restringido a la mitad occidental de la Península, con 32 especies descritas (Henry & Magniez, 1995), y *Bragase- llus*, con siete de sus nueve especies estigobias (Afonso *et al.*, 1996). De igual modo, la diversificación del género *Proa- sellus*, perimediterráneo, es notable, con 36 especies endémi- cas estigobiontes, todas en la Península (Henry & Magniez, 2003). Los microparasélidos (Fam. Microparasellidae) son diminutos isópodos de cuerpo vermiforme típicamente estigo- biontes en medio intersticial, tanto de agua dulce como en el litoral marino. Se han citado diez especies de *Microcharon* en nuestras aguas, siendo siete de ellas endémicas (Galhano, 1970; Pesce & Galassi, 1988). El género muestra una sor- prendentemente vasta distribución mundial en latitudes tropi- cales-subtropicales, incluyendo islas pacíficas oceánicas (Galápagos, Polinesia). Los microcerbéridos (Fam. Microcer- beridae), también diminutos, vermiformes e intersticiales, están representados en nuestras aguas por dos especies peri- mediterráneas propias de playas marinas: *Microcerberus arenicola* Chappuis & Delamare-Deboutteville, 1954, citado en Menorca (Pretus, 1991), y *M. remanei* Chappuis & Dela- mare-Deboutteville, 1952, en Mataró (Barcelona) (Delamare- Debutteville, 1954). *Trogloianiropsis lloberai* Jaume, 1995 constituye un género monotípico, único representante estigo- bionte de los janiridos (Fam. Janiridae), grupo mayoritaria- mente marino, en nuestras aguas. Habita en cuevas anquialinas del litoral de Mallorca y Cabrera (Balears) (Jaume, 1995). De entre los cirolánidos (Fam. Cirolanidae), grupo típicamente marino de hábitos depredadores o necrófagos, cabe destacar el género monotípico *Kensleylana briani* Bruce & Herrando-Pérez, 2005, conocido exclusivamente de cuevas de Castellón, y emparentado con *Faucheria*, otro género monotípico propio del sur de Francia (Bruce & Herrando- Pérez, 2005). *Typhlocirolana*, exclusivamente estigobionte, cuenta con dos especies descritas en el Levante ibérico (figu- ra 7) y otra en Baleares; se trata de un género de distribución

perimediterránea con numerosas especies aun pendientes de descripción formal (ver De Grave & Herrando-Pérez, 2003 y referencias allí consignadas). Finalmente, *Metacirolana ponsi* Jaume & García, 1992 es un endemismo balear propio de una cueva de Cabrera y perteneciente a un género marino que, no obstante, no se ha hallado hasta ahora en aguas mediterráneas (Jaume & García, 1992). Del grupo de los oniscídeos (Subor- den Oniscidea), que agrupa a los isópodos terrestres, cabe mencionar tres miembros de la Fam. Trichoniscidae que han adoptado secundariamente hábitos totalmente acuáticos: *Can- tabroniscus primitivus* Vandel, 1965 y *Balearonethes sesro- desanus* Dalens, 1977, géneros monotípicos endémicos de cavidades de la Cornisa Cantábrica y Mallorca, respectiva- mente (ver Dalens, 1977), así como *Macedonethes castello- nensis* (Cruz & Dalens, 1989) (figura 8), exclusivo de cursos de agua subterráneos de Castellón. Este último género cuenta únicamente con otros dos integrantes, también hipogeos y completamente acuáticos, en la Península Balcánica (Kara- man, 2003).

Los termosbenáceos orden Thermosbaenacea, grupo exclusivamente estigobionte, están representados por dos especies del género *Tethysbaena*: *T. scabra* (Pretus, 1991), del medio anquialino de Mallorca y Menorca, y *T. tarsiensis* Wagner, 1994, de pozos y cuevas del Bajo Guadalquivir (Wagner, 1994).

Los misidáceos (orden Mysida) hipogeos cuentan con un único representante ibero-balear, *Burrimysis palmeri* Jaume & García, 1993, género monotípico exclusivo de una cueva anquialina del archipiélago de Cabrera (Islas Baleares) (Jau- me & García, 1993).

#### **Isópodos terrestres. Lluç Garcia.**

Los isópodos terrestres (Oniscidea) forman un amplio grupo de crustáceos perteneciente al orden Isopoda, uno de los más diversificados entre los malacostráceos. Los Oniscidea constituyen un suborden dentro de los isópodos que destaca, entre todos los crustáceos, por su excepcional adaptación al medio terrestre. Aunque buena parte de los isópodos terres- tres necesitan vivir en ambientes con elevada humedad ambiental, la mayoría han completado su adaptación al medio aéreo desarrollando estrategias fisiológicas y eco- morfológicas encaminadas a la retención de la humedad lo que les ha permitido colonizar prácticamente todos los eco- sistemas mundiales (Schmalfuss, 1984). Incluso, algunas especies también han ocupado con éxito ambientes extre- madamente áridos, incluidas las regiones desérticas. Final- mente, unos pocos Oniscidea han recolonizado los ambien- tes acuáticos y viven aguas dulces subterráneas, lagos an- quihalinos e incluso hipersalinos (Vandel, 1960; Schmidt, 2008). En general, el medio subterráneo supone uno de los hábitats más importantes para los isópodos terrestres, mayo- ritariamente higrófilos, abundando las formas troglóxenas, troglófilas y troglóbias.

Actualmente se conocen a nivel mundial cerca de 3.700 especies de isópodos terrestres, aunque hay que decir que algunas faunas son todavía prácticamente desconocidas. Sis- temáticamente se agrupan en unas 35 familias y 400 géneros (Schmalfuss, 2003). En la península Ibérica y Baleares se conocen unas 220 especies, un 50% de las cuales son endémi- cas de la región. Se trata de una de las faunas más ricas de Europa occidental y central (Cruz, 1990; García y Cruz, 1995).

La mayoría de los isópodos terrestres troglobios pertenecen al gran grupo de los Synocheta, especialmente Trichoniscidae, aunque también entre los Chrinocheta, grupo que incluiría al menos el 80% de las especies conocidas Schmidt, 2008), se encuentran genuinos cavernícolas, aunque son muchos más escasos. Hasta el momento se han descrito especies troglobias pertenecientes a 16 familias de Oniscidea (Taiti, 2004). Los isópodos terrestres cavernícolas no se limitan a las regiones cársticas –en donde son muy abundantes y en general derivan de formas humícolas, preadaptadas al medio subterráneo– sino que también se han diversificado en las regiones volcánicas tropicales ocupando con éxito y diversificándose en los tubos de lava (Rivera *et al.*, 2002).

Aunque la primera descripción de un isópodo terrestre cavernícola ibérico se remonta al último cuarto del siglo XIX (Budde-Lund, 1885) no fue hasta principios del siglo XX en que, con el auge de la bioespeleología como nueva ciencia (Racovitza, 1907), se multiplican las descripciones precisas de especies hipógeas. Además los primeros Oniscidea cavernícolas se descubrieron precisamente en España, por lo que se puede decir que este grupo es bastante bien conocido en la península Ibérica y Baleares. Centrándonos en la fauna cavernícola, actualmente se conocen 36 especies troglobias endémicas de esta área geográfica (incluyendo algunas localidades del sur de Francia), de las que 32 pertenecen a la familia Trichoniscidae, que es, con mucha diferencia, la más representativa en el medio subterráneo.

En esta fauna subterránea se hallan representados 17 géneros siendo el más diversificado de ellos Trichoniscoides, con 13 especies cavernícolas descritas. Cinco de los géneros –*Cantabroniscus*, *Parachaetophiloscia*, *Eleoniscus*, *Balearonethes* e *Iberoniscus*– son monotípicos. Las familias de Oniscidea con representantes troglobios en la Península Ibérica y Baleares son Trichoniscidae, Philosciidae, Armadillidiidae y Porcellionidae (Cruz, 1990).

En cuanto a la distribución de los Oniscidea cavernícolas en la Península Ibérica y Baleares, una de las faunas más diversas se encuentra en el sector nororiental de España, con una treintena de especies citadas en cavidades, aunque, en esta zona, las estrictamente troglobias se circunscriben a las pertenecientes a los géneros *Spelaeonethes*, *Catalauniscus* y *Alpioniscus*.

En el norte de la península se pueden distinguir dos zonas bien diferenciadas: la que incluye los Pirineos y el País Vasco y el sector cantábrico. Los géneros con representantes troglobios en estos distritos incluyen *Escualdoniscus*, *Libanethes*, *Oritoniscus*, *Trichoniscoides*, *Haplophthalmus* y, como especie emblemática, el oniscídeo acuático *Cantabroniscus primitivus*.

El género Trichoniscoides es prácticamente el único que posee especies troglobias en el sector occidental de la península, con la única excepción de *Porcellio cavernicolus*, de Portugal, una de las pocas especies exclusivamente hipogeeas que se conocen en este género que, aunque se trata de una especie oclada, presenta ya claros indicios de troglobización morfológica (Vandel, 1946). Destaca, en el sur de Portugal, un representante del género *Troglarmadillidium*, único representante en la Península Ibérica.

La región oriental y el sureste de la península ibérica son sin duda las más ricas en especies citadas en cuevas y seguramente también en formas exclusivas de esta región aunque hasta hace poco tiempo esta fauna no se haya empe-

zando a descubrir en toda su dimensión. En la región oriental, los géneros representados son *Nesiotoniscus*, *Macedonethes* (figura 8), *Troglonethes*, *Haplophthalmus*, *Parachaetophiloscia* y *Eleoniscus*, los dos últimos monotípicos. Las sierras béticas son todavía poco conocidas en cuanto a su fauna cavernícola de Oniscidea aunque seguramente alojan numerosas especies endémicas. Hasta el momento solamente se han descrito en la zona dos especies de *Trichoniscus* y una de *Iberoniscus*, género hasta ahora limitado a una cavidad.

Finalmente, las islas Baleares forman un distrito biogeográfico aislado con claras relaciones con la fauna levantina y bética. En el archipiélago se han citado numerosas especies de Oniscidea en cuevas y simas aunque hasta ahora solamente tres de ellas se pueden considerar troglobias. Destaca en esta región el endemismo mallorquín *Balearonethes sesrodesanus* Dalens por su modo de vida acuático, ritral, compartido en la península por *Cantabroniscus primitivus* y con *Macedonethes castellonensis* (figura 8). *B. sesrodesanus* se conoce solamente de dos cavidades del norte de Mallorca (García y Cruz, 1995). Otros troglobios baleares pertenecen a los géneros *Trichoniscus* y *Haplophthalmus*. La presencia de *Nesiotoniscus diana* en Eivissa (Ibiza), isla donde abundan las especies levantinas o diánicas, es un claro ejemplo de la proximidad geográfica y relación entre ambas faunas, con bastantes ejemplos entre los representantes de vida epigea.

Hay que señalar que en muchas cavidades subterráneas de la Península y Baleares abundan algunas especies de vida endogea que no se pueden calificar como troglobias ya que también se pueden encontrar en el medio subterráneo superficial e incluso en el medio aéreo así como en hormigueros, madrigueras, etc. Entre ellas podríamos citar *Anaphiloscia simoni*, muy frecuente en cuevas de Baleares y del sur peninsular, *Spelaeoniscus coiffaiti*, hallado en Menorca y Murcia o *Balodillium pilosum*, presente en todas las Baleares. Algunas de estas especies presentan una amplísima distribución geográfica como los casos de *Androniscus dentiger* o *Cordioniscus stebbingi* y muchas de ellas son completamente anoftalmas y despigmentadas ocupando hábitats epigeos (normalmente en el medio humícola) hacia el norte de sus áreas de distribución (Vandel, 1960).

#### **Colémbolos. Rafael Jordana y Enrique Beruete.**

Para comenzar con una referencia, algo anecdótica, del interés que desde antiguo ha tenido el medio subterráneo para nosotros, podemos consignar la más antigua exploración documentada fechada en Pamplona el 5 de Febrero de 1410, y catalogada con el nº 77 en el Catálogo del Archivo General de Navarra, en el que Carlos III ordena a los oidores de comptos y al tesorero del reino que reciban en cuenta y deduzcan de la recepta de Yénego de Monreal, recibidor de las montañas, la suma de 4 libras, 13 sueldos y 8 dineros, que gastó cuando, por su orden, fue en compañía de Johan de Atondo, oidor de comptos, a explorar una gran cueva en la Peña de Arteta, en Val de Ollo (Goicoechea *et al.*, 1980).

El interés por la espeleología es muy antiguo, pero la espeleología moderna nace con Aduard Alfred Martell (1859-1938) a finales del siglo XIX. Del mismo modo el interés por la fauna que vive en las cuevas data de la misma época y, referida a los Collembola, ya comienzan, a mitad del siglo XIX, las primeras publicaciones sobre esta fauna debidas a Müller (1859), Joseph, (1881), Gestro (1885), Carpenter, (1895), Moniez (1889), Hamann (1896). Pero es la aparición

**Tabla I. Número de cuevas con Collembola por Provincia y Comunidad Autónoma.** De las especies encontradas solo algunas son troglobias. La casi totalidad de las especies troglobias son endémicas de la cueva o del sistema kárstico. La Suma de la CA no coincide, pues hay especies que se repiten. Los datos han sido obtenidos de la bibliografía consultada y de la comunicación personal de Carlos González Luque para Cantabria y Mateo Vadell para Baleares y datos propios. **CA**= Comunidad Autónoma. **CUE** = N° de cuevas. **ESP** = N° especies colectadas **TRO** = N° especies troglobias

Provincia / CA	CUE	ESP	TRO
<b>NAVARRA</b>	<b>75</b>	<b>101</b>	<b>35</b>
Guipuzcoa:	37	30	13
Alava	6	11	6
Vizcaya	24	22	8
<b>EUZKADI</b>	<b>67</b>	<b>51</b>	<b>21</b>
<b>CANTABRIA</b>	<b>129</b>	<b>81</b>	<b>31</b>
<b>ASTURIAS</b>	<b>37</b>	<b>24</b>	<b>8</b>
Huesca	17	15	4
<b>MADRID</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Cuenca	3	5	0
<b>CASTILLA - LA MANCHA</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
<b>ANDALUCÍA</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>3</b>
Lérida	23	19	6
Gerona	10	10	1
Barcelona	40	15	2
Tarragona	19	12	4
<b>CATALUÑA</b>	<b>92</b>	<b>44</b>	<b>10</b>
Alicante	10	7	1
Castellón	19	14	3
Valencia	15	19	2
<b>COM. VALENCIANA</b>	<b>44</b>	<b>19</b>	<b>3</b>
<b>MURCIA</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
Mallorca	33	23	4
Menorca	5	9	0
Cabrera	1	1	0
Ibiza	1	?	0
Formentera	2	?	0
<b>BALEARES</b>	<b>42</b>	<b>27</b>	<b>4</b>
<b>P O R T U G A L</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>3</b>
<b>Totales</b>	<b>537</b>	<b>276</b>	<b>110</b>

de la asociación "Biospeologica", fundada por E. Racovitza y R. Jeannel, que con sus campañas realizadas prácticamente por toda Europa constituyen una gran colección de fauna cavernícola, que sigue siendo estudiada en nuestros días pueden considerarse los fundadores de esta disciplina científica.

En la Península Ibérica es Bolívar (Coleópteros y Pseudoscorpiones) el que comienza con esta actividad científica y a su alrededor se aglutina un grupo de seguidores, entre los cuales se pueden citar J. F. Nonidez y C. Pieltain (Pseudoscorpiones) y F. Bonet (Colémbolos), que en 1929 publica "Colémbolos cavernícolas de España", y en 1931 su Tesis Doctoral "Estudios sobre Colémbolos cavernícolas, con especial referencia a los de la Fauna Española", trabajos en los que se describen cantidad de especies nuevas.

Un siglo ha pasado desde entonces y hay múltiples y diversas sociedades espeleológicas en toda la Península Ibérica, que con sus exploraciones y la ayuda de los especialistas en los diferentes grupos zoológicos, son los artífices del conocimiento cada vez más profundo de la fauna que vive en nuestras Simas y Cuevas.

En lo referente a los Collembola la adaptación al medio troglobio supone la pérdida de algunos caracteres habituales en los animales de superficie, como el color, la presencia de ojos, etc. y el desarrollo de caracteres adaptados a un medio hipogeo como el alargamiento de las uñas y del empodio, mayor longitud de las antenas y de las patas y un metabolismo más bajo por lo que son más longevos y suelen adquirir tama-

ños mayores que sus homólogos de superficie (figura 9). No se puede decir que son animales cavernícolas, pues para un Collembola las anfractuosidades del karst son suficientes para su desarrollo vital, pero nosotros los capturamos donde podemos entrar. La limitación principal para la vida en las cavidades es la humedad. Los Collembola tienen una cutícula muy fina, pues respiran a través de ella, y por eso necesitan una humedad casi a saturación.

El medio subterráneo, por su aislamiento, tiene una gran capacidad de especiación y algunas especies son propias de una cueva o de un sistema macizo kárstico. Con los estudios genéticos que comienzan ahora no será difícil, en un futuro más o menos inmediato, conocer los ancestros de muchas de las especies que aparecen en nuestras cuevas.

Junto a verdaderos troglobios se encuentran especies de superficie que pueden caer y permanecer en las cuevas y otros que es frecuente encontrar en la entrada de las cavidades. Por eso es difícil dar una lista de la especies verdaderamente troglobias.

La alimentación de los Collembola troglobios, como de la mayoría de los Collembola, depende de los hongos, son frugívoros, y por eso pueden ser un gran problema en algunas cavidades de interés cultural (pinturas rupestres, etc.) cuando se alteran las condiciones ambientales, por entrada de mucha gente, y se pierde el equilibrio ecológico en la cavidad por aumento de materia orgánica, disminución de la humedad, etc. En esos casos puede haber especies oportunistas que colonizan la cavidad desplazando la fauna que vivía en ella, como ha ocurrido con la presencia masiva de *Folsomia candida* en algunas cuevas.

Algunas especies viven sobre las coladas pudiendo moverse sobre la fina capa de agua que las recubre y alimentándose de diatomeas o materia orgánica del agua filtrante.

Otras especies son guanófilas, se alimentan de los hongos que crecen sobre el guano de los murciélagos o de la materia orgánica del mismo guano; estas especies están menos adaptadas a las cuevas y suelen tener una distribución geográfica más amplia.

En la Tabla I se reseñan el n° de cuevas contabilizadas que contienen o de las que se han descrito Collembola en la Península Ibérica y Baleares. Es digno de hacer notar que la mayoría de los Collembola troglobios se encuentran en el Karst de la Cornisa cantábrica o de los macizos kársticos del norte, alrededor del 80% de las especies. Son cuevas o sistemas kársticos con suficiente humedad. En la zona mediterránea y en el Sur de la Península Ibérica, el medio cavernícola es más seco y la falta de humedad hace que los Collembola encontrados sean oportunistas de superficie que se encuentran en las cuevas, o elementos del sistema hipogeo del suelo, aunque hay algunos verdaderos troglobios.

#### **Dipluros. Alberto Sendra.**

Los Dipluros ocupan el medio terrestre en los cinco continentes, con un centenar de géneros y más de 900 especies descritas y clasificadas en 10 familias, de las que sólo Campodeidae y Japygidae poseen verdaderos representantes troglobios. Son artrópodos de pequeño tamaño, desde apenas 1 mm hasta alcanzar los 6 centímetros. No poseen ojos ni pigmentos oculares, son apterigotos y entognatos (piezas bucales en el interior de la cabeza, recubierta por los pliegues orales), un labio y maxilas singulares, un abdomen con diez segmentos bien diferenciados, provistos de apéndices en los 7 primeros y el



último con un par de cercos apicales. Poseen un desarrollo postembrionario epimórfico, y con pocos cambios entre las formas que salen del huevo, los juveniles, y los adultos (ametábolos). Habitan los ambientes edáficos, endogeos y se conoce más de un centenar de especies estrictamente cavernícolas, en su mayoría pertenecientes a la familia Campodeidae y alrededor de media docena a la familia Japygidae (Bareth & Pagés, 1994).

Existen rasgos propios del orden Diplura que infieren una tendencia a la colonización del medio subterráneo. Estas características preadaptativas, como ausencia de ojos, despigmentación o delgadez de la cutícula van acompañadas, en las formas cavernícolas, por un alargamiento manifiesto de los apéndices, estilización corporal y multiplicación del número de receptores sensoriales, en especial los sensilos del órgano cupuliforme antenal en los campodeidos y los sensilos antenales placoides de los japígididos.

Ha pasado más de medio siglo desde las primeras descripciones de dipluros cavernícolas (Pagés, 1950; Condé, 1949, 1951, 1955), recolectados en un reducido número de cavidades de Catalunya, País Vasco e Islas Baleares. En la actualidad, se conocen dipluros cavernícolas de unas trescientas cavidades con cerca de cuarenta especies y subespecies (ver Sendra, 2003, con referencia a los campodeidos) distribuidas por buena parte de España y Portugal.

Los japígididos son de hábitos depredadores, su tamaño es algo mayor que los campodeidos, en torno a los 2 centímetros. Un tamaño suficiente para ser considerados grandes depredadores del mundo subterráneo junto a quilópodos y coleópteros carábidos. Tan sólo dos especies de japígididos poseen rasgos troglomorfo marcados, de forma excepcional en *Gollumjapyx smeagol* Sendra & Ortuño, 2006 (figura 10) del medio subterráneo de las sierras litorales del río Ebro hasta Castellón (Sendra *et al.*, 2006) y *Homojapyx espanoli* Pagés, 1950 del karst mallorquín. Otras especies de japígididos invaden el medio subterráneo, pero al parecer sólo por su tendencia endogea.

Mucho más abundantes y diversos son los campodeidos. De hábitos omnívoros, los campodeidos son consumidores secundarios y en ocasiones se muestran muy numerosos en las cavidades. En el medio subterráneo hispano-lusitano se han establecido cinco linajes entre los campodeidos que poseen desigual distribución y origen (Sendra, 2003): (1) Tachicampoide, con una distribución anfiatlántica y al que se le atribuye un origen a finales del Secundario, está representado por dos géneros y cinco especies, de una parte *Oncinocampa*, al norte en los Montes Cantábricos, y de otra *Paratachycampa* (figura 11), hallado en diversas grutas de las sierras litorales del Sistema Ibérico; (2) *Podocampa-Litocampa*, son campodeidos de quietotaxia típica, a los que se les atribuye una colonización de la península Ibérica limitada el antiguo zócalo ibérico; este linaje abarca una decena de especies distribuidas en la mitad occidental de la Península; (3-4) entre la subfamilia Plusiocampinae (campodeidos con macroquetas supernumerarias), se establecen dos linajes presumiblemente monofiléticos que ocuparon por separado el medio subterráneo, de una parte los Plusiocampinae sin macroquetas mediales posteriores torácicas colonizaron el distrito el Catalano-Pirenaico y los macizos litorales de las Béticas (Sendra *et al.*, 2005) y de otra, los Plusiocampinae con dichas macroquetas torácicas, se hallan localizados en buena parte de las Béticas, incluyendo el promontorio Balear y el interior del Sistema

Ibérico, ambos linajes están representados por una docena de especies, y, por último, un linaje que ha invadido más recientemente y sigue invadiendo el medio subterráneo, representado por media docena de especies del subgénero *Campodea* s.str. repartidas por las cavidades de la mitad oriental peninsular e islas Baleares.

#### **Coleópteros, Carabidae. Vicente M. Ortuño.**

Los Carabidae constituyen una de las familias de coleópteros mejor representadas y conocidas, no sólo a nivel mundial sino también en el ámbito ibérico. En el último catálogo ibero-balear se recogen 1158 especies (Serrano, 2003) de las que 468 son endémicas (Jiménez-Valverde & Ortuño, 2007) y tan sólo 105 son hipogeas (101 especies en Ortuño & Gilgado, 2010; con la adenda de dos novedosas especies de *Trechus* -Reboleira *et al.*, 2010 y Ortuño & Jiménez-Valverde, 2011-; una nueva especie de *Aphaenops* -Faille & Bourdeau, 2011-; y una nueva especie de *Microtyphlus* -Ortuño & Sendra, 2011-), moradoras de cuevas y/o del medio subterráneo superficial (MSS). Esta cifra supone, cerca de un 9% del total de los Carabidae ibero-baleares. Por tribus la carabidofauna hipogea (estrictamente hipogea) queda representada del siguiente modo: Dalyatini (1 sp.), Clivinini (2 spp.), Trechini (63 spp.), Anillini (14 spp.), Pterostichini (8 spp.), Platynini (1 sp.), Sphodrini (15 spp.) y Zuphiini (1 sp.).

Dalyatini Mateu, 2002, reúne a una sola especie *Dalyat mirabilis* Mateu, 2002, conocida de tres cavidades de la Sierra de Gador (Almería) (figura 12), pudiéndose considerar una reliquia zoológica (Mateu & Bellés, 2003) que está emparentada con otros Promecognathinae, éstos epigeos, de áreas afrotropical y neártica.

Clivinini Rafinesque, 1815 cuenta con dos especies del género *Reicheia* Saulcy, 1862, una presente en la Cova Janet en Llavería (Tarragona) y otra en la Cova dets Estudiants en Sóller (Mallorca). Por la forma de vida fosora, y la fuerte presencia de este género en el medio endogeo, muy posiblemente estas dos especies “cavernícolas” quizá lo sean sólo en apariencia, cuando en realidad forman parte de un elenco endogeo (Bellés, 1987; Ortuño & Gilgado, 2010).

La tribu Trechini Bonelli, 1810 aporta 8 géneros con representantes hipogeos en el ámbito ibero-balear: *Aphaenops* Bonvouloir, 1861; *Hydrapchaenops* Jeannel, 1926; *Parapchaenops* Jeannel, 1916; *Geotrechus* Jeannel, 1919; *Duvalius* Delarouzée, 1859; *Apoduvalius* Jeannel, 1953; *Trechus* Clairville, 1806; y *Thalassophilus* Wollaston, 1854. *Aphaenops* con presencia en los Pirineos y pre-Pirineos, cuenta, por el momento, con 15 taxones, algunos de los cuales está pendiente de dilucidar su estatus (específico o subespecífico). La mayoría de los taxones pertenecen al subgénero *Aphaenops* s.str. y, tan sólo, tres representan a otros subgéneros como son *Cephalapchaenops* Coiffait, 1962; *Cerbapchaenops* Coiffait, 1962 y *Geapchaenops* Cabidoche, 1965. *Hydrapchaenops*, antaño considerado un subgénero de *Aphaenops*, reúne en el ámbito ibérico 5 taxones (especies/subespecies). Más higrófilos que *Aphaenops*, se hallan presentes en el medio hipogeo de los Pirineos, pre-Pirineos y Montes Vascos. Tanto *Aphaenops* como *Hydrapchaenops*, pese a su homogeneidad anatómica “aphaenopsiana”, parecen ser taxones polifiléticos (Faille *et al.*, 2010). Otro taxón también de “facies aphaenopsiana” aunque, al parecer, filogenéticamente distante de *Aphaenops* y géneros afines (Faille *et al.*, 2010), es *Parapchaenops*

*breuilianus* (Jeannel, 1916), endemismo hipogeo de los contrafuertes montañosos de la Mola Catí, al sur de la depresión del Ebro. Otro género pirenaico y pre-pirenaico es *Geotrechus* que se divide en dos subgéneros, *Geotrechus* s. str. y *Geotrechidius* Jeannel, 1947, cada uno de ellos con tres especies ibéricas. Por otro lado, está *Duvalius* que alcanza, en la península Ibérica, el extremo más occidental de su distribución. Su presencia en España es casi anecdótica, en comparación con lo que sucede en otros países euro-mediterráneos. Se conocen dos especies en el archipiélago balear, una de ellas del subgénero *Trechopsis* Peyerimhoff, 1908, y otras dos especies en la península Ibérica (Mateu & Ortuño, 2006), una de ellas con dos subespecies. El género *Apoduvalius* está, hasta la fecha, constituido por dos subgéneros, *Apoduvalius* s. str. con 13 especies (y dos subespecies) y *Trichapoduvalius* con otras dos, las cuáles se hallan en diversos enclaves hipogeos (cuevas y MSS) (ver Gilgado & Ortuño, 2010) de las montañas cantábricas. *Trechus* aporta 19 especies de vida exclusivamente hipogea, si bien la relación filogenética que existe entre estas es muy dispar. Por una parte, distinguimos un conjunto de especies (10 spp.) de distribución septentrional (montañas cantábricas y Montes Vascos) y de origen (linajes) muy diverso; por otro lado, se halla el grupo perteneciente al linaje-*T. martinezi*, propio del medio hipogeo de las montañas béticas (5 spp.) y, finalmente, algunas especies hipogeas del linaje-*T. fulvus* que forman un pequeño grupo de especies lusitanas (4 spp.). *Hydrotrechus cantabricus* Carabal, García & Rodríguez, 2000, es una especie típica del MSS, casi encharcado, del Bosque de Saja en Campoo de Cabuérnaga (Cantabria) (Carabajal *et al.*, 2000), si bien, recientemente, se ha demostrado que tan sólo se trata de un *Trechus* especializado en un tipo de vida casi anfibia. Estas conclusiones han llevado a sinonimizar el género *Hydrotrechus* Carabal, García & Rodríguez, 2000 con *Trechus*, reasignando la especie a este último género (Ortuño & Jiménez-Valverde, 2011). Finalmente, entre los Trechini, se encuentra *Thalassophilus breuili* Jeannel, 1926, conocida a partir de un exiguo número de especímenes procedentes de tres enclaves del Sistema Bético alicantino.

La tribu Anillini Jeannel, 1937 representa un linaje edafio-endogeo, cuya mayoría de representantes (géneros y especies), están estrechamente relacionados con los pequeños intersitios del suelo (horizonte A y B) y, por tanto, se consideran formas de vida endogea o edáfica *sensu lato*. Sin embargo, en el ámbito ibero-balear se conocen un conjunto de especies que sólo han sido localizadas en el medio hipogeo y, de las cuales, unas pocas muestran evidentes caracteres troglobiomorfos (“facies aphaenopsiana”, o alargamiento de apéndices, o gigantismo). Sea como fuere, se ha demostrado que estas manifestaciones troglobiomorfos, por sí solas, no justifican la existencia de un taxón supraespecífico (Ortuño & Sendra, 2010, 2011). Por esta razón, los paradigmáticos *Speleotyphlus* Jeanne, 1973 y *Aphaenotyphlus* Español & Comas, 1985 típicos de los karts levantinos, han sido sinonimizados con *Microtyphlus* Linder, 1863. Por tanto, en la actualidad sólo podemos considerar como Anillini hipogeos del ámbito ibero-balear, a algunas especies (10 spp.) de *Microtyphlus*, tres especies de *Hypothyphlus* Jeannel, 1937 (aunque seguramente provengan del medio endogeo y, por tanto, su presencia en las cuevas sea accidental) en el Pirineo, pre-Pirineo y Sistema Central, y la especie castellanense *Iberanillus vinyasi* Español, 1971.

La tribu Pterostichi reúne cuatro especies hipogeas ubicadas en la subtribu Molopina y otras cuatro que se hallan en la subtribu Pterostichina. Los Molopina son los siguientes: *Henrotius jordai* (Reitter, 1914), especie balear de la sierra de la Tramontana y zonas aledañas (Bellés, 1976); *Zariquieya troglodytes* (Jeannel, 1924), troglobio y también posible morador del MSS (Ortuño, 1996) en el sector de Terrades y Beuna en Girona; *Molopidius spinicollis* (Dejean, 1928), quizá el menos hipogeo (Bellés, 1987) de todos ya que, además de localizarse en cuevas, también se halla debajo de piedras, más o menos hundidas, en los hayedos ombrófilos de Girona y norte de Barcelona; finalmente, *Oscadytes rovirai* Lagar, 1975, verdaderamente abundante en el MSS de ciertos enclaves del pre-Pirineo oscense (Fresneda *et al.*, 1997). Entre los Pterostichina se hallan los siguientes taxones: *Trogloglites breuili* Jeannel, 1919, especie típica de los Montes Vascos y de la que se conoce bien su segregación espacial y el complejo racial que conforma (Ortuño *et al.*, 2010); *Pterostichus (Lianoe) drescoi* Nègre, 1957 es conocida de varias cuevas de los Picos de Europa y posible moradora del MSS (Bellés, 1987); por último, dos especies del género *Tinautius* Mateu, 1997, descubiertas no hace muchos años en sendas cavidades andaluzas de Jaén y Almería (Mateu, 1997, 2001).

El único Platynini Bonelli, 1810 hipogeo en Europa occidental se halla en el Macizo Galaico-Leonés (Ortuño & Salgado, 2000; Campo & Novoa, 2006); se trata de *Galicyotyphlotus weberi* Assman, 1999 y, posiblemente, sea más frecuente en el MSS que en las cuevas (Ortuño & Gilgado, 2010).

Los Sphodriini Laporte, 1834 hipogeos están ausentes del archipiélago balear. La subtribu Sphodrina, representada por el género *Laemostenus* Bonelli, 1810, aporta especies estenohigrobias y esciófilas, algunas de las cuales utilizan los espacios subterráneos como morada alternativa a una vida sublapidícola o nemoral. Sin embargo, también existe en la Península Ibérica un importante elenco de especies exclusivas del medio hipogeo, como lo son aquellas del subgénero *Antisphodrus* Schaufuss, 1827 (ver Casale, 1988). La mayoría de estas especies sólo han sido observadas en cuevas, si bien unas pocas, como por ejemplo *L. (A.) lassallei* Mateu, 1985, han sido localizadas en ambientes hipogeos acordes con lo que actualmente referimos como MSS. La distribución de estas especies se ajusta al arco kárstico Bético Perimesetario (Ortuño & Gilgado, 2010). La subtribu Atranopsina Baehr, 1982 cuenta con el género *Platyderus* integrado por numerosas especies ibéricas, si bien, por el momento, sólo cinco han sido halladas únicamente en ambientes hipogeos, éstos pertenecientes a tres áreas disjuntas de las Cadenas Béticas y zonas de influencia: relieves granadinos; almerienses y valenciano-alicantinos.

Por último, la tribu Zuphiini Bonelli, 1810, aporta uno de los hipogeos más sorprendentes, *Idobates neboti* Español, 1966 (figura 13), especie sobre la que, hasta hace pocos años, planeaba la incertidumbre sobre su verdadera filiación sistemática, finalmente resuelta mediante estudios anatómicos (Ortuño *et al.*, 2004) y, también, moleculares (Ribera *et al.*, 2006). Se conoce de unas pocas cuevas del norte de Castellón.

#### **Coleópteros, Leiodidae. José María Salgado.**

Aunque aún hoy día no todos los especialistas están de acuerdo en la posición o definición precisa de la familia Cholevidae (Giachino & Vailati, 1993; Salgado *et al.*, 2008), la co-

riente más actualizada parece estar de acuerdo en incluir la mencionada familia como una subfamilia de Leiodidae (Lawrence & Newton, 1982; Newton, 1998). Si se adopta esta clasificación, la subfamilia Cholevinae engloba la tribu Leptodirini, cuyos representantes forman parte del medio muscícola e hipogeo, siendo troglobios la gran mayoría y, por lo tanto, habitantes de los más diferentes medios subterráneos.

Esta tribu está representada en el mundo por unos 177 géneros (Giachino *et al.*, 1998), de ellos 37 ibéricos (Salgado *et al.*, Fresneda & Dupré, 2010; Salgado *et al.*, 2011), y alrededor de 1200 especies, 172 ibéricas. Son insectos que se caracterizan por el tamaño pequeño, entre 1 y 9 mm. La forma general del cuerpo es batiscioide o foleunoide, y en general muestran una serie de rasgos propios que vienen a señalarnos una clara tendencia a la colonización del medio subterráneo. Las características morfológicas y fisiológicas más sobresalientes y generalizadas son: la pérdida de pigmento; la reducción o atrofia total del aparato ocular y de las alas metatorácicas; el alargamiento de los apéndices, con hipertrofia de los órganos sensoriales; la reducida tasa metabólica; los hábitos alimenticios polífagos y las singulares formas de reproducción y de desarrollo.

Los Leptodirini han evolucionado a partir de especies muscícolas presentes en bosques húmedos, ya humícolas, endogeas o lapidícolas que han colonizado de forma progresiva y mediante una colonización activa de los microespacios de los canchales o fisuras de las rocas, para luego a través de los diferentes medios transicionales alcanzar los diversos ambientes subterráneos mediante la adquisición progresiva de caracteres adaptativos, todo ello debido a los drásticos cambios ambientales. En esos medios el aislamiento de las poblaciones, motivado por diferentes tipos de barreras, fue la causa de la interrupción del flujo genético entre ellas y por tanto de la especiación. Resultados recientes a partir de estudios moleculares han demostrado que el origen de la fauna subterránea de los Leptodirini ibéricos tuvo su origen en el temprano Eoceno (Ribera *et al.*, 2010), posiblemente de ancestros de América del Norte al existir una clara relación de parentesco con los *Platycholeus* Horn, 1880, de California (I. Ribera, *com. pers.*), que en su diversificación dio lugar a linajes cuyos ancestros en el Oligoceno estaban ya completamente adaptados a la vida subterránea y que en el Mioceno las diversas especies ocuparon las áreas geográficas de las que actualmente son conocidas, básicamente de calizas Cantábricas, Pirenaicas y Mediterráneas.

El estudio de los coleópteros de las cavernas en la Península Ibérica dio comienzo a finales del siglo XIX, impulsado sobre todo por el profesor R. Jeannel, quien publicó dos importantes revisiones de los Leptodirini (=Bathysciinae) (1911, 1924), y cuya labor luego fue continuada a lo largo de casi todo el siglo XX por el Profesor F. Español, verdadero promotor de la Bioespeleología en España. Ahora bien, la primera aportación al conocimiento de la fauna cavernícola ibérica fue realizada por Schaufuss (1861) con la descripción dos nuevos géneros y dos nuevas especies de Leptodirini de la Cordillera Cantábrica, *Quaestus* (*Q. arcanus*) y *Quaesticulus* (*Q. adnexus*), probablemente de cuevas de Cantabria.

El carst peninsular que es colonizado por la fauna troglobia viene a dibujar una “Z” invertida que recorre los Montes Cantábricos, Pirineos, Sistema Ibérico, Levante y sierras de Andalucía, y para el que se pueden establecer tres zonas (Español, 1958) que están relacionadas con las secciones

(Bellés *et al.*, 1978) o series filéticas (Perreau, 2000; Salgado *et al.*, 2008) de Leptodirini que han conquistado el medio subterráneo. (Nota: se excluye la zona andaluza, ya que la fauna que coloniza las cuevas de este carst (Anemadinae, Ptomaphaginae-, no pertenece a los Leptodirini).

**1. Zona Cantábrica.** Se extiende por calizas del norte, desde Lugo hasta zonas occidentales de Guipúzcoa y Navarra y un pequeño enclave en la sierra de Guadarrama.

Los representantes característicos de esta zona son las series filéticas “*Quaestus*” Perreau, 2000 y “*Speonomidius*” Salgado, 2000. La serie filética *Quaestus* engloba en el momento actual los géneros *Breulia* Jeannel, 1909, *Breulites* Salgado, 1980, *Cantabrogeus* Salgado, 2000, *Espanoliella* Guéorguiev, 1976, *Leonesiella* Salgado, 1996, *Oresigenus* Jeannel, 1948, *Quaestus* Schaufuss, 1861 (figura 14), *Speocharinus* Español y Escolà, 1977 y *Fresnedaella* Salgado, Labrada y Glez. Luque, 2011, y cuenta con 53 especies todas troglobias. Mientras que la serie filética *Speonomidius* agrupa el género *Notidocharis* Jeannel, 1956, con siete especies muscícolas, endogeas y cavernícolas, y el género *Speonomidius* Jeannel, 1924 con 4 subespecies que colonizan el medio subterráneo.

**2. Zona Pirenaica.** Comprende la vertiente española de los Pirineos y zonas orientales de Guipúzcoa y Navarra, así como diferentes relieves catalanes al norte del Ebro. Esta zona está poblada por representantes pertenecientes a la serie filética “*Speonomus*” Jeannel, 1910; es la serie más diversificada con 21 géneros que muestran muy diferentes grados de especialización al medio subterráneo. Excepto el género *Bathysciola* Jeannel, 1910, con 11 especies ya muscícolas, endogeas o cavernícolas, los restantes géneros cuentan con un total de 80 especies fundamentalmente troglobias, son: *Aranzadiella* Español, 1972, *Bellesia* Fresneda y Hernandi, 1994, *Ceretophyes* Fresneda, 1998, *Euryspeonomus* Jeannel, 1919, *Jossettikia* Bellés y Déliot, 1983, *Lagariella* Fresneda, 2000, *Nafarroa* Fresneda y Dupré, 2010, *Naspunius* Fresneda, Hernando y Lagar, 1994, *Pallaresiella* Fresneda, 1998, *Parvospeonomus* Bellés y Escolà, 1977, *Perriniella* Jeannel, 1910, *Phacomorphus* Jeannel, 1908 *Pseudospeonomus* Comas, Fresneda y Salgado, 2007, *Salgadoia* Fresneda, 1998, *Speocharidius* Jeannel, 1919, *Speonomites* Jeannel, 1910, *Speonomus* Jeannel, 1908, *Stygiophyes* Fresneda, 1998, *Trapezodirus* Jeannel, 1924 y *Troglocharinus* Reitter, 1908.

**3. Zona Levantina.** Incluye los relieves calizos próximos al Mediterráneo que van desde Alicante hasta la desembocadura del río Ebro. Todos sus representantes viven en cuevas y pertenecen a la serie filética “*Spelaeochlamys*” Jeannel, 1910, en la que figuran los géneros *Anillochlamys* (figura 15), *Paranillochlamys* Zariquiey, 1940 y *Spelaeochlamys* Dieck, 1870 que cuentan con un total de 13 especies troglobias

La Bioespeleología sigue siendo una ciencia viva y en un continuo proceso de actualización y transformación, prueba de ello es que después de la reciente publicación en Fauna Ibérica de una completa revisión de los “Coleoptera: Cholevidae” (Salgado *et al.*, 2008), ya se han creado varios taxones nuevos en estos tres últimos años, dos géneros y seis especies. Además, y a la luz de la reciente publicación sobre el origen de los Leptodirini (Ribera *et al.*, 2010), se cree necesario una nueva reestructuración taxonómica teniendo en cuenta la relación existente entre los diversos grupos de especies de Leptodirini ibéricos.

## Himenópteros. Alberto Tinaut.

Los himenópteros son un grupo de insectos altamente diversificado, alrededor de 300.000 especies conocidas, distribuidas en 22 superfamilias y 99 familias, que colonizan prácticamente todos los biomas, con excepción de los permanentemente helados. Allí donde viven suelen representar una buena parte de la biomasa total, especialmente gracias a la participación de los himenópteros sociales y sobre todo de los formícidos, de los que se considera que en las regiones tropicales su biomasa resulta equivalente a cuatro veces la de los vertebrados terrestres que comparten la selva (Holldobler & Wilson, 1994). Sin embargo su presencia en las cavidades es bastante escasa, o casi testimonial como veremos a continuación. Históricamente se ha venido considerado como un grupo sin interés bioespeleológico en el que la mayor parte de los ejemplares encontrados en cuevas correspondían a casos accidentales. Wilson (1962) decía que “Social Insects never became truly troglobiotic because they are unable to maintain sufficiently large cave demes”; Bellés (1987) afirmaba algo similar: “Hymenoptera ... No es tracta d'un grup que presenti un interès biospeleològic especial, car la major part de les dades corresponen a elements accidentals.” En Decu *et al.* (1998) se presenta un listado de alrededor de 220 especies de himenópteros pertenecientes a 17 familias, citadas de cavidades. En esa revisión, se considera que la mayor parte de las especies son troglóxenas admitiendo algunas troglófilas o subtroglófilas, principalmente aquellas parásitas de larvas o ninfas de otros insectos cavernícolas (ortópteros, coleópteros, dípteros, etc). De entre todos estos himenópteros citados en cavidades sobresalen los formícidos con alrededor de 50 especies.

La presencia de formícidos en los primeros tramos de las cavidades, o en los pozos, o recogiendo guano, es relativamente bien conocida, sin embargo bioespeleólogos como Jeannel (1926) y Vandel (1964) ya decían que las hormigas debían ser consideradas también como habitantes accidentales de estos medios. Reiteradas prospecciones en cavidades han ido arrojando cada vez más especies, así Espadaler (1983) señaló la presencia de 20 especies de formícidos en cavidades ibéricas, pero sólo una especie: *L. mixtus* era considerada como troglófila y el resto accidental. En una exhaustiva revisión de los formícidos citados en medios cavernícolas en todo el mundo, realizada por Tinaut y López (2001), se señalan un total de 78 especies de las que sólo de tres tenían sus nidos (sexuados incluidos) dentro de la cavidad, lo que puede ser un indicador de una presencia no accidental. En cualquier caso, de todas ellas sólo se destacan dos especies: *Aphaenogaster cardenai* para la Península Ibérica *Leptogenys khammouanensis* para la República democrática Popular de Laos, consideradas como propia del MSS, en el primer caso (Tinaut y López, 2001) o posible troglobia en el segundo caso (Roncin y Dehanverg, 2003). Estos datos no hacen sino dar la razón a los autores anteriormente señalados y que consideraban al conjunto de los himenópteros en general y a los formícidos en particular, como accidentales en los medios cavernícolas.

Por tanto se impone una pregunta ¿por qué un grupo tan diverso y tan abundante no tiene apenas representación en estos medios? Las respuestas pueden ser muy diversas pero voy a intentar esbozar las que pueden ser más evidentes o plausibles.

Los insectos troglobios presentan una serie de adaptaciones fisiológicas, anatómicas, reproductoras, etc., que en

conjunto constituyen lo que se denomina el “Síndrome cavernícola” que, de forma sintética, incluiría la anoftalmia o microftalmia, apéndices alargados, apterismo o braquipterismo, tegumento despigmentado, desarrollo de todo el ciclo biológico en el interior de la cavidad, estrategias de la K y hábitos alimenticios depredadores o descomponedores, como caracteres más o menos comunes en todos ellos.

Los cambios morfológicos relacionados con la reducción en el tamaño de los ojos, o la progresiva desaparición de los pigmentos o de las alas, o el alargamiento de los apéndices, no presentarían graves inconvenientes, en principio, para los himenópteros, es más, incluso algunas de sus familias se caracterizan por la esbeltez de su cuerpo (Ichneumonidos, braconidos, etc) por lo que podríamos considerarlos como preadaptados en esos caracteres. El tipo de régimen alimenticio no sería problema si ocuparan el nivel de los depredadores, pues muchas de las familias de himenópteros lo son. Sí que serían más complejos aquellos cambios implicados en la adquisición de hábitos descomponedores, inexistente en este grupo. Pero salvo esta última cuestión no vemos mayores inconvenientes de tipo evolutivo en este grupo de insectos, en comparación con otros que por el contrario aportan un buen número de especies cavernícolas como ocurre con los coleópteros, por ejemplo.

Sin embargo en el grupo mayoritario de los himenópteros encontrados en las cavidades, los formícidos, sí que encontramos algunas restricciones que pueden explicar la escasez de especies troglobias, especialmente en un grupo estrechamente ligado con el suelo, origen de la mayor parte de los grupos troglobios (Bellés, 1987). Sabemos por ese trabajo que la fauna que habita en el medio endogeo es propensa a colonizar el medio cavernícola, por tanto podíamos pensar que la ubicación de los nidos en el medio endogeo podría ser una predisposición a la colonización de este medio, sin embargo en los formícidos, aunque sus nidos se hallen, a veces, a varios metros de profundidad, su actividad y sus adaptaciones son fundamentalmente epigeas: ojos en general grandes, cuerpo muy pigmentado, apéndices bien adaptados a la marcha, etc. Hay algunas especies que presentan el cuerpo despigmentado y ojos pequeños o nulos, por ejemplo diversas especies del género *Aphaenogaster*, *Diplorhoptrum*, todos los Ponerinae de la Península Ibérica; pero todas ellas habitan exclusivamente el medio hipogeo, ninguna, salvo las dos señaladas, han colonizado el medio cavernícola, lo que se evidencia también por la presencia de apéndices muy cortos y pegados al cuerpo, característicos de especies adaptadas a la vida en pequeñas fisuras, no en espacios voluminosos.

Es su carácter social el que le impone requisitos algo incompatibles con la vida cavernícola. Wilson (1962) ya propuso una hipótesis basada en el problema que la limitación de los recursos (característica de la vida cavernícola) supondría en la genética de poblaciones para una especie cavernícola. En principio la selección natural en los formícidos u otros insectos sociales, no actuaría a nivel del individuo, sino a nivel de la sociedad, en donde aparecen los individuos de diferentes castas. El mantenimiento de estas sociedades supone la necesidad de una cantidad de recursos varias veces superior a la que pudiera necesitar cualquier otra especie no social. La escasez de alimento de las cavidades puede hacer que el tamaño crítico necesario para mantener una sociedad no pudiera alcanzarse, lo que podría llevar evolutivamente a la disminución en el tamaño de las sociedades y paralelamente

te en el tamaño de los individuos, para las especies cavernícolas o en un incremento de los individuos reproductores auto-suficientes, es decir a la desaparición de las obreras y con ello a la desaparición de la vida social. Para el caso de las dos especies de formícidos consideradas como troglobias o del MSS no conocemos con certeza datos de sus sociedades, aunque en el caso de *A. cardenai*, datos accidentales nos señalan la presencia de incluso varios miles de individuos en una sola colonia, lo que no estaría cumpliendo las expectativas que hemos señalado.

Resumiendo, en el caso de los himenópteros sociales, podríamos encontrar razones que explicarían una dificultad añadida a la hora de colonizar el medio subterráneo, pero sin embargo en el caso de las especies solitarias no hay, a priori, razones que justifiquen la ausencia de especies troglobias, en un grupo tan diverso y extendido como los himenópteros. Pudiendo considerar efectivamente que este grupo es básicamente accidental en los medios cavernícolas, con las excepciones ya comentadas.

### **Quirópteros. Miguel Ángel Mosalve.**

Los murciélagos se hallan divididos en dos Subórdenes, los *Megachiroptera* y los *Microchiroptera*. Todos los murciélagos de la Península Ibérica pertenecen a este último taxón. Son murciélagos en general de pequeño tamaño, desde los 4 a los 16 centímetros de longitud. Son muy buenos voladores. La membrana interfemoral (uropatagio) está normalmente bien desarrollada y la cola suele ser relativamente larga, lo que les permite maniobrar con eficacia. Todos usan el sistema de la 'ecolocalización' para orientarse y detectar objetos en la oscuridad, emitiendo ultrasonidos desde la boca o la nariz. Algunos muestran formaciones dérmicas especiales en la zona nasal y en la base de la oreja que les ayuda a emitir y recibir estos ultrasonidos. Los ojos suelen ser pequeños y las orejas grandes. Aunque el alimento varía entre las distintas especies, la mayoría de ellos se alimenta de invertebrados, sobre todo insectos. El vuelo perfeccionado, el uso del 'radar', y la alimentación basada en invertebrados son adaptaciones a la vida nocturna, muy rica en alimento y con ausencia de competidores y depredadores, que ha convertido a los *Microchiroptera* en uno de los grupos de mamíferos más antiguo, con mayor éxito evolutivo y por lo tanto con más diversidad de especies clasificadas (más de 800). El conjunto de todos los murciélagos representan una cuarta parte del total de las especies de mamíferos existentes en el mundo (Hutson, Mickleburgh & Racey, 2001).

Teniendo en cuenta el refugio que utilizan podemos dividirlos en tres grupos. Los cavernícolas, los arborícolas y los fisurícolas. Los murciélagos cavernícolas pasan una buena parte de su ciclo vital en cavidades subterráneas como son las cuevas, las simas u otros ambientes subterráneos (bodegas, túneles, minas, etc.).

Los murciélagos cavernícolas son escasos en general aunque se agrupan en grandes cantidades en unas pocas cuevas, lo que da pie a pensar, cuando se visitan estos refugios, que cuentan con grandes poblaciones. Estos murciélagos tienen unas necesidades ecológicas muy importantes a la hora de seleccionar el hábitat donde viven (Kunz, 1982). Necesitan, por un lado, unas condiciones estructurales y climáticas en el refugio muy particulares para hibernar o sacar sus crías adelante (Atringham, 1999) con presencia de grandes salas con techos altos, temperatura y humedad relativa muy altas,

ausencia total de corrientes de aire, ... (figura 16) y, por otro, necesitan también unos hábitats de caza también muy específicos ya que su cuerpo está adaptado a una determinada forma de volar y buscar el alimento (dependiendo de la especie necesitan alrededor de su refugio bosques bien estructurados, o paisajes abiertos, o grandes roquedos y acantilados, o ambientes ribereños o palustres, ...). Todos estos condicionantes hace que los murciélagos cavernícolas sean muy exigentes a la hora de seleccionar un hábitat para vivir, lo cual les convierte en especies muy escasas y de distribución fragmentada.

Las cavidades naturales donde viven han sido objeto de molestias crecientes en las últimas décadas. El aumento de caminos en terreno forestal y la mejora en las técnicas de exploración espeleológica las ha hecho más accesibles, lo que ha convertido a las especies de murciélagos cavernícolas en las más amenazadas y vulnerables en España y el resto de Europa (Benzal & De Paz, 1991; Schober & Grimmberger, 1996). A nivel mundial un total de 184 especies del grupo de los *Microchiroptera* se encuentran en situación muy vulnerable o en vías de extinción lo que representa un 22% de todas las especies del grupo (Hilton-Taylor, 2000).

Entre las 34 especies reconocidas en España 11 están consideradas como 'cavernícolas'. Entre ellas 7 se encuentran catalogadas como "vulnerables", el murciélago grande de herradura (*Rhinolophus ferrumequinum*), el murciélago mediano de herradura (*Rhinolophus mehelyi*), el murciélago mediterráneo de herradura (*Rhinolophus euryale*), el murciélago de cueva (*Miniopterus schreibersii*), el murciélago ratonero pardo (*Myotis emarginatus*), el murciélago ratonero grande (*Myotis myotis*) y el murciélago ratonero mediano (*Myotis blythii*). Por último, es importante señalar que una de ellas, el murciélago ratonero patudo (*Myotis capaccinii*), que presente unos pies muy bien desarrollados para la captura de insectos y pequeños peces sobre la superficie del agua (figura 17), está declarada como "en peligro de extinción", junto a otros mamíferos emblemáticos como son el lince ibérico, la foca monje, y el oso pardo (Real Decreto 139/2011).

### **Flora. Juan J. Herrero-Borgoñón.**

La presencia de flora en el medio subterráneo plantea una aparente paradoja, puesto que la ausencia o escasez de luz, necesaria para la fotosíntesis, se presenta como un importante factor limitante para la vida vegetal.

A pesar de haberse encontrado distintas alteraciones morfológicas en los vegetales que crecen en el medio subterráneo, desde hace tiempo se viene considerando que no existe una flora con adaptaciones específicas a este medio de forma equiparable a las que presenta la fauna troglobia, y en consecuencia han sido muy escasos los estudios realizados sobre la flora que puebla este ambiente, a lo que también ha contribuido a la escasa probabilidad de descubrir nuevas especies.

La luz condiciona fuertemente la vida en este medio, pero la temperatura y la humedad también desempeñan un importante papel en el desarrollo de la flora subterránea. La humedad relativa alta y constante, característica del clima subterráneo, permite que numerosas especies vegetales higrófilas encuentren un medio que les resulta especialmente favorable, alcanzando allí un desarrollo mucho mayor que en el exterior.

El crecimiento vegetal en el medio subterráneo viene condicionado, principalmente, por el equilibrio existente entre

la luz, la temperatura y la humedad, que son los tres factores limitantes más importantes en este medio. En la entrada de las cavidades subterráneas este equilibrio de factores limitantes se realiza de una forma particular, y por ello la vida de la mayor parte de las especies vegetales sólo es posible en un entorno en que estos factores presentan valores no muy extremos.

Un caso aparte lo representa la flora que se desarrolla en las proximidades de los focos de luz artificial de las cavidades habilitadas para el turismo, donde a pesar de darse unas condiciones ecológicas especiales, aparecen muchas especies también presentes en las cavidades naturales, e incluso excepcionalmente se pueden encontrar especies raras y/o amenazadas.

Interés de la flora asociada a las cavidades subterráneas: Los vegetales que dependen del sol para realizar la fotosíntesis suelen desarrollarse únicamente en la zona de entrada de las cavidades subterráneas, aunque algunas especies, que toleran niveles de iluminación muy bajos, son capaces de alcanzar una cierta profundidad cuando la orientación, disposición y dimensiones de la boca lo permiten; así, en algunas simas valencianas se han encontrado varias especies creciendo a profundidades superiores a los 50 m.

En territorios con un clima marcadamente mediterráneo, con predominio de los ombroclimas secos y semiáridos, las estables condiciones de frescor y humedad que ofrecen las entradas de las cavidades subterráneas han permitido la permanencia en su interior de algunas especies vegetales actualmente ausentes o raras en su entorno, encontrándose tanto relictos de épocas pasadas más húmedas, como restos de comunidades vegetales desaparecidas en el exterior como consecuencia de la alteración drástica del hábitat (expansión urbanística, transformaciones agrícolas, incendios forestales reiterados, etc.), junto con buenas representaciones de especies asociadas a los ambientes sombreados, húmedos o simplemente rocosos. Además, en muchas ocasiones estas especies se encuentran catalogadas como raras o amenazadas en aquellas zonas en las que su presencia se limita, exclusiva o casi exclusivamente, a las cavidades subterráneas.

Aunque en España se han realizado algunos estudios sobre el tema (Baleares, Cataluña...), donde mejor se conoce la flora que puebla la entrada de las cavidades subterráneas es en la Comunidad Valenciana, donde esta flora viene siendo estudiada desde hace treinta años. Como muestra de su interés, baste decir que ya los primeros estudios realizados en las simas valencianas permitieron descubrir varias especies de pteridófitos y de briófitos no conocidos hasta entonces, o muy escasamente representados, en territorio valenciano, hasta el punto de que una tercera parte de los mismos representaban novedades florísticas para el territorio; incluso permitieron el redescubrimiento de especies que se creían extinguidas en la Comunidad Valenciana, como fue el caso del helecho *Phyllitis scolopendrium* (figura 18).

Por el momento, en el territorio valenciano se han podido identificar más de 170 especies vegetales que viven en bocas de cavidades subterráneas, que corresponden, por número de especies representadas, a espermatófitos (plantas con flor), briófitos (musgos y hepáticas) y pteridófitos (helechos), aunque los cianófitos y los hongos no han sido estudiados todavía debido a su mayor complejidad.

Si se compara cualitativamente la diversidad específica de cuevas y simas se observa que son las simas las que alber-

gan un mayor número y mejores poblaciones de especies raras o amenazadas, lo cual probablemente se debe a la mayor estabilidad de su microclima.

De los grupos estudiados, son los briófitos y los pteridófitos los que presentan un mayor interés biogeográfico y conservacionista, destacando algunos cuya presencia en territorio valenciano se limita únicamente al interior de una o unas pocas cavidades subterráneas, así como otros que, a pesar de no restringir su presencia exclusivamente a las cavidades, presentan la mayor parte de sus efectivos y sus mejores poblaciones en ellas. Todas estas especies pueden ser consideradas actualmente como relictas en la Comunidad Valenciana.

Del conjunto de especies identificadas, pueden ser calificadas como raras o amenazadas 16 de ellas (3 helechos, 2 hepáticas y 11 musgos) en función de su grado de rareza y/o amenaza en la Comunidad Valenciana, lo que confirma el importante papel que desempeñan las entradas de simas y cuevas en la conservación de la flora en los ambientes mediterráneos.

Conservación de la flora subterránea: Los valores naturales que albergan las cavidades subterráneas, incluyendo los biológicos, han sido ya reconocidos a diferentes niveles. Así, tanto la legislación comunitaria como la española han calificado las cavidades subterráneas no explotadas por el turismo como hábitats naturales de interés comunitario (Directiva de Hábitats), pero además la legislación autonómica valenciana, a través de la Ley 11/1994 de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana, declara protegidas con carácter general todas las cavidades subterráneas valencianas (junto con los valores naturales que contienen), ocupándose el Decreto 65/2006 de completar esta ley al desarrollar el régimen de protección de las cuevas.

Gracias a esta legislación específica, el territorio valenciano se ha convertido en el único a nivel estatal que contempla protegidas todas sus cavidades subterráneas, y que además otorga una protección especial a más de un centenar de ellas por sus valores específicos (incluyendo su flora), habiendo permitido realizar, a su amparo, diferentes actuaciones destinadas tanto a la conservación de las cavidades como de la flora y la fauna que las puebla.

Entre las medidas desarrolladas, figuran las actividades de estudio e investigación, materializadas, en el caso de la flora, en el Programa de conservación de flora de cuevas de la Comunidad Valenciana, que ha permitido identificar las cavidades subterráneas valencianas que presentan mayor valor botánico, y que en función de su contenido florístico y de las amenazas que pesan sobre ellas requieren la aplicación de medidas de conservación. Además de identificarlas, se ha establecido una priorización de las mismas en función de su interés, que ha permitido incorporar dos de ellas a la red de microrreservas de flora de la Comunidad Valenciana, aunque se prevé incorporar en el futuro otras.

Aprovechando esta cobertura legal, la Federación de Espeleología de la Comunidad Valenciana (a través de su Vocalía de Conservación de Cavidades) ha puesto en marcha actuaciones de conservación de la flora que prospera en dos simas valencianas muy visitadas, en cuyos conos de derrubio prosperan especies raras y amenazadas, aplicando medidas como el seguimiento de las especies, la restricción del acceso (solo mediante cintas que rodean los principales núcleos vegetales que sufren pisoteo), la señalización con carteles informativos y las acciones divulgativas.

Estas iniciativas representan algunos de los escasos ejemplos de medidas destinadas específicamente a la conservación de la flora que se desarrolla en las cavidades subterráneas en el contexto nacional, donde la mayoría de las acciones de conservación han ido destinadas a la conservación del hábitat cavernícola.

## Regiones Biogeográficas

### Región Bética. Pablo Barranco.

Las primeras exploraciones bioespeleológicas en Andalucía se deben al abate Henri Breuil entre los años 1912 y 1919. En su primera campaña de 1912 recolectó tanto crustáceos isópodos, como arañas y ácaros, moluscos, oligoquetos, miriápodos y diferentes órdenes de insectos (Jeannel & Racovitza, 1914). Durante los años 1913-1919 visitó las provincias de Granada y Cádiz, recogiendo abundante y diversa fauna (Jeannel & Racovitza, 1918 y 1929).

El material reunido por el abate Breuil denota dedicación, a pesar de que lo recogiese como complemento a sus estudios arqueológicos. Así se evidencia por la presencia organismos de pequeño tamaño como los ácaros y colémbolos, y la diversidad de grupos colectados (9 órdenes de insectos y otros doce grupos diferentes de otros invertebrados), desde oligoquetos a moluscos, arácnidos y crustáceos. Este material posibilitó la descripción de algunas nuevas especies como: *Trichoniscus pusillus provisorius* Racovitza, 1908, *Trechus breuili* Jeannel, 1913, *Speonemadus bolivari* (Jeannel, 1922), *Leptyphantes bolivari* Fage, 1931, *L. gadesi* Fage, 1931, *L. phallifer* Fage, 1931, *Dysdera bicornis* Fage, 1931 y *Cryptops longicornis* Ribaut, 1915. E incluso varios años y décadas después: *Iberoiulus breuili* Vandel, 1953, *Iberoniscus breuili* Vandel, 1953; *Trichoniscus gordonii*, Vandel, 1955, *Iberoniscus cavernicola* Cueva, 1967, *Dolicho-iulus typhlops* Cueva, 1971.

En la segunda mitad del siglo XX, diversos entomólogos realizaron prospecciones en cavidades Málaga, Granada y Jaén, entre los que destacan A. Vandel, J. Negre, H. Coiffait, J. Mateu y G. Colas y posteriormente F. Español y A. Cobos. Fruto de estas expediciones se describieron algunas especies: entre las que cabe mencionar *Choleva vandeli* Coiffait, 1954, *Laemostenus cazorlensis* (Mateu, 1953) y *Domene cavicola* Coiffait, 1954. En los años 60, A. Cobos explora la Cueva de Nerja (Málaga) y describe *Platyderus speleus* Cobos, 1961 (Cobos, 1961). De esta época datan la descripción de los copépodos hiporréicos *Parastenocaris andalusica* y *Parastenocaris kabiloides* (Enckell, 1965).

Durante los años 80, se produce un gran incremento en el conocimiento de los crustáceos subterráneos y endorréicos de las provincias de Almería, Granada, Málaga y Sevilla, con la descripción de nuevas especies de los géneros *Parapseudoleptomesochra*, *Ripidogammarus*, *Stygonitocrella* y *Pseudoniphargus* entre otros (Notenboom, 1985 y Rouch, 1985 y 1986). Se estudia la Cueva de las Campanas (Gualchos, Granada) y se describen algunas nuevas especies cavernícolas terrestres: *Chthonius nudipes* Mahner, 1982. También en este periodo se describen un catópidos estrictamente troglobio, *Ptomaphagus troglodytes* Blas y Vives, 1983; y una araña troglobia *Dysdera vivesi* Ribera y Fernández, 1986.

El gran auge del estudio de la bioespeleología bética se produce a partir de la década de los 90 y primer quinquenio

del siglo XXI. Tinaut (1998) publica el primer catálogo de las especies de artrópodos terrestres citados en cavidades andaluzas con 99 especies en total. En los 90 aparecen nuevos especialistas que realizan muestreos esporádicos que permiten la descripción de nuevos pseudoescorpiones (Carabajal *et al.*, 2000) y un ácaro ragídido (Barranco & Amate, 2000). Simultáneamente, investigadores y grupos espeleológicos recolectan entomofauna que incrementan espectacularmente la diversidad y aparición de nuevos taxones (Arbea & Baena, 2004) o la descripción de tres nuevas especies de grillos cavernícolas andaluces del género *Petaloptila* (Barranco, 2004).

Pero el detonante del avance de la bioespeleología andaluza en esta década se materializa con la incorporación es que algunos Grupos de Investigación de las Universidades de Granada y Almería. La institucionalización de las investigaciones bioespeleológicas posibilita la obtención de recursos económicos para la ejecución de proyectos de investigación sufragados o subvencionados por entidades públicas y privadas. Ello permite que las cavidades objeto de estudio sean prospectadas de forma continua, con toma de muestras mensuales, bimensuales o estacionales y también se puedan compaginar o combinar diferentes técnicas de muestreo.

En el periodo indicado se desarrollaron un total de 8 proyectos de investigación subvencionados por entidades diversas: 4 tutelados por la Universidad de Granada (en las provincias de Granada, Málaga y Sevilla) y otros 4 por la Universidad de Almería (todos ellos en la provincia de Almería). En el transcurso de los mismos se prospectaron de forma sistemática la entomofauna de más de medio centenar de cavidades andaluzas. Como resultado se han descrito un total de 23 nuevas especies, 3 géneros e incluso una subfamilia nueva: *Dalyatinae* (Mateu, 2002). Paralelamente, están en fase de descripción más o menos avanzada otras 19 especies nuevas, lo que supone un total de 42 nuevos taxones para la Ciencia. Estos endemismos poseen un gran valor por su singularidad, especialmente *Dalyat mirabilis* Mateu, 2002 (figura 12) porque su hallazgo representa una incógnita biogeográfica y rareza taxonómica (Mateu, 2002; Mateu & Bellés, 2003). Destacan igualmente las dos especies del género *Tinautius*, con dos especies *Tinautius troglophilus* Mateu, 1997 de Jaén y *Tinautius exilis* Mateu, 2001 de Almería. La segunda, a diferencia de la especie nominal, presenta caracteres adaptativos al medio cavernícola extremo: anoftalmia total, especiación del sistema sensorial (setas flageliformes), cuerpo largo estrecho y paralelo, alargamiento de los apéndices y patas, despigmentación, etc. (Mateu, 2001).

La identificación taxonómica del material capturado en el transcurso de estos proyectos, junto con las prospecciones realizadas por otros grupos de espeleología, ha cuadruplicado el inventario de especies terrestres encontradas en las cavidades andaluzas, que se eleva a 418 especies. Predomina la provincia de Almería con más de la mitad, 213 (figura 19), seguidas de Córdoba con 93 y Jaén con 91. De ellas 75 son especies troglobias endémicas, destacando la provincia de Almería con 26, seguida Málaga con 15, Granada con 11, Jaén y Cádiz con 8 y Sevilla con 6. La dimensión de las aportaciones de estos estudios a la fauna cavernícola andaluza, está plasmada en Barranco *et al.* (2004); donde además de destacar las especies más relevantes en las principales cavidades, se analiza la afinidad faunística entre las diferentes cuevas de los sistemas kársticos estudiados.

**Tabla II. Fauna hipogea de las Islas Canarias: Riqueza de especies por isla. (ANQ) = (Anquilianos). EST = Estigobios. TRO= Troglobios.**

Islas	Edad (Ma)	TRO	EST	(ANQ)	Total
El Hierro	1	22	2	(2)	24
La Palma	2	37	2	(2)	39
La Gomera	12	9	4	(2)	13
Tenerife	14	69	14	(4)	83
Gran Canaria	15	19	4	(1)	23
Fuerteventura	21	3	7	(3)	10
Lanzarote	15,5	-	40	(40)	40
<b>CANARIAS</b>		<b>159</b>	<b>73</b>	<b>(43)</b>	<b>232</b>

Es importante destacar que sólo las exploraciones sistemáticas y prolongadas proporcionan el conocimiento de la entomofauna cavernícola de una determinada cavidad, como lo demuestra el hecho de lo acaecido en la cueva de Nerja. A pesar de las prospecciones realizadas por Cobos en 1961 y Moreno Wallace en los 70 y 80 (Moreno Wallace, 1985), no ha sido hasta el proyecto dirigido por el profesor Alberto Tinaut durante 2000 y 2001 lo que ha permitido el descubrimiento de dos nuevas especies en esta cavidad: *Chthonius nerjaensis* Carabjal, García y Rodríguez, 2001 y *Plusiocampa baetica* Sendra, 2004.

Además de los estudios puramente taxonómicos y faunísticos, las prospecciones periódicas han proporcionado multitud de datos sobre la fenología e información sobre un aspecto bastante desconocido de las especies cavernícolas, su ecología. Así se ha podido conocer aspectos de la variación espacio temporal de las poblaciones de algunas especies o grupos de especies, como los ptínidos (Barranco *et al.*, 2003) y el carábido *Trechus diecki* Putzeys, 1870 (Barranco *et al.*, 2006).

### **Región Canaria. Pedro Oromí.**

El archipiélago canario constituye una unidad biospeleológica perfectamente definida dada su condición insular oceánica. Desde el punto de vista biogeográfico forma parte de la subregión macaronésica, que incluye los archipiélagos de Azores y Madeira (más discutiblemente Cabo Verde), también de origen volcánico y con ambientes subterráneos y fauna hipogea muy similares (figura 20). Sin embargo, la fauna canaria es mucho más variada que en otros archipiélagos, y en general con adaptaciones troglomorfas más marcadas (ver Oromí, 2008).

La naturaleza exclusivamente volcánica de las islas condiciona el tipo de cuevas existente y el tipo de medio subterráneo superficial (MSS) dominante, muy distintos a los ambientes subterráneos de las áreas kársticas continentales. Aparte de algunas simas formadas por chimeneas volcánicas vaciadas, o por grandes grietas de retracción de lavas ácidas, las cuevas dominantes son los tubos volcánicos. Estas cavidades se forman con gran rapidez (en pocos días), sufriendo un proceso de sucesión ecológica relativamente rápido con una fase inicial de  $\pm 50$  a 100 años sin fauna adaptada, y una madurez con el máximo de fauna troglobia, quedando tras varios cientos de miles de años destruidos o inútiles para albergar dicha fauna troglobia tras varios cientos de miles de años. Al contrario que en las cuevas kársticas, la sucesión ecológica en el interior de los tubos volcánicos tiene lugar de abajo hacia arriba, alcanzando antes la madurez sus partes más profundas (Howarth, 1996). Los tubos volcánicos se caracterizan por ser generalmente muy superficiales, desarrollándose paralelamente

a la superficie del terreno, de forma que el aporte de materia orgánica desde el exterior es fácil, e incluso las raíces de la vegetación de superficie alcanzan con frecuencia el interior de las cuevas.

El MSS habitable por fauna hipogea puede ser de tipo coluvial al pie de roquedos o en laderas empinadas, o simplemente la roca madre cuarteada por meteorización. Pero en terrenos modernos hay un MSS volcánico constituido por la escoria superficial de las lavas una vez queda cubierta por una capa de suelo. Este MSS suele ser más pobre en materia orgánica que los tipos anteriores, pero está muy extendido y es crucial para la fácil dispersión de especies troglobias en terrenos carentes de cuevas. Algunas islas de edad intermedia como Gran Canaria o La Gomera tienen muy pocas o ninguna cueva, pero su MSS alberga una interesante fauna hipogea (Naranjo *et al.*, 2009). Las dos islas orientales (Fuerteventura y Lanzarote) tienen un clima muy seco, siendo muy pocas las cuevas con condiciones de humedad apropiadas para la vida troglobia.

La gran diferencia de edad entre las islas (de 21 ma de Fuerteventura a 1 ma de El Hierro) y la variedad de estructuras y tipos de roca volcánica condicionan una naturaleza geológica determinada, con mayor o menor abundancia en cavidades volcánicas y tipos de MSS en cada una de las islas. Los terrenos más modernos suelen ser más ricos en tubos de lava y en MSS de tipo volcánico, mientras que los más antiguos sólo albergan algunas simas volcánicas y escasas extensiones de MSS de tipo edáfico o coluvial. Todo ello, junto con el clima local y la cobertura de suelo y vegetación, influyen en la riqueza en fauna troglobia de cada una de las islas (ver tabla II). Las islas con mayor abundancia en cuevas volcánicas suelen tener una fauna troglobia más rica, a excepción de Lanzarote cuyas cuevas son demasiado secas para albergar una fauna terrestre adaptada, como le ocurre también a Fuerteventura. Las islas con pocas cuevas (Gran Canaria y La Gomera) ven limitada su fauna troglobia al MSS, que aunque menos estudiado se está revelando como un medio importante para la fauna subterránea (López & Oromí 2010; Pipan *et al.* 2010). El acceso al medio subterráneo por medio de cuevas artificiales ha resultado de gran efectividad para desvelar una fauna más rica de lo supuesto (ver Naranjo *et al.*, 2009).

La fauna acuática subterránea depende además de otros factores distintos. Los tubos volcánicos de tierra adentro no suelen tener fauna estigobia, dado que muy raramente acumulan agua en su interior, y las pocas especies dulceacuícolas (2 poliquetos y 4 crustáceos) suelen encontrarse en capas freáticas alcanzables por pozos o por los escasos nacientes de agua. La mayoría de las 232 especies estigobias se encuentran en medios intersticiales costeros o en cuevas anquialinas, siendo este último el medio que alberga mayor diversidad. Entre estas cuevas anquialinas, inundadas por agua eminentemente salada, destaca el Túnel de la Atlántida (Lanzarote), de extraordinaria riqueza en estigobios de origen marino (Wilkins *et al.*, 2009). Hay en él una predominancia de especies de varios grupos de crustáceos, pero también abundan los poliquetos (Martínez *et al.*, 2009).

La fauna subterránea terrestre de Canarias está actualmente bastante bien conocida, y alberga una riqueza considerable (159 spp. troglobias) para un espacio geográfico tan limitado (Oromí, 2004). La fragmentación insular ha ayudado a una mayor diversidad específica, dada la imposibilidad para cualquier troglobio de colonización de unas islas a otras. Así



pues, la práctica totalidad de estas especies son endemismos monoinsulares que han evolucionado *in situ* sin posibilidad de expansión a islas vecinas. Tenerife es la isla con una fauna hipogea más diversa, y además sus especies son en general las más troglomorfas. Destaca por su riqueza el complejo Cueva del Viento – Felipe Reventón, que aparte de ser el sistema de tubos más extenso de Canarias, su fauna incluye unos 42 troglobios conocidos.

Los invertebrados terrestres mejor representados son los Coleópteros (con gran abundancia de Staphylinidae) y los Araneidos, como suele ocurrir también en faunas subterráneas continentales. Por otra parte, resulta sorprendente la abundancia de Pseudoescorpiones, la escasez de Colémbolos y Opiliones, y la ausencia de Dipluros, Ortópteros y Gasterópodos entre otros. Las disarmonías propias de las faunas insulares pueden explicar estas notables diferencias con otras faunas hipogreas del Paleártico occidental, dado que para muchos grupos animales no ha sido posible colonizar el archipiélago. Probablemente la ausencia de determinados ancestros epigeos “preadaptados” en las islas ha dado lugar a la ocupación de nichos subterráneos por otros taxones con escasa o nula representación en cuevas continentales. Así ocurre con los Dermápteros (1 sp.), los Hemípteros Heterópteros (2 spp.), o los Anfípodos terrestres de la familia Talitridae (1 sp.), de los cuales solamente se conocen especies realmente troglomorfas en Canarias y en Hawai. En la fauna europea o norteafricana no hay Blatarios cavernícolas (14 spp. en Canarias), y los Hemípteros Auquenorrincos son muy escasos, aunque estos últimos en Canarias son abundantes (13 spp.) debido más a una cuestión ecológica que biogeográfica: los tubos volcánicos son mucho menos profundos que las cuevas kársticas, y las raíces alcanzan profusamente su interior proporcionando abundante alimento a estos insectos sapófagos.

La fauna que ocupa las cuevas en terrenos volcánicos se ha demostrado que va variando con el tiempo a medida que transcurre la sucesión ecológica del subsuelo (Ashmole *et al.*, 1992). Los tubos recién formados, secos y ventilados por poco aislamiento del exterior, albergan una fauna similar a la de las lavas, mientras que al alcanzar la madurez ecológica y estar ambientalmente más aislados de la superficie, van siendo colonizados por la fauna troglobia (Oromí, 2010).

### **Región Cantábrica. Ana Isabel Camacho.**

La Península Ibérica y las Islas Baleares han sido divididas en varios "distritos bioespeleológicos" (Bellés, 1987, 1994), en base a datos paleogeográficos, de colonización, distribución y relaciones filogenéticas de diversos grupos animales. Cuando se considera la fauna troglobia terrestre, se pueden diferenciar 9 zonas (Bellés, 1987, 1991); división que concuerda bien con la propuesta por otros autores a partir de datos sobre grupos animales concretos (p.e. coleópteros, Español, 1969 o arácnidos, Ribera, 1984). Sin embargo, en base a la fauna acuática subterránea, son sólo 4 las regiones en las que se divide nuestro territorio (Bellés, 1994), ya que se centra en la red hidrográfica y en organismos indicadores, como copépodos, isópodos y anfípodos, y considerando, además, que en este caso los endemismos son más raros que entre la fauna terrestre, y las distribuciones de los animales estigobios son, por tanto, más amplias (Bellés, 1984). Esta concepción acerca de los endemismos de la fauna acuática y la amplitud de sus distribuciones está sujeta a revisión, ya que los últimos resultados con técnicas moleculares aplicadas a la taxonomía reve-

lan la presencia de gran número de especies crípticas (Guzik, *et al.*, 2008; Camacho *et al.*, 2011) entre la fauna estigobias, que nos indican distribuciones más restringidas de las supuestas y mayor diversidad de la estimada. Así que se puede ir pensando que las divisiones bioespeleológicas de la Península Ibérica no serán tan diferentes para ambos tipos de faunas y, probablemente, sean muchos más de 8 los distritos en los que haya que dividir este territorio si nos basamos en distribuciones de animales y agua subterránea. Como quiera que esto está todavía por probar, consideraremos la Región Cantábrica que nos ocupa como el "distrito cantábrico" estimado para la fauna terrestre, y que se extiende desde Galicia hasta el País Vasco (Bellés, 1994). Orográficamente comprende los Montes Cantábricos, del Macizo Ibérico, y los macizos adyacentes. El límite al oeste viene dado por los relieves hercinianos de la llamada rodilla asturica y, más en concreto, el anticlinorio del Narcea (Agueda Villar *et al.*, 2002). El límite oriental generalmente aceptado es la cuenca del río Bidasoa, aunque se puede extender hacia Navarra, de características igualmente cantábricas, hasta el valle del río Nivelles. Así pues, una forma de demarcar geográficamente la región Cantábrica es la norma hidrográfica: identificamos los límites latitudinales con los de la gran cuenca Cantábrica, desde la divisoria de aguas cantábrico-atlántica-mediterránea por el sur, hasta el océano por el norte, y los longitudinales los establecemos entre la cuenca del Nalón-Narcea al oeste y la del Nivelles al este.

El Macizo Ibérico está formado por rocas precámbricas y paleozoicas, que han sido intensamente plegadas y fracturadas a lo largo de la orogénesis hercínica (Carbonífero). En la zona Cantábrica hay un gran desarrollo del Devónico y el Carbonífero. Durante el Mesozoico se produce una etapa tectónica distensiva, que constituye un hecho paleogeográfico muy importante, porque es la responsable de la separación de la Península Ibérica (placa ibérica) de América del Norte, África y Europa, a la vez que se formaban el océano Atlántico, el Mediterráneo y el golfo de Vizcaya. A nivel regional hay que destacar la formación en esta época de una cuenca marina en la zona septentrional cantábrica (Agueda Villar *et al.*, 2002). La Cordillera Cantábrica es un conjunto de relieves fundamentalmente alpinos que, en su mayoría, se desarrollan sobre materiales carbonáticos, con un predominio de las calizas sobre las dolomías. Los fenómenos kársticos cantábricos están asociados tanto a formas relictas, consecuencia de un karst actualmente inactivo (de edad mesozoica y neógena), como a procesos activos de edad plio-cuaternaria. La gran extensión y potencia de las formaciones calizas y su elevado grado de fracturación han posibilitado que se desarrolle un complejo y extenso endokarst, que se refleja en la aparición de numerosas cavidades. Cuenta con más de 7000 cavidades (León García, 2010) y, según el catálogo de Puch, 1998, 131 superan los 1000m de desarrollo vertical u horizontal, y casi 400 superan los 100m de desnivel o 1000m de desarrollo (León García, 2010) (figura 12). Cantabria es la comunidad autónoma con mayor número de cavidades, seguida de Asturias.

Su situación es estratégica desde el punto de vista bioespeleológico, ya que durante la última glaciación constituyó un refugio forestal que permitió la supervivencia de faunas muy antiguas y pudo propiciar procesos de colonización cavernícola en un karst de tan vasta magnitud.

Elementos típicamente cántabros de la fauna cavernícola son los relictos laurásianos, relacionados con especies del

Nuevo Mundo, como el crustáceo isópodo *Cantabroniscus primitivus* (Vandel, 1964) (figura 2), un oniscoideo anfíbio emparentado con especies mejicanas, que vive en varias cuevas de Asón, Arredondo, Matienzo, etc. (Cullalvera, Gándara, Pozalagua, Coventosa, etc.); el dipluro campodeido *Oncinocampa falciper* Condé, 1982, (Cueva de la Marniosa, Tresviso) o el coleóptero *Iberotrechus bolivari* (Jeannel, 1913) (Cueva del Pis). También viven en algunas cuevas cántabras especies relacionados con la fauna africana y sudamericana, relictos gondwanianos, como por ejemplo, el diplópodo *Cantabrodesmus lorioli* Mauriès, 1974, de la Cueva del Molino (Matienzo) (Bellés & Camacho, 1998).

Muchas especies de arañas, coleópteros y diplópodos viven exclusivamente en cuevas de esta zona y es de suponer que derivan de procesos de colonización que tuvieron lugar en el terciario (pre-miocénicos) (Bellés & Camacho, 1998). Entre las arañas merece la pena destacar *Iberina mazarredo* (Simon, 1881) (Cueva Cullalvera) y *Robertus cantabricus* Fage, 1931 (Cueva de San Román y Cueva del Pis); entre los coleópteros, *Quaestus adnexus* (Schaufuss, 1861), *Q. arcanus* Schaufuss, 1861, *Q. autumnalis* (Escalera, 1898) (Los Covachos del Peñajorao), *Q. escalera* (Jeannel, 1909) (Cueva Cullalvera, Cueva del Valle), *Q. minos* (Jeannel, 1909) (Torca del Carlista, Pozalagua, Cullalvera), *Cantabrogeus nadali* (Salgado, 1978) (Cueva Cayuela), *Q. perez* (Sharp, 1872) y *Q. canis* (Salgado, 1992) (Cueva de los Perros). Diplópodos ilúidos tenemos *Mesoiulus stammeri* (Verhoeff, 1936) (Cueva Cullalvera) o *M. drescoi* Mauriès, 1971, en cuevas de Arredondo; y entre los diplópodos craspedosómidos, está la especie *Cantabrosoma rogeri* Mauriès, 1970, (Cueva de la Posadía, Soba) (Bellés & Camacho, 1998; Camacho, 1998). También se puede incluir en esta categoría el género endémico de colémbolo *Ongulonychiurus*, con la especie *O. colpus* Thibaud y Massoud, 1986 de la Sima del Trave (Asturias).

Si bien la fauna troglobia terrestre de las cuevas de la región cantábrica es relativamente conocida, la fauna acuática subterránea ha recibido en el pasado poca atención por parte de los científicos y la mayoría de los hallazgos son puntuales y poco sistemáticos. Recientemente, y gracias a un proyecto Europeo, Pascalis 2002-2004 (Malard *et al.*, 2009; Deharveng *et al.*, 2009), se ha dedicado un gran esfuerzo al estudio de la fauna estigobia, en sentido amplio, de esta región. Se ha muestreado el agua subterránea de cuevas, fuentes y surgencias y del medio intersticial asociado a ríos epigeos en Asón, Matienzo y Sierra de la Collada. Los resultados de este trabajo, en el que han participado taxónomos europeos, especialistas de diferentes grupos, no son definitivos, y aunque se han detectado muchas especies nuevas para la ciencia (alrededor de 50), la mayoría de ellas están todavía sin describir formalmente. La fauna acuática subterránea está dominada por crustáceos ostrácodos, copépodos, isópodos, anfípodos y batineláceos, principalmente. Son frecuentes también en el agua subterránea en general, y en la zona que nos ocupa en concreto, algunos grupos de oligoquetos (especies nuevas para la ciencia de los géneros *Trichodrilus* y *Rhyacodrilus*) y algunos géneros nuevos de la familia Parvidriidae y de la subfamilia Phallo-driilinae), de moluscos (como *Paladihiopsis septentrionalis* Rolán y Ramos, 1995 y *Spiralix burgensis* Boeters, 2003) y de ácaros limnolacáridos (como *Porolohmannella violacea* (Kramer, 1879), *Soldanellonyx chappuisi* Walter, 1917 y *S. monardi* Walter, 1919) e Hydrachnidia (*Stygomomonía latipes* Szalay, 1943, *Frontipodopsis reticula-*

*tifrons* Szalay, 1945, *Axonopsis vietsi* Motas y Tanasachi, 1947 y algunas especies de los géneros *Albaxona*, *Kongsbergia* y *Barbaxonella*). Entre los copépodos ciclopoideos, tres especies de *Speocyclops* (*S. spelaeus* Kiefer, 1937, *S. sebastianus* Kiefer, 1937 y *S. cantabricus* Lescher-Moutoué, 19), tres especies de *Acanthocyclops* conocidas y una nueva para la ciencia, un par de nuevas especies de *Diacyclops*, y *Graeteriella unisetigera* (Graeter, 1910) son las formas más frecuentes en esta zona, apareciendo sobre todo en el epikarst y el medio intersticial. Los copépodos harpacticoides más frecuentes pertenecen a los géneros *Ceuthonectes* (dos especies nuevas para la ciencia), *Elaphoidella* (una nueva especie), *Parastenocaris* (cuatro especies conocidas y una nueva) y *Spelaecampatus* (una especie nueva). Entre los ostrácodos, todas las especies estigobias encontradas en la zona pertenecen a la subfamilia Candoninae y están pendientes de ser descritas al menos cinco nuevas especies, de las cuales alguna pertenecerá a géneros nuevos. Entre los anfípodos podemos encontrar dos especies conocidas y una nueva de *Pseudoniphargus*, así como probablemente nuevas especies de *Haploginglymus* y *Niphargus*. El grupo de los isópodos, con la especie poli-típica *Stenasellus virei* Dollfus, 1897, es relativamente frecuente en cavidades de la región cantábrica.

El grupo de crustáceos mejor conocido son los Syncarida Bathynellacea, que son, sin duda, también los más diversificados en la zona, con más de 20 especies de las familias Parabathynellidae y Bathynellidae, pertenecientes a los géneros *Iberobathynella* (15 especies, algunas crípticas por describir), *Vejdovskybathynella* (cinco especies nuevas) (figura 5) y *Paradoxclamoussella*, género nuevo con al menos tres especies nuevas para la ciencia.

#### Región Lusitánica. Ana Sofía Reboleira.

La fauna subterránea de Portugal cuenta con algunos elementos relictos. Aunque considerada pobre, la bibliografía permite reconocer más de 110 especies de fauna estrictamente hipogea entre terrestres y acuáticas (Reboleira *et al.*, 2011).

El pionero de los estudios biológicos en cuevas de Portugal fue Antonio de Barros Machado, que empezó sus prospecciones biológicas y espeleológicas a finales de los años 30 del siglo pasado (Gama & Afonso, 1994). Sin embargo los estudios biológicos de las aguas subterráneas comenzaron a finales de la década de los 50 y tuvieron gran expansión hasta los 80 por investigadores del Instituto de Zoología “Dr. Augusto Nobre” (Afonso, 1982).

Las áreas kársticas más importantes desde el punto de vista espeleológico están localizadas en calizas o dolomitas Jurásicas, en el centro, como el macizo Estremenho (también conocido como Serra de Aire e Candeeiros), Arrábida, Sicó-Condeixa-Alvaiázere y Montejunto o en el sur del país en el macizo Algarvio. Pero también se pueden encontrar algunas cuevas en rocas Cámbricas y mármoles en la zona de Estremoz y Adiça en Alentejo y en Dine, y Vimioso en el interior norte (Machado & Machado, 1948) (figura 22).

La fauna hipogea terrestre puede ser incluida en dos grandes distritos bioespeleológicos: el lusitánico que incluye la zona oeste del país, y el ético cuya mayor área se encuentra en la Andalucía española, pero que se extiende a oeste hasta el macizo Algarvio en el sur de Portugal (Bellés, 1987). Esta fauna es generalmente endémica de un macizo o de parte de él, y conocida en número reducido de cuevas (Reboleira, en prensa): la excepción a este patrón parece ser la araña

*Teloleptoneta synthetica* (Machado, 1951), una especie citada en cuevas de Arrábida, Alentejo y Algarve, perteneciente a un género endémico y monoespecífico (Ribera, 1988). El grupo más diverso son los Isópodos, de entre los cuales sobresale *Porcellio cavernicolus* Vandel, 1945, que se encuentra ampliamente distribuido por las sierras de Sicó-Condeixa-Alvaiaze, y *Troglarmadillidium machadoi* Vandel, 1945, un elemento relictivo distribuido por el sur del país (Vandel, 1945). Algunas especies troglobias emblemáticas caracterizan ambos distritos bioespeleológicos, como las arañas: *Nesticus lusitanicus* Fage, 1931 en el macizo Estremenho y *Harpactea stalioides* Ribera, 1993 en el Algarve. La fauna de pseudoescorpiones está representada por elementos bastante troglobiomorfos como *Roncocreagris blothroides* (Beier, 1962) y *R. cavernicola* (Vachon, 1946) (Zaragoza, 2007), y sobre todo el extraordinario *Titabobochica magna* Zaragoza & Reboleira, 2010 endémico del Algarve. El género *Trechus* Clairville, 1806, aunque se encuentren entre los cavernícolas menos troglobiomorfos de la fauna lusitana presenta un interesante patrón de distribución por el que cada especie hipogea parece estar confinada a un macizo o a subunidades geológicas dentro de un mismo macizo (Reboleira *et al.*, 2009, Reboleira *et al.*, 2010).

Cerca del 90% de los estigobios de Portugal fueron descritos de terrenos no kársticos, especialmente de zonas del norte del país, encontrados sobretudo en pozos (Afonso, 1982). Esta fauna está compuesta por Oligoquetos, Anfípodos e Isópodos. Es dentro del orden de los Isópodos que se conoce mayor biodiversidad, en particular del género *Synasellus* Braga, 1944 con más de 30 especies, seguido del género *Proasellus* Dudich, 1925 y del género *Bragasellus* Henry & Magniez, 1968, endémico de la Península Ibérica (Reboleira *et al.*, en prensa). Entre los anfípodos de las aguas subterráneas de Portugal se distingue el *Haploginglymus* Mateus & Mateus, 1958, un género endémico de la Península Ibérica y la distribución disjunta del género *Pseudoniphargus* Chevreux, 1901, cuyo origen estará probablemente relacionado con un ancestro común talasoestigobio (Notenboom, 1990).

### **O Arquipélago dos Açores. Paulo A. V. Borges.**

O Arquipélago dos Açores localiza-se a uma distância de aproximadamente 1600 km da costa Ocidental do Continente Europeu, entre 36° 55' e 39° 43' de latitude N e 25° 00' e 31° 17' de longitude W. As ilhas que constituem o arquipélago estão agrupadas em três grupos, o Grupo Ocidental (Flores e Corvo), o Grupo Central (Terceira, São Jorge, Pico, Faial e Graciosa) e Grupo Oriental (São Miguel e Santa Maria), que se estendem segundo uma faixa de orientação geral NW – SE, com cerca de 600 Km de comprimento, entre as ilhas de Santa Maria e do Corvo. As ilhas dos Açores são todas de origem vulcânica, possuem idades geológicas variadas e apresentam morfologias bastante heterogêneas e por vezes complexas.

A natureza vulcânica dos Açores torna estas ilhas ricas em cavidades subterráneas de diversos tipos: grutas (ou tubos) de lava (terrestres e submarinas), algares vulcânicos, fendas e grutas de erosão marinha. São conhecidas no arquipélago cerca de 264 cavidades naturais (163 tubos de lava, 37 algares, 12 tubos-algares, 52 grutas de erosão ou artificiais ou fendas), correspondendo a muitas dezenas de quilómetros de caminhos subterráneos (figura 23). As ilhas mais ricas neste tipo de habitat são as mais jovens ou aquelas com actividade vulcânica recente (e.g. Pico, Terceira, S. Jorge). A ilha do

Pico com cerca de 110 cavidades é a mais rica neste tipo de ecossistema, sendo igualmente aquela em que o Homem melhor se integrou na paisagem vulcânica (e.g. Paisagem da Vinha). Quatro cavidades vulcânicas dos Açores (Algar do Carvão, Furna do Enxofre, Gruta das Torres e Gruta do Carvão) são actualmente “Monumentos Naturais Regionais”, dadas as suas peculiaridades vulcanológicas, bem como a sua importância em termos ambientais.

Apenas em 1987 se dá início às primeiras investigações bioespeleológicas, com duas expedições científicas financiadas pela “National Geographic” e lideradas por Pedro Oromí (Universidade de La Laguna, Canárias) e Philippe Ashmole (Universidade de Edinburg, Escócia), com o apoio dos “Montanheiros” e, na segunda expedição, com a colaboração de Paulo A. V. Borges, biólogo da Universidade dos Açores. Dessas expedições resultou a descrição, em várias revistas internacionais, de cerca de 13 espécies de artrópodes novos para a ciência e endémicos das cavidades vulcânicas dos Açores. Esse esforço foi continuado em várias das Expedições dos “Montanheiros” na década de 90, sob a coordenação de P. A. V. Borges e F. Pereira, e culmina com a publicação de uma lista comentada da fauna das cavidades vulcânicas dos Açores na Enciclopédia Bioespeleológica, editada em França (Borges & Oromí, 1994).

O isolamento e a história geológica dinâmica facilita os processos de especiação, pelo que é comum a grande percentagem de espécies endémicas nos arquipélagos oceânicos e também nas cavidades vulcânicas. Nas cavidades vulcânicas dominam os neo-endemismos, que são espécies formadas de novo por processos de especiação a partir de indivíduos que colonizam o ambiente cavernícola, especiando por fenómenos de deriva genética. Ainda é possível que se forme espécies novas por ocupação de novas zonas adaptativas como é o exemplo de secções do meio subterrâneo (tubos de lava, algares vulcânicos e Meio Subterrâneo Superficial).

Actualmente reconhecem-se cerca de 17 espécies troglóbias endémicas dos Açores (Reboleira *et al.* 2011), ocorrendo 61% delas em apenas três ou menos cavidades vulcânicas, ou seja, são extremamente raras (Borges *et al.*, 2011). Seis espécies são particularmente comuns, o pseudoscorpião *Pseudoblothrus vulcanus* que ocorre em oito cavidades (n = 8), a aranha *Rugathodes pico* (n = 7), a centopeia *Lithobius obscurus azoreae* (n = 12), a cigarrinha *Cixius azopicavus* (n = 6) e os escaravelhos *Trechus picoensis* (n = 8) e *T. tercerianus* (n = 10). Entre as espécies mais raras destacamos o pseudoscorpião *Pseudoblothrus oromii* (Gruta da beira em S. Jorge), a aranha *Turinyphia cavernicola* (Algar dos Carvão na Terceira e ainda com pequenas populações em outras duas cavidades), os escaravelhos *Thalassophilus azoricus* (Gruta de Água de Pau, S. Miguel), *Trechus isabelae* (Algar do Morro Pelado, São Jorge), *Trechus jorgensis* (Algar das Bocas do Fogo, São Jorge) e *Trechus oromii* (Gruta do Parque do Capelo, Faial) (Borges *et al.*, 2004, 2007).

Um dos impactos das alterações verificadas com a implementação de pastagens intensivas nas décadas de 60-70 e até aos nossos dias é a impermeabilização do meio subterrâneo superficial e dos próprios tubos de lava com eliminação da fauna troglóbia de muitas cavidades subterráneas. Felizmente que em muitas situações as entradas das cavidades subterráneas são protegidas com muros de pedra (e.g. ilha do Pico) mantendo condições de humidade óptimas no meio de penumbra. Algumas das espécies cavernícolas dos Açores

estão listadas na listagem das 100 espécies mais prioritárias para conservação na Macaronésia (Martín *et al.*, 2010).

### **Región Oriental. Alberto Sendra y Santiago Teruel.**

Extendida a lo largo de las regiones calcáreas, dolomíticas y yesíferas del Sistema Ibérico, con límites imprecisos con el Prebético más oriental y la Cordillera Costero-catalana, la Región Oriental está pendiente, como las restantes regiones peninsulares, de una exhaustiva revisión de su fauna subterránea, en especial en sus aguas subterráneas. Los datos faunísticos que se poseen, indican una diversidad importante, con más de 120 especies troglobias y estigobias, de las que  $\frac{3}{4}$  partes son endémicas, destacando 15 géneros exclusivos de esta región que incluyen: un género de arácnido (*Speleoharpactea*), cinco de crustáceos (*Eleoniscus*, *Parachaetophiloscia*, *Troglonethes*, *Sensonator* y *Kensleylana*), uno de dipluro (*Gollumjapyx*) y ocho de insectos coleópteros (*Ildobates*, *Paraphaenops*, *Spelaeochlamys*, *Anillochlamys*, *Paranillochlamys*, *Somodytes* e *Iberanillus*) (Domingo *et al.*, 2006).

Los límites de la Región Oriental varían en función del grupo que se examine. Además está aún pendiente un análisis riguroso, con herramientas estadísticas que definan esta región. No obstante, en los últimos años se han realizado sendos intentos de caracterización y sectorización de las distintas unidades geoestructurales dentro del marco del territorio valenciano (Sendra *et al.*, 2006, 2008). A falta de otros datos más globales se puede definir la Región Oriental por sus elementos característicos, los cavernícolas con mayor diversidad y abundancia que se exponen a continuación.

Los coleópteros de la familia Leiodidae son, sin duda, el grupo faunístico más diverso y extendido de toda la Iberia, a la par que el mejor estudiado. En el caso concreto de la serie *Spelaeochlamys*, los límites se extienden desde las sierras tarraconenses al norte del valle del Ebro hasta el prebético alicantino. En esta vasta extensión, aparecen catorce especies de leiódidos, con representantes de los únicos tres géneros ibéricos de la serie *Spelaeochlamys* (Salgado & Fresneda, 2003, 2006; Fresneda, Salgado & Ribera, 2007) (Figura 1): *Paranillochlamys* (3 especies), *Anillochlamys* (8) y *Spelaeochlamys* (2); además de una sola especie del género *Speonemadus*: *S. escalerai* (Uhagón, 1898), un grupo completamente distinto de distribución en las Béticas.

Los carábidos, otra de las familias de coleópteros con una elevada diversidad en el medio subterráneo ibérico, se encuentran bien representada en la Región Oriental. Las sierras del Prebético alicantino son ocupadas por *Thalassophilus* (1 especie) y por el género *Trechus*, cuyos representantes forman un único grupo monofilético, con 5 especies del linaje-*Trechus martinezi* Jeannel, 1927 (Ortuño & Arillo, 2005). El Prebético oriental también se caracteriza por la presencia en su medio subterráneo de pseudoescorpiones de los géneros *Roncus* y *Chthonius* (*Ephippiochthonius*). Este último, se extiende hacia el norte alcanzando el Macizo del Caroig, una superficie kárstica de calizas tabulares que constituye el límite meridional del Sistema Ibérico. En este macizo, da comienzo la distribución de los carábidos troglobios de la tribu Anillini que cuenta con la especie de cuerpo más grácil y estilizado de toda la tribu: *Microtyphlus alegrei* (Español & Comas, 1985). A partir de Serra Calderona hasta el norte de Castellón aparecen diversas formas cavernícolas de *Microtyphlus* (4 especies) y del género monoespecífico *Iberanillus* (Ortuño & Sendra, 2007).

En las sierras litorales del norte de Castellón sobrevive un coleóptero carábido de la tribu Zuphiini (*Ildobates neboti* Español, 1966) de rasgos extraordinariamente troglobiomorfos (Ortuño *et al.*, 2005). En estos mismos relieves que forman una unidad geoestructural conocida como Alineaciones Costeras, entre las estribaciones orientales del Sistema Ibérico y la Cordillera Costero-Catalana. En ellas aparecen cavidades de escaso desarrollo (figura 24) pero con una rica biocenosis, con excepcionales troglobios y estigobios de los que destacan, entre los primeros (Sendra *et al.*, 2008): el grácil pseudoescorpión *Troglobisium racovitzae* (Ellingsen, 1912), el arácnido disdérico *Speleoharpactea levantina* Ribera, 1982 y los dipluros *Paratachycampa hispanica* Bareth & Condé, 1981 y *Gollumjapyx smeagol* Sendra & Ortuño, 2006; y, entre los segundos (Sanz & Platvoet, 1995), ocupando las aguas subterráneas, el crustáceo decápodo *Typhlatya miravetensis* Sanz & Platvoet, 1995 (figura 6) y el isópodo cirolánido *Kensleylana briani* Bruce & Herrando, 2005. Todos estos elementos son considerados reliquias aisladas de sus parientes del exterior, y en algunas de ellas se infiere, para sus ancestros, una antigüedad que se remonta a comienzos del Cenozoico, al presentar distribuciones actuales de tipo anfiatlántico (Ortuño *et al.*, 2004).

Hacia el norte, en los repliegues y cabalgamientos de la región tarraconense de Els Ports, destaca la presencia de otro fascinante ejemplo de aislamiento y relictualidad, el carábido *Paraphaenops breuilianus* (Jeannel, 1916), que sobrevive en las cavidades situadas a mayor altitud, a temperaturas por debajo de los diez grados centígrados.

Otro de los grupos frecuentes en el mundo subterráneo, y bien estudiado, corresponde a los hexápodos del grupo de los dipluros, de los que además de *Paratachycampa* y *Gollumjapyx*, se conocen varias formas del subgénero *Campodea* s.str. (4 especies) que se extienden por todo el Sistema Ibérico, incluso por los relieves más interiores y que, en ocasiones, conviven con un representante del género *Cestocampa*. Al sur, a partir de las primeras estribaciones prebéticas aparece una especie del género *Plusiocampa* afín a otras del medio subterráneo Bético-Balear.

### **Región Vasca. Carlos Galán.**

La región montañosa del País Vasco (Arco Plegado Vasco) es, geográfica y geológicamente, parte de los Pirineos y constituye básicamente una prolongación de la Zona Norpirenaica francesa. Sus principales karsts están instalados sobre la placa tectónica Europea. Actualmente los Pirineos interceptan oblicuamente la línea de costa, prolongándose sobre la plataforma continental del Mar Cantábrico hasta el Banco de Danois, a unos 50 km al NW de Bilbao.

Las delimitaciones biogeográficas que es posible hacer para la fauna cavernícola dependen del grupo zoológico que se considere. Dado el encuadre de este trabajo, consideramos como región vasca a los territorios incluidos en España (País Vasco, NW de Navarra), los cuales se prolongan hacia el País Vasco francés. La diversidad de la fauna troglobia en esta región es una de las más altas del globo, con algo más de 250 especies troglobias descritas para un área de seis mil km<sup>2</sup>. Debido a la dispersión de datos y a nuestro limitado conocimiento del conjunto, nuestro análisis y descripción se centrará en el territorio de Gipuzkoa, el cual contiene 108 taxa troglobios descritos para un área de dos mil km<sup>2</sup>.

Para comprender la procedencia, evolución y distribución de los troglobios en la región es necesario tener en cuenta su historia geológica, que es comparativamente compleja, ya que la región se encuentra en el extremo NW de la cadena de colisión de los Pirineos y prácticamente en continuidad y contacto con la cadena de subducción del margen nor-ibérico. La región fue parte de un océano, con dos cuencas sucesivas de naturaleza distinta, en las cuales se formaron las calizas Jurásicas y Cretácicas hoy expuestas. A partir del Eoceno (hace 40 millones de años) la colisión y hundimiento de la placa de Iberia bajo la placa tectónica Europea produjo la emersión del territorio y los pliegues que lo forman (el denominado Arco Plegado Vasco). Mientras que al W de la región se formó por subducción la cadena Cantábrica del margen nor-ibérico y un prisma de acreción tectónico (Galan, 1993).

Durante el Eoceno y Oligoceno las tierras emergidas tenían una vegetación de tipo tropical, con suelos profundos, de pedogénesis intensa, bajo los cuales debe haberse iniciado la karstificación de las calizas. Muchos de los cavernícolas estrictos o troglobios de las cuevas de Gipuzkoa pertenecen a familias y linajes datantes de estas épocas, procedentes de la placa Europea. A partir del Oligoceno final (hace 23 millones de años) se produce un paulatino enfriamiento, con climas subtropicales. La temperatura experimenta una caída de 12°C entre el Oligoceno y el Plioceno. A ello se agrega la ocurrencia de glaciaciones durante el Cuaternario, con al menos 17 ciclos glaciales (separados por otros tantos interglaciales cálidos, con clima semejante al actual). Cada uno de los cuales tuvo su efecto erosivo, sedimentario, climático y ambiental. La región se elevó durante el Oligoceno y Mio-Plioceno, plegándose enérgicamente, con cabalgamientos e incluso corrimientos horizontales de cierta importancia, pero a la vez fue destruyéndose por erosión.

Las montañas calizas resultantes, y las cavernas excavadas en ellas (figura 25), tienen por lo tanto una larga historia anterior. Los organismos que colonizaron las áreas calizas, y las cavernas que progresivamente fueron formándose, datan de distintas épocas y de distintos linajes, dependiendo de los ecosistemas presentes en cada momento y de las vicisitudes que los organismos experimentaron al colonizar el karst. Algunos cavernícolas procedentes de medios nivales, datan de alguno de los episodios fríos del Pleistoceno. Pero en su mayor parte los troglobios gipuzcoanos son formas relictas derivadas de la fauna tropical y subtropical que pobló la región durante el Terciario. Las distribuciones de los troglobios guipuzcoanos, a nivel de familias y géneros, muestran la procedencia y carácter europeo de esta fauna, que no penetra en la península ibérica, salvo en la zona vasca y parte cantábrica próxima. Por otro lado, la proximidad de la cuenca del Ebro al mar (la divisoria de aguas con el Mediterráneo dista escasos 40 km de la costa cantábrica) también permite explicar la presencia de especies de procedencia sub-mediterránea e ibérica, con una yuxtaposición de elementos sin duda complicada, resultado de su historia biológica. El grado de endemismo en la región vasca es considerable. A nivel de especies, más del 80% de los troglobios son endémicos. De las 108 especies troglobias de Gipuzkoa, 88 especies y 11 géneros completos son endemismos vascos, 52 especies están restringidas a Gipuzkoa, y muchas de ellas a pequeñas zonas kársticas, sobre un territorio de muy reducida extensión, donde pueden distinguirse más de 40 unidades hidrogeológicas distintas (Galan, 1988, 1993; Galan & Etxeberria, 1994). Ello

propició la fragmentación específica y originó una alta biodiversidad y endemismo entre las formas troglobias.

La distribución de los troglobios, obviamente, se superpone a la distribución del karst. Las zonas kársticas de Gipuzkoa totalizan 480 km<sup>2</sup>, lo que representa 1/4 de la superficie del territorio, abarcando 4 grandes macizos (Izarraitz y Ernio, en el N, y Aizkorri y Aralar, en el S) y todo un conjunto de otros más pequeños situados en la periferia de los principales.

Por su edad y litología los karsts de Gipuzkoa comprenden básicamente calizas recifales y pararecifales Urgonianas (de edad Cretácico temprano) y calizas y dolomías Jurásicas. Adicionalmente hay pequeños afloramientos del Cretácico tardío y Paleoceno. Los grandes macizos se presentan además subdivididos en unidades hidrogeológicas menores. A esto cabe agregar la presencia de un pseudokarst en arenisca Eocena en la franja costera (Galan *et al.*, 2009) y todo un conjunto de medios hipógeos transicionales, que abarcan conglomerados del Permo-Trías, algunos tramos de calizas y esquistos Paleozoicos, un MSS (Medio subterráneo superficial) en coluviones de ladera en distintas litologías (Galan, 2001), y medios hemiedáficos e intersticiales en continuidad con las calizas. Los medios transicionales, poco tenidos en cuenta, constituyen vías de colonización del karst para muchos grupos faunísticos y a menudo facilitan la interconexión e intercambios de fauna entre macizos contiguos.

La fauna troglobia de Gipuzkoa comprende 108 taxa de 34 familias distintas (Español *et al.*, 1980; Galan, 1993, 2006, 2008, 2011; Galan & Nieto, 2010; Prieto, 2007; Sendra, 2003; Zaragoza & Galan, 2007). 84 de ellos son troglobios terrestres y 24 troglobios acuáticos o stygobios. Cabe destacar que la mayor parte de la microfauna troglobia es aún poco conocida y muchos grupos zoológicos permanecen sin estudiar. Recientemente fue descubierto un grupo de amebas gigantes troglobias (Mycetozoa: Trichiida) con varios taxa relacionados (Galan & Nieto, 2010; Galan, 2011). Por ello, lo conocido es sólo provisional y es probable que durante el presente siglo se duplique el número de troglobios descritos.

Los no-artropodos incluyen planarias *Crenobia anopthalma* (Planariidae), oligoquetos acuáticos *Haplotaxis navarrensis* (Haplotaxidae) y gasterópodos pulmonados *Zospeum bellesi*, *Zospeum suarezi* (Ellobiidae).

Los arácnidos comprenden algunos pseudoscorpiones Chthoniidae, *Chthonius (Ephippiochthonius) distinguendus* y numerosas especies de *Neobisium* del subgénero *Blothrus* (Neobisiidae): *Neobisium boneti*, *N. breuili*, *N. navaricum*, *N. nonidezi*, *N. robustum robustum*, *N. r. escalerai*, *N. tenuipalpe*, *N. vasconicum vasconicum*, *N. v. cantabricum*, *N. v. hypogoeum*, *N. n. sp. 1* (Alzola), *N. n. sp. 2* (Saastarri), *N. n. sp. 3* (leiza), *N. n. sp. 4* (Bidani). Los opiliones incluyen a *Kratochviliola navarica* (Travuniidae), y varias especies de *Ischyropsalis*: *I. dispar*, *I. navarrensis*, e *I. galani* n. sp. (Ischyropsalidae). También hay algunos araneidos troglobios: *Blaniargus cupidon* (Erigonidae), y *Centromerus microps*, *Troglohyphantes alluaudi*, y *Leptyphantes cavicola* (Linyphiidae). Los ácaros incluyen la rara forma stygobia *Troglohalacarus dentipes* (Limnolhalacaridae).

Los crustáceos se presentan en cinco órdenes distintos: Cyclopoida, Harpacticoida, Bathynellacea, Isopoda y Amphipoda. Los copépodos Cyclopoida incluyen a *Speocyclops sebastianus* y *S. spelaeus* (Cyclopidae). Los copépodos Harpacticoida incluyen siete especies de tres familias distintas: *Stygonitocrella dubia*, *Nitocrella vasconica* (Ameiridae),

*Bryocamptus dentatus*, *B. pyrenaicus*, *B. zschokkei balcanicus* (Canthocamptidae), *Parastenocaris cantabrica*, *P. stammeri* (Parastenocaridae). Los Bathynellacea incluyen a *Iberobathynella fagei* (Parabathynellidae). Los isópodos incluyen stygobios de las familias Stenasellidae (*Stenasellus breuili*, *S. virei*) y Asellidae (*Proasellus gipuzcoensis*, *P. navarrensis*), y formas terrestres de la familia Trichoniscidae (*Trichoniscoides cavernicola*, *T. dubius*, *T. pseudomixtus*, *Escualdoniscus coiffati*). Los anfípodos incluyen 5 taxa, en las familias Niphargidae (*Niphargus ciliatus cismontanus*, *N. longicaudatus*) y Hadziidae (*Pseudoniphargus incantatus*, *P. unisexualis*, *P. vasconiensis*).

Los diplópodos comprenden a: *Trachysphaera ribauti* y *Spelaeoglomeris doderoi* (Glomeridae), *Cranogona espagnoli* (Anthogonidae), *Guipuzcosoma comasi*, *Vandeleuma vasconicum*, *V. hispanica* (Vandeleumidae), *Mesoiulus cavernarum*, *M. henroti*, *M. stammeri* (Iulidae). Algunos de estos taxa son de muy antiguo origen.

Todos los quilópodos están incluidos en el género *Lithobius* de la familia Lithobiidae, el cual comprende 10 taxa troglobios: *Lithobius reisseri*, *L. anophthalmus*, *L. sanvalerii*, *L. navarricus*, *L. crypticola alavicus*, *L. romanus inopinatus*, *L. derouetae derouetae*, *L. d. sexusbispiniger*, *L. d. quadridens*, *L. piceus gracilitarsis*.

Los Apterygota contienen representantes troglobios en los órdenes Collembola y Diplura. Los colémbolos incluyen los siguientes taxa: *Onychiurus boneti*, *O. akelaris*, *O. aranzadii* (de la familia Onychiuridae), *Typhlogastrura mendizabali* (Hypogastruridae), *Tomocerus vasconicus*, *Pseudosinella antennata*, *P. pieltani*, *P. stygia*, *P. subinflata*, *P. suboculata*, *P. subterranea* (Entomobryidae), *Arrhopalites boneti*, *A. furcatus* (Sminthuridae). Los Diplura troglobios incluyen a *Podocampa simonini* y *Litocampa espanoli* (de la familia Campodeidae).

Los coleópteros troglobios comprenden 25 taxa de 3 familias distintas: Carabidae de las subfamilias Trechinae (*Trechus beusti*, *Hydraphaenops galani*) y Pterostichinae (*Trogloorites breuili*, *T. b. mendizabali*, *Ceuthosphodrus vasconicus*, *C. peleus bolivari*); Bathysciinae (= Cholevidae: Leptodirinae) (*Speocharis noltei*, *Bathysciola schiodtei breuili*, *B. s. rugosa*, *Speonomus crotchi crotchi*, *S. c. aizquirrensis*, *S. c. mazarredoi*, *S. c. oberthuri*, *Euryspeonomus breuili*, *E. ciaurrizi ciaurrizi*, *E. c. igaratzai*, *Speocharidius breuili*, *S. bolivari*, *S. vivesi*, *Kobiella galani*, *Aranzadiella leizaolai*, *Jossettekia angelinae*, *Jossettekia mendizabali*); y Pselaphidae (*Prionobythus bolivari*, *Typhlobythus breuili*).

Adicionalmente, hay varias especies troglobias en proceso de descripción (pseudoescorpiones, opiliones) y diversos grupos de microfauna (nemátodos, ostrácodos, cladóceros, sincáridos) sólo han sido someramente estudiados.

De este conjunto podríamos decir que las especies biogeográficamente más representativas de la región vasca son los oligoquetos Haplotaxidae; pseudoescorpiones *Neobisium* del subgénero *Blothrus*; opiliones *Kratochviliola* e *Ischyropsalis*; araneidos *Troglohyphantes* y *Leptyphantes*; ácaros stygobios Limnohalacaridae; copépodos *Speocyclops*, *Stygonitocrella*, *Bryocamptus* y *Parastenocaris*; isópodos acuáticos *Stenasellus*, *Proasellus*, y terrestres *Trichoniscoides*, *Escualdoniscus*; anfípodos *Niphargus* y *Pseudoniphargus*; una variada representación de diplópodos, con géneros endémicos; quilópodos *Lithobius*; colémbolos *Onychiurus*, *Typhlogastrura*, *Tomocerus*, *Pseudosinella*, *Arrhopalites*; dipluros

*Podocampa* y *Litocampa*. Entre los coleópteros destaca la representación de carábidos *Trechus*, *Hydraphaenops*, *Trogloorites* y *Ceuthosphodrus*, de numerosos Bathysciinae (= Leptodirinae) y algunos, muy raros, Pselaphidae. El endemismo a nivel de género es un hecho destacado. Diez géneros y un subgénero de troglobios gipuzcoanos son endemismos vascos: isópodos *Escualdoniscus*, diplópodos *Vandeleuma*, coleópteros *Euryspeonomus*, *Jossettekia* y *Prionobythus*; y seis más son endemismos exclusivos de Gipuzkoa: diplópodos *Guipuzcosoma*, coleópteros *Speocharidius*, *Kobiella*, *Aranzadiella*, *Typhlobythus*, y el subgénero *Speonomidius* de los *Speonomus*.

Actualmente, el número de troglobios conocidos en el mundo asciende a 8.000 especies (la mitad de ellos de Europa), por lo que el promedio de su biodiversidad por área - a nivel mundial - oscila en torno a 60 taxa troglobios por millón de km<sup>2</sup>. Sólo una docena de países en el mundo, entre ellos España, contiene 100 o más taxa troglobios por país (cuyas áreas cubren cientos de miles de km<sup>2</sup>). Por ello, que un territorio como Gipuzkoa contenga más de 100 troglobios, supone uno de los valores más altos en biodiversidad a nivel mundial. Hecho extensible a territorios vascos contiguos. La región queda incluida en una banda o cordillera de alta diversidad de troglobios, propuesta por Culver *et al.* (2006), la cual se extiende en Europa desde Slovenia (en los Balcanes) y N de Italia, por el SE de Francia, vertiente N de los Pirineos (departamentos franceses de Ariège y Haute Garonne), y País Vasco, y prosigue en Norteamérica en el Bajo Plateau de Alabama (condados de Jackson, Madison y Marshall). La región de Gipuzkoa está incluida entre los 5 *hotspots* de troglobios más diversos del globo y por ello resulta de gran interés para rastrear relaciones paleo y biogeográficas en los karsts europeos.

En adición, la relictualidad de esta fauna es también considerablemente elevada. 77 taxa troglobios de Gipuzkoa son relictos y muchos de ellos pueden considerarse auténticos “fósiles vivientes”, en la acepción de Vandel (1965). Sin embargo, el que una especie o grupo tenga un origen más antiguo que otro, no necesariamente lo hace más interesante (Magniez, 1978). En términos de biología evolutiva y de biología experimental, los troglobios más recientes y las especies troglófilas que están actualmente colonizando el medio hipogeo profundo, pueden ofrecer interesante información comparada sobre los procesos que ocurren durante la evolución troglobia, incluso aportando extraordinarios ejemplos de aspectos-clave en evolución, tales como procesos alométricos y heterocrónicos asociados a mecanismos de desarrollo, cambios en morfología, cambios funcionales y mecanismos de formación de nuevas especies y taxa superiores (Galan, 2002, 2006, 2010).

## Conservación del medio subterráneo

### Contaminación, recursos acuíferos kársticos, protección de cavidades. Ana Isabel Camacho.

La Conservación debe ocuparse de dos aspectos muy diferentes, y uno dependiente del otro: por un lado La Conservación del Medio y por otro la Conservación Biológica, la conservación de lo que en este medio vive. Si se deteriora o destruye el hábitat, la flora y fauna que lo habitaba también desaparece.

Para conservar algo, primero hay que conocerlo: hay que conocer la extensión del medio subterráneo para saber

que queremos conservar y para poder estudiar, después, el posible impacto de perturbaciones de cualquier naturaleza; y hay que llegar a conocer las formas de vida subterránea para poder estudiar la mejor manera de conservarlas.

Las palabras “Medio subterráneo” sólo nos evocan “las Cuevas” pero hay que ampliar las miras, el medio subterráneo es mucho más vasto que las galerías y pozos que descubren los espeleólogos. Hay que pensar en auténticos ecosistemas (Danielopol & Griebler, 2008), sistemas tridimensionales, formados por un complejo entramado de redes de fisuras, grietas, microfisuras, salas, galerías, pozos, sifones, de todos los tamaños imaginables, interrelacionados y en conexión con el ambiente exterior. Del mundo subterráneo forman parte, además de las cavidades accesibles al hombre, las inaccesibles, las fuentes y surgencias, los acuíferos, asociados o no a ríos epigeos, el medio hiporreico que discurre bajo los ríos epigeos y subterráneos, los horizontes del suelo que constituyen el MSS. Además hay que considerar el ambiente terrestre y el acuático. El agua, mediada por la gravedad, pone en contacto el medio externo (deshielo, lluvia, rocío, cascadas, ríos epigeos desapareciendo bajo tierra) con el interno y de nuevo con el externo (surgencias) en el eje vertical. El agua rellena charcos y gours en el epikarst y conecta unas partes con otras del medio subterráneo terrestre mediante el discurrir de ríos y afluentes subterráneos que recorren galerías, sifones y niveles freáticos hasta alcanzar las capas impermeables del suelo. Así, tenemos que considerar tanto el agua del propio sistema kárstico (sedimentos consolidados) como de los acuíferos aluviales (sedimentos no consolidados). El medio subterráneo va mucho más allá de la cueva, lo que supone que para conservarlo debemos tener en consideración muchas más variables que las que a simple vista nos pueden parecer... No es suficiente con poner una puerta en la cueva y tratar de evitar que la fuercen...

Conocer el medio subterráneo implica invertir más esfuerzo en exploración, en topografía y en el cartografiado. España es un país con un medio subterráneo muy vasto (más de 18 simas pasan de los 100 m de profundidad y 3 cavidades superan los 100km de desarrollo horizontal) y del que quedan aún grandes áreas por explorar. Nuestra Península es uno de los lugares, de todos los países kársticos europeos, donde menos estudios de fauna subterránea se han realizado y donde por tanto el conocimiento es menor (Dehanberg, *et al.*, 2009).

La razón primera de la Conservación biológica es preservar la biodiversidad. Primero hay que saber qué queremos conservar y para ello hay que describir la Biodiversidad. A causa de que los animales subterráneos (troglóbios y estigobios) tienen rangos de distribución estrechos el riesgo de extinción de especies es muy alto de cara a un incremento de las múltiples presiones antropogénicas (Gibert & Deharveng, 2002; Danielopol *et al.*, 2003). Por otro lado el alto nivel de endemidad en los sistemas subterráneos requiere medidas específicas para el mantenimiento de su integridad ecológica y diversidad biológica. No obstante, el conocimiento incompleto actual de la biodiversidad de estos medios y la carencia de estrategias de conservación concretas, impiden la implementación de políticas de protección adecuadas (Holsinger, 1993; Gibert, 2001).

Los grandes retos a los que nos enfrentamos, en materia de conservación, son: a) describir la diversidad a un ritmo superior al que se pierde y b) frenar todo aquello que pueda producir pérdida de diversidad subterránea.

a) Para conocer la magnitud de la biodiversidad subterránea y describirla hay que:

1. Abordar estudios integrales de la fauna acuática y terrestre y de la flora de las entradas, así como de hongos y bacterias (acuáticos y terrestres). Hay que aumentar el esfuerzo de muestreo, hay que profundizar en el trabajo taxonómico y hay que elaborar inventarios de Biodiversidad (Especies 2000, Fauna Europae, GIBIF, etc).

2. Detectar puntos calientes de Biodiversidad (*Hotspots*). Si el 50% de los endemismos europeos están en España (Myers *et al.*, 2000), aún será más alto el % de endemismos en el medio subterráneo. Hay que identificar comunidades con alto valor de conservación (patrimonio genético único, especies amenazadas o en peligro de extinción) (IUCN, Red List). Mientras para designar redes efectivas de reservas en sistemas marinos y terrestres, desde hace tiempo, es común usar algoritmos heurísticos (Csuti *et al.*, 1997), la designación de prioridades de hábitat subterráneos se basa todavía, esencialmente, en métodos tradicionales, selección de “hotspots”, de riqueza de especies y de endemismos (Ferreira *et al.*, 2007). Esto nos hace estar en franca desventaja a la hora de ofrecer datos competitivos para poder conseguir medidas conservacionistas adecuadas al interés biológico de los medios acuáticos subterráneos y a su naturaleza de reservorios de patrimonio genético único y vulnerable frente a las actividades humanas.

3. Identificar organismos indicadores de condiciones ambientales subterráneas. Esto es necesario para cuantificar el impacto de las perturbaciones humanas (Wood *et al.*, 2008). Hay que desarrollar índices bióticos específicos en comunidades subterráneas (Lafont & Vivier, 1996; van Beynen & Townsend, 2005; Hahn, 2006) y hay que aplicar índices de Biodiversidad y Disparidad a comunidades subterráneas para su uso a la hora de tomar medidas de conservación (Achurra & Rodríguez, 2008).

b) Dos son las causas de pérdida de diversidad subterránea que hay que frenar:

1. La destrucción directa del hábitat (canteras, obras de infraestructuras como carreteras, autovías, vías ferroviarias, etc., especulación urbanística, captación de aguas subterráneas, sobreexplotación de acuíferos). Ante la destrucción directa quedan expuestas a la luz tanto las formaciones subterráneas como las faunas. Desaparecen hábitat y desaparecen animales. A veces son macro desastres, cuando las obras de una carretera cortan una galería subterránea. A veces se abren cavidades al turismo y las obras de habilitación alteran las condiciones ambientales y/o destruyen zonas antes ocupadas por fauna o por flora en las entradas...

2. La contaminación del medio: orgánica e inorgánica (fábricas, granjas, pueblos sin alcantarillado y sin depuradoras, vertederos, todo acaba en las aguas...). Las poblaciones subterráneas son muy vulnerables a determinados cambios ambientales (Sket, 1999) y su recuperación, una vez alteradas, es prácticamente imposible. Pero el medio subterráneo cuenta con una ventaja frente a otros medios epigeos y es que cualquier contaminación exterior acaba afectándole pero con cierta atenuación y retraso. Cuando, por ejemplo, llueve y se lava el suelo de una explotación ganadera, el agua que se filtra en el subsuelo va cargada de contaminantes orgánicos y a veces con pesticidas o fertilizantes, pero los horizontes del suelo y la roca, siempre que el espesor sea suficiente, sirven de filtro físico, químico y a veces biológico (biofilms de bac-

terias) y esto posibilita que el agua que llega en forma de goteos y rellenar unos *gours* de una cueva este limpia de cualquier contaminante. Sin embargo, si la presión es fuerte y sobretodo continuada, la contaminación acaba alcanzando el medio subterráneo y entonces el tiempo de residencia de la misma es mucho mayor que en el mundo exterior donde el sol y las plantas permiten más rápidamente la recuperación.

El hecho de la inaccesibilidad del medio subterráneo, su aparente hostilidad, la escasez de conocimientos, los desastrosos intentos de explotarlo y nuestro retraso industrial con respecto a otros países europeos, han hecho que el medio subterráneo en nuestro país se preserve, hasta la fecha, mejor que otros ambientes epigeos. Además, muchos de los mecanismos generadores de biodiversidad (estabilidad climática, predecibilidad cíclica, heterogeneidad espacial, escasa competencia,...) se conjugan en el medio y las causas de su pérdida y de su crisis o no se dan o se dan en menor medida, así cabe esperar que la diversidad faunística sea grande aunque desconozcamos su magnitud y por tanto deben quedar aún muchas especies por descubrir. Debemos hacer entender a las autoridades competentes en materia de conservación la necesidad de estudios ambientales, biológicos y abióticos, previos a la toma de decisiones de aprovechamiento de recursos naturales para cualquier fin. La puesta en valor de los mismos no tiene por qué ser incompatible con su conservación, pero todo pasa por un mayor conocimiento... ¡sólo se puede conservar aquello que se conoce...!

Todavía podemos ganar la partida al tiempo y al "progreso" descubriendo cuanto antes las maravillas biológicas que esconde el mundo subterráneo y preservando un patrimonio genético único para generaciones futuras antes de que sea destruido por las mismas causas que desaparecen en el resto de ambientes accesibles y apetecibles al hombre y a su ambición.

#### **Problemática de la conservación del medio subterráneo de Portugal. Ana Sofía Reboleira.**

Los principales problemas de conservación de la fauna cavernícola portuguesa, tal como en la generalidad del globo, se desprenden de la destrucción directa del karst y como resultado de la polución humana producida en la superficie, que percolando las calizas contamina el medio subterráneo (Watson *et al.*, 1997; Reboleira *et al.*, 2011; Sket, 1999).

En Portugal, grandes cuevas y paisajes kársticos están siendo destruidos por canteras (figura 26), que aparte de la destrucción del medio subterráneo, alteran las capas superficiales de la caliza induciendo un poco por todo el país grandes modificaciones en la filtración de agua, nutrientes y contaminantes para las zonas profundas de los macizos (Reboleira *et al.*, 2011).

Las cavidades naturales subterráneas existentes en el subsuelo son designadas de dominio público en el artículo 84º por la Constitución de la República Portuguesa y su jurisdicción, cuando se encuentran en zonas protegidas, está a cargo del Instituto de Conservação da Natureza e da Biodiversidade.

La zona de mayor concentración de cuevas de Portugal está situada en el macizo kárstico Estremenho, en el que buena parte de su extensión se encuentra dentro del Parque Natural das Serras d'Aire e Candeeiros, que a su vez coincide con zonas industrializadas y principales puntos de extracción de inertes y abastecimiento de agua dulce para las poblaciones. La protección ecológica del karst es claramente insuficiente.

Se verifica un aumento del uso de pesticidas y fertilizantes en la agricultura asociados a la inexistencia de una red efectiva de tratamiento de alcantarillados domésticos e industriales, que potencian que toda la clase de residuos, ora tóxicos ora de enriquecimiento orgánico, se infiltren en el medio subterráneo (figura 27).

Hay una laguna de legislación específica y de control efectivo de las visitas a las cuevas; ninguna especie subterránea está clasificada como protegida, a pesar sus patrones de elevada rareza y endemismo. La preocupación por la conservación de la biodiversidad subterránea como patrimonio endémico y altamente sensible es prácticamente inexistente y sólo en los últimos años se ha empezado a hablar de fauna cavernícola en los medios de comunicación y empezaron los primeros esfuerzos con vías a su valoración y conservación.

La peculiaridad del medio subterráneo kárstico y sus conexiones con el exterior (Notenboom *et al.*, 1994) exigen medidas específicas de protección que tendrán que partir de la protección de las áreas superficiales y del control de visitas del hábitat.

La conservación del medio subterráneo pasará necesariamente por: la protección del área superficial y de las aguas que se infiltran; clasificación de las áreas como protegidas y aplicación efectiva en el terreno de esa legislación; ampliar el conocimiento sobre la biodiversidad subterránea; y conocer el impacto real de las actividades humanas en su biología. Naturalmente, todas estas acciones deberán estar acompañadas de una fuerte apuesta por la educación y concienciación de la sociedad para la existencia de una biodiversidad escondida y su valor endémico.

#### **Patrones de rareza a escala local en oligoquetos acuáticos subterráneos. Implicaciones para su conservación. Pilar Rodríguez y Ainara Achurra.**

Una especie rara es más vulnerable a determinados eventos que puedan afectar a su población o hábitat y por tanto es también más vulnerable a la extinción. Pero ¿qué es una especie rara? Rabinowitz *et al.* (1986) definen tres variables de rareza (distribución geográfica, especificidad de hábitat y tamaño de la población local) con dos alternativas (grande o pequeña) obteniendo ocho combinaciones de las cuales siete pueden ser consideradas diferentes formas de rareza. Sólo son comunes las especies con amplio rango de distribución, que además se encuentran en una variedad de hábitats y tienen poblaciones grandes.

En este estudio (Achurra y Rodríguez, 2008) aplicamos dicha clasificación a los oligoquetos acuáticos subterráneos de dos unidades kársticas del norte de la Península Ibérica: Ereñozar y Gorbeia. Para las variables distribución geográfica y tamaño de la población local seguimos el criterio de Gaston (1994), según el cual son raras las especies incluidas en el percentil 25 de la muestra.

Para la variable especificidad de hábitat, consideramos raras aquellas especies que son estigobias y estigófilas (Giani *et al.*, 2001), es decir, que presentan algún grado de dependencia del medio acuático subterráneo (MAS); las especies estigógenas se consideran comunes.

Los análisis de frecuencias de ambos karst muestran que la mayoría de las especies habitan únicamente uno o dos localidades, tienen poblaciones de pequeño tamaño y son estigógenas. Si restringimos el análisis a las especies limitadas al MAS, los rangos relativos a las variables de distribución



geográfica y al tamaño de la población disminuyen. La mayoría de especies son raras para alguna de las variables estudiadas. Sólo son comunes el 28% y el 31% del total de las especies para Ereñozar y Gorbeia, respectivamente. Existen 18 especies dependientes del MAS en Ereñozar, y únicamente seis en Gorbeia. Son raras para las tres variables de rareza definidas por Rabinowitz las especies *Ganius aquaedulcis* y *Trichodrilus tenuis* en Ereñozar y *G. aquaedulcis* y *Haplotaxis* sp. en Gorbeia.

Ha sido interesante constatar que las especies endémicas son todas abundantes, lo cual sugiere que endemismo no implica necesariamente rareza. Por otro lado, todas las especies endémicas tienen algún grado de dependencia al MAS.

La identificación de especies raras de oligoquetos acuáticos subterráneos y el tipo de rareza que muestran puede ayudar a priorizar los esfuerzos de conservación en el MAS a escala local en ambos karst.

Conservación de la biodiversidad subterránea: La rareza de muchas de las especies que integran las comunidades subterráneas y la baja densidad a la que se encuentran las hace especialmente vulnerables a la contaminación de las aguas y a las alteraciones del hábitat. La contaminación de las aguas puede producirse a partir de vertidos en dolinas o arroyos que pueden entrar en contacto con el medio subterráneo directamente o aportar contaminantes por filtración o lixiviado. Fertilizantes y pesticidas utilizados en tierras de labor situadas sobre el medio subterráneo pueden ser también peligrosas fuentes de contaminación difusa, y eventualmente ocasionar episodios catastróficos. Como ejemplo, podemos ilustrar el casos de las especies *Troglodrilus galarzai* y *Trichodrilus diversisetosus* que no han podido ser localizadas en sus localidades tipo a pesar del esfuerzo realizado para volver a encontrarlas. En los dos casos han existido episodios puntuales o de larga duración de contaminación.

Entre las alteraciones del hábitat, las más frecuentes son la sedimentación no natural (por ejemplo, debidas a las actividades forestales) y las modificaciones del nivel freático. Además, debido al alto grado de especialización que presentan algunas especies estigobias, su fragilidad es mayor ante cualquier perturbación del medio.

El artículo 27 de la Ley 4/1989, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna silvestres establece la actuación de las Administraciones Públicas en favor de la preservación de la diversidad genética del patrimonio natural basándose en la preservación en el hábitat natural de cada especie, concediendo prioridad a las especies y subespecies endémicas, así como a aquellas otras cuya área de distribución sea muy restringida, y limitando la introducción de especies o subespecies foráneas. La rareza de muchas de las especies de oligoquetos en Urdaibai, con varios casos de endemismo, habla a favor de llevar a cabo una política activa de protección del medio subterráneo en la Reserva de la Biosfera.

Los sistemas kársticos constituyen una gran proporción del territorio de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai y la protección efectiva de la fauna subterránea requiere no sólo un control efectivo del acceso a las cavidades, sino también la

conservación de todo el sistema terrestre y acuático que alimenta a dichas cuevas. Teniendo en cuenta el esfuerzo investigador invertido, limitado a un grupo faunístico, y el elevado número de especies descritas (Rodríguez y Giani, 1987; Giani y Rodríguez, 1988; Rodríguez y Achurra, 2011), podemos afirmar sin lugar a dudas que el medio subterráneo de la Reserva de Urdaibai alberga importantes riquezas faunísticas aún por descubrir. En este sentido, la conservación de los macizos kársticos de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai sería la garantía para profundizar en el futuro en el estudio de la biología de sus especies, algunas únicas en el mundo. Pero, además, cobra una especial relevancia porque es la garantía para la supervivencia de especies de otros grupos faunísticos que la Ciencia desconoce porque todavía están por descubrir.

### **Espeleología y Conservación de Cavidades. Juan Modesto.**

La Espeleología es la ciencia que necesita de unos medios técnicos deportivos, para llegar a su estudio. Sin ellos, posiblemente no se habría avanzado tanto. Evidentemente, estas técnicas han evolucionado, tanto en seguridad como en operatividad para las exploraciones.

Uno de los objetivos de esta Vocalía es difundir, a través de nuestra Federación, la importancia que tiene, el estar bien informado sobre el mundo subterráneo, por lo frágil que es y que a veces, el hombre no llega a apreciar.

Por ello, queremos implicar al colectivo a que participe en el estudio científico, donde hay mucho trabajo de campo, y sensibilizar a todos de la implicación en las distintas tareas, las cuales están relacionadas con la conservación del Medio Cavernícola.

Hemos de tener consciencia que nos movemos en medios naturales y que las cuevas y barrancos son zonas muy sensibles a los impactos ambientales, y nuestra simple presencia los altera.

¿Qué es lo que hacemos los espeleólogos para corregir proteger y conservar?: una buena formación en espeleología, nos enseñará que los medios naturales que nos rodean, nos ayudan a conocer el mundo subterráneo a la vez que nos transmiten información y nos ayudan a, corregir antiguos sistemas de exploración (como el carburo) es necesario buscar medios para proteger las cavidades y simas que son más vulnerables, así como llevar a cabo disciplinas de estudio interrelacionadas, con el objeto de conservarlas y mantener una bioespeleología.

Desde la Vocalía promovemos medidas correctoras y conservadoras, también asumimos y transmitimos, en todo momento una actitud de gran respeto hacia el medio natural, aunque esto pueda parecer exagerado.

Las cuevas, simas y barrancos como sus hábitats, son herencia de la naturaleza y dado que el hombre tiene un interés natural para conocer y descubrir, se hace necesario que recibamos pautas de conducta por parte de científicos y espeleólogos para que exploradores, deportistas y amantes de la naturaleza podamos disfrutar de estos entornos, depende de todos nosotros el compromiso de corregir, proteger y conservar.

## Referencias bibliográficas

### Pseudoescorpiones

- BEIER, M. 1939. Die Pseudoscorpioniden-Fauna der iberischen Halbinsel. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik Ökologie und Geographie der Tiere*, **72**: 157-202.
- BEIER, M. 1963. Ordnung Pseudoscorpionidea (Afterscorpione). En: *Bestimmungsbücher zur Bodenfauna Europas*, Vol. 1 Akademie-Verlag, Berlin.
- DOMÍNGUEZ, L., I. SÁNCHEZ-OSORIO, G. LÓPEZ-PANTOJA, I. SÁNCHEZ & J.A. ZARAGOZA 2008. Foresia de *Mesochelifer fradei* Vachon, 1940 (Pseudoescorpiones: Cheliferidae) sobre coleópteros cerambícidos en el Sur de España. Nuevos registros para la especie. *Revista Ibérica de Aracnología*, **16**: 71-81.
- HARVEY, M.S. 2009. *Pseudoscorpions of the World*, version 1.2. Western Australian Museum, Perth. Available from: <http://www.museum.wa.gov.au/arachnids/pseudoscorpions>.
- MAHNERT, V. 1977. Spanische Höhlenpseudoescorpione. *Miscelanea Zoologica*, **4**: 61-104.
- MAHNERT, V. 1990. Deux nouvelles espèces du genre *Pseudoblothrus* Beier, 1931 (Pseudoescorpiones, Syarinidae) des Açores (Portugal). *Vieraea, Tenerife*, **18**: 167-170.
- MAHNERT, V. 1993. Pseudoescorpione (Arachnida: Pseudoescorpiones) von Inseln des Mittelmeers und des Atlantiks (Balearn, Kanarische Inseln, Madeira, Ascension), mit vorwiegend subterranean Lebensweise. *Revue Suisse de Zoologie*, **100**: 971-992.
- MAHNERT, V. 1997. New species and records of pseudoescorpions (Arachnida, Pseudoescorpiones) from the Canary Islands. *Revue Suisse de Zoologie*, **104**: 559-585.
- MAHNERT, V. 2002. Two new species of pseudoescorpions (Arachnida, Pseudoescorpiones) from caves on Tenerife and La Palma (Canary Islands, Spain), with some new records from the Canary Islands and the Azores (Portugal). *Revue Suisse de Zoologie*, **109**: 777-784.
- MAHNERT, V. 2011. A nature's treasury: Pseudoescorpion diversity of the Canary Islands, with the description of nine new species (Pseudoescorpiones, Chthoniidae, Cheiridiidae) and new records. *Revista Ibérica de Aracnología*, **19**: 27-45.
- NONÍDEZ, J.F. 1925. Los *Obisium* españoles del subgénero *Blothrus* (Pseudosc. Obisidae) con descripción de nuevas especies. *Eos, Madrid*, **1**: 43-83.
- REBOLEIRA, A.S.P.S., J.A. ZARAGOZA, F. GONÇALVES & P. OROMÍ 2010. *Titanobochica*, surprising discovery of a new cave-dwelling genus from southern Portugal (Arachnida: Pseudoescorpiones: Bochicidae). *Zootaxa*, **2681**: 1-19.
- ZARAGOZA, J.A. 1986. Distribución de los Pseudoescorpiones cavernícolas de la península Ibérica e islas Baleares (Arachnida). En: *Actas X Congreso Internacional de Aracnología, Jaca*. vol. 1: 405-411.
- ZARAGOZA, J.A. 2004. Pseudoescorpiones. En *Curso práctico de Entomología*. (Barrientos, J. A. Ed.): Asociación Española de Entomología; Alicante: CIBIO. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad; Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, Servei de Publicacions: 177-187.
- ZARAGOZA, J.A. 2005. Two new cave-dwelling *Larca* species from the South-East of Spain (Arachnida, Pseudoescorpiones, Larcidae). *Revue suisse de Zoologie*, **112**(1): 195-213.
- ZARAGOZA, J.A. 2006. *Troglobisium racovitzai* (Ellingsen, 1912). En: Verdú y Galante (eds.). *Libro Rojo de los Invertebrados de España*. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid
- ZARAGOZA, J.A. 2007. Catálogo de los Pseudoescorpiones de la Península Ibérica e Islas Baleares (Arachnida: Pseudoescorpiones). *Revista Ibérica de Aracnología*, **13**: 3-91.
- ZARAGOZA, J.A. 2010. *Arcanobisium*, a remarkable new genus, representing a new subfamily with a relictual distribution from eastern Spain (Arachnida: Pseudoescorpiones: Syarinidae). *Zootaxa*, **2491**: 41-60
- ZARAGOZA, J.A., D. AGUIN-POMBO & E. NUNES 2004. *Paraliochthonius cavalensis*, nueva especie cavernícola de Madeira (Arachnida, Pseudoescorpiones, Chthoniidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, **9**: 343-351.

### Opiliones

- JUBERTHIE, C. 1961. Données sur la biologie des *Ischyropsalis* C.L.K. (Opilions, Palpatores, Ischyropsalidae). *Annales de Spéléologie*, **16**(4): 381-395.
- MARTENS, J. 1978. *Spinnentiere, Arachnida. Weberknechte, Opiliones*. Die Tierwelt Deutschlands, 64. 464 pp.
- MARTENS, J. 1983. Europäische Arten der Gattung *Sabacon* Simon 1879 (Arachnida: Opiliones: Sabaconidae). *Senckenbergiana Biologica*, **63**(1982)(3/4): 265-296.
- PRIETO, C.E. 1991. The genus *Ischyropsalis* C.L. Koch (Opiliones, Ischyropsalidae) on the Iberian Peninsula. II: Troglotic species. *Bulletin de la Société européenne d'Aracnologie*, Hors Série, **1**: 286-292.
- PRIETO, C.E. 2004. El género *Nemastomella* Mello-Leitão 1936 (Opiliones: Dyspnoi: Nemastomatidae) en la Península Ibérica, con descripción de la primera especie de Andalucía. *Revista Ibérica de Aracnología*, **9**: 107-121.
- PRIETO, C.E. & J. FERNÁNDEZ 2007. El género *Leiobunum* C.L. Koch, 1839 (Opiliones: Eupnoi: Sclerosomatidae) en la Península Ibérica y el norte de África, con la descripción de tres nuevas especies. *Revista Ibérica de Aracnología*, **14**: 135-171.
- RAMBLA, M. 1977. Un nuevo *Scotolemon* cavernícola de la isla de Mallorca (Arachnida, Opiliones, Phalangodidae). *Speleon*, **23**: 7-13.
- ROEWER, CF. 1935. Biospeologica. LXII. Opiliones (Fünfte Serie). Zugleich eine Revision aller bisher bekannten europaischen Laniatores. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, **78**(1): 1-96.

### Crustáceos acuáticos: Malacostraca, Syncarida, Bathynellacea

- BROOKS, H.K. 1969. Syncarida. In: R.C. Moore (ed.) *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part R, Arthropoda 4, Vol. 1. Geological Society of America and University of Kansas, Lawrence, 345-359.
- CAMACHO, A.I. 2003. An overview of the distribution of the Parabathynellidae (Crustacea Syncarida Bathynellacea) on the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Graellsia*, **59**(1): 63-78.
- CAMACHO, A.I. 2006. An annotated checklist of Syncarida (Crustacea, Malacostraca) in the world. *Zootaxa*, **1374**: 1-54.
- CAMACHO, A.I. & A.G. VALDECASAS 2008. Crustacea Syncarida. *Hydrobiologia*, **595**: 257-266.
- CAMACHO, A.I., T. TORRES, E. ORTIZ, C. PUCH & A.G. VALDECASAS 2006a. Small-scale biogeographical pattern in groundwater Crustacea (Syncarida, Parabathynellidae). *Biodiversity and Conservation*, **15**: 3527-3541.
- CAMACHO, A.I., A.G. VALDECASAS, J. RODRÍGUEZ, S. CUEZVA, J. LARIOS AND S. SÁNCHEZ-MORAL 2006b. Habitat constrains in epikarstic waters of the Iberian Peninsula system cave. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, **42**(2): 127-140.
- CAMACHO, A. I., B. A. DORDA & I. REY 2011. Identifying Cryptic speciation across groundwater populations: first COI sequences of Bathynellidae (Crustacea, Syncarida). *Graellsia*, **67**(1): 7-12.
- CHO, J.L. 2005. A primitive representative of the Parabathynellidae (Bathynellacea, Syncarida) from Yilgarn Craton of Western Australia. *Journal of Natural History*, **39**(39): 3423-3433.
- COINEAU, N. 1996. Sous-classe des Eumalacostracés (Eumalacostraca Grobben, 1892). Super-Ordre des Syncarides (Syncarida Packard, 1885). In: J. Forest (Ed.), *Traité de Zoologie, Crustacés*. 7(2), 897-954.
- COINEAU, C. 1998. Syncarida. In: C. Juberthie & V. Decu (Ed.), *Encyclopaedia Biospeologica*. Société de Biospéologie, Moulis, Bucarest, Tome II, 863-876.
- GUZIK, M.T., K.M. ABRAMS, S.J.B. COOPER, W.F. HUMPHREYS, J.-L. CHO & A. AUSTIN 2008. Phylogeography of the ancient Parabathynellidae (Crustacea: Bathynellacea) from the Yilgarn region of Western Australia. Subterranean Connections. *Invertebrate Systematic*, **22**: 205-16.
- NOODT, W. 1965 (1964). Natürliches System und Biogeographie der Syncarida. *Gewässer und Abwässer*, **37/38**(1964): 77-186.

- RANGA REDDY, Y., E. BANDARI & V. R. TOTAKURA 2011. First Asian record of the genus *Parvulobathynella* (Malacostraca: Bathynellacea) with description of two new species from southeastern India and amendment of the generic diagnosis. *Journal of Crustacean Biology*, **31**(3): 485-508.
- SCHMINKE, H.K. 1974. Mesozoic intercontinental relationship as evidenced by Bathynellid Crustacea (Syncarida: Malacostraca). *Systematic Zoology*, **23**(2): 157-164.
- SCHRAM, F.R. 1977. Paleozoogeography of late paleozoic and Triassic Malacostraca. *Systematic Zoology*, **26**: 367-379.
- SCHRAM, F.R. 1981. Late Paleozoic Crustacean communities. *Journal of Paleontology*, **55**(1): 126-137.
- SCHRAM, F.R. 1984. Fossil Syncarida. *Transaction of the San Diego Society of Natural History*, **20**: 189-246.
- SERBAN, E. 2000. *Uenobathynella* n.g., *Parauenobathynella* n.g., *Morimotoobathynella* n.g., *Nihobathynella* n.g. et *Paradoxibathynella* n.g., Bathynellinae du Japon (Bathynellidae, Bathynellacea, Podophallocarida). *Travaux de l'Institut de Spéologie "Émile Racovitza"*, **36**: 3-61.
- Crustáceos malacostráceos eucáridos y peracáridos**
- AFONSO, O., J. P. HENRY & G. MAGNIEZ 1996. Nouvelles données sur le genre *Bragasellus* (Crustacea: Isopoda: Asellidae). *Contributions to Zoology*, **66**: 109-118.
- ANKER, A. 2008. A worldwide review of stygobiotic and stygophilic shrimps of the family Alpheidae (Crustacea, Decapoda, Caridea). *Subterranean Biology*, **6**: 1-16.
- BAUZÀ-RIBOT, M. M., D. JAUME, J. FORNÒS, C. JUAN & J. PONS 2011. Islands beneath islands: phylogeography of a groundwater amphipod crustacean in the Balearic archipelago. *BMC Evolutionary Biology* 2011, **11**: 221.
- BRUCE, N. & S. HERRANDO-PÉREZ 2005. *Kensleylana briani*, a new genus and species of freshwater cave-dwelling cirolanid (Crustacea: Isopoda) from Spain. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, **118**: 74-83.
- DALENS, H., 1977. Sur un nouveau genre de Trichoniscidae, *Balearenethes sesrodesanus* n. g., n. sp. (Isopoda, Oniscoidea). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, **113**: 298-302.
- DE GRAVE, S. & S. HERRANDO-PÉREZ 2003. A new species of *Typhlocirolana* (Isopoda, Cirolanidae) from the Ullal de la Rambla de Miravet, Spain. *Zootaxa*, **393**: 1-11.
- DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, C. 1954. Premières recherches sur la faune souterraine littorale en Espagne. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada*, **17**: 119-129.
- GALHANO, M. H. 1970. Contribuição para o conhecimento da fauna intersticial em Portugal. *Publicações do Instituto de zoologia Dr. Augusto Nobre*, **110**: 1-206.
- GINET, R. 1977. Amphipodes troglobies d'Espagne. *Crustaceana*, **Suppl. 4**: 173-176.
- HENRY, J. P. & G. MAGNIEZ 1995. Presence de *Synasellus* (Crustacea, Isopoda, Asellidae, stygobies) dans la province de Huelva (Espagne). *Beaufortia*, **45**: 51-60.
- HENRY, J. P. & G. MAGNIEZ 2003. Isopodes aselloïdes stygobies d'Espagne, III – Le genre *Proasellus*: B – Espèces anophtalmes. *Beaufortia*, **53**: 129-157.
- IANNILLI, V., A. MINELLI & S. RUFFO 2009. *Haploginglymus morenoi* (Crustacea, Amphipoda, Niphargidae) a new interstitial Iberian species with unusual maxilliped. *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, **33**: 105-112.
- JAUME, D. 1991. Two new species of the amphipod genus *Pseudoniphargus* (Crustacea) from Cabrera (Balearic islands). *Stygologia*, **6**: 177-189.
- JAUME, D. 1995. Presence of troglobitized Janiridae (Isopoda: Asellota: Janiroidea) in anchihaline caves of the Balearic Islands (Mediterranean): description of *Trogloianiropsis lloberai* n.gen., n.sp. *Contributions to Zoology*, **65**: 177-187.
- JAUME, D. & A. BOX 2006. A new species of *Nuuanu* (Amphipoda: Gammaridea: Melitidae) from shallow sandy bottoms of the Balearic Islands (W Mediterranean). *Scientia Marina*, **70**: 735-747.
- JAUME, D. & L. GARCÍA 1992. A new *Metacirolana* (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae) from an anchihaline cave lake on Cabrera (Balearic Islands). *Stygologia*, **7**: 179-186.
- JAUME, D. & L. GARCÍA 1993. *Burrimysis palmeri*, a new genus and species of Heteromysini (Crustacea: Mysidacea) from an anchihaline cave lake of Cabrera (Balearic Islands, Mediterranean). *Bijdragen tot de Dierkunde*, **62**: 227-235.
- JAUME, D., F. GRÀCIA & G. A. BOXSHALL 2007. New genera of Bogidiellidae (Amphipoda: Gammaridea) from SW Pacific and Mediterranean marine caves. *Journal of Natural History*, **41**: 419-444.
- KARAMAN, I. M. 2003. *Macedonethes stankoi* n. sp., a rhithral oniscidean isopod (Isopoda: Oniscidea: Trichoniscidae) from Macedonia. *Organisms Diversity & Evolution*, **3**, Electr. Suppl. 8: 1-15.
- MAGNIEZ, G. 1999. Isopodes aselloïdes stygobies d'Espagne, IV – Stenaseillidae: Taxonomie, historie évolutive et biogéographie. *Beaufortia*, **49**: 115-139.
- MESSOULI, M. 2002. Revision, phylogeny and biogeography of the groundwater amphipods Salentinellidae. I. Description of *Salentinella anae* nov. sp. from Spain with remarks on the genera *Salentinella* and *Parasalentinella*. *Zoological Science*, **19**: 1147-1154.
- MESSOULI, M. 2006. The first African member of the family Crangonyctidae, *Crangonyx africanus* sp. nov. (Crustacea Amphipoda) in the groundwaters of western Morocco: systematics and biogeographic implications. *Subterranean Biology*, **4**: 67-78.
- MESSOULI, M., A. EL ALAMI, N. COINEAU & C. BOUTIN 2008. A new species of the family Metacrangonyctidae (Crustacea, Amphipoda) from groundwaters in south-western Morocco. *Subterranean Biology*, **6**: 43-50.
- NOTENBOOM, J. 1988a. *Sensonator valentiensis* n. g., n. sp. (Amphipoda), from different biotopes in southern Valencia. *Bijdragen tot de Dierkunde*, **56**: 60-74.
- NOTENBOOM, J. 1988b. *Metahadzia uncispina*, a new amphipod from phreatic groundwaters of the Guadalquivir river basin of southern Spain. *Bijdragen tot de Dierkunde*, **58**: 79-87.
- NOTENBOOM, J. 1990. Introduction to Iberian groundwater amphipods. *Limnetica*, **6**: 165-176.
- PESCE, G. L. & D. GALASSI 1988. Microparasellids of Spain (Crustacea Isopoda: Janiroidea). *Stygologia*, **4**: 307-331.
- PLATVOET, D. 1987. The genus *Salentinella* Ruffo, 1947 (Crustacea, Amphipoda) in Spain. *Stygologia*, **3**: 217-240.
- SANZ, S. & D. PLATVOET 1995. New perspectives of the evolution of the genus *Typhlatya* (Crustacea, Decapoda): first record of a cavernicolous atyid in the Iberian Peninsula, *Typhlatya miravetensis* n. sp. *Contributions to Zoology*, **65**: 215-296.
- PRETUS, J. L. 1991. Contribució al coneixement de la fauna intersticial litoral. Presència de mistacocàrides (Crustacea) a l'illa de Mallorca. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural (Zoologia)*, **60**: 113-119.
- PRETUS, J. L. & J. H. STOCK 1990. A new hyporheic *Bogidiella* (Crustacea, Amphipoda) from Mallorca. *Endins*, **16**: 47-51.
- STOCK, J. H. & J. NOTENBOOM 1988. Five new bogidiellid Amphipoda from Spain – the first freshwater records in the Iberian Peninsula. *Hydrobiologia*, **164**: 75-95.
- VONK, R, B. HOEKSEMA & D. JAUME 2011. A new marine interstitial *Psammogammarus* (Crustacea, Amphipoda, Melitidae) from Gura Ici Island, off Western Halmahera (North Moluccas, Indonesia), and an overview of the genus. *Zookeys*, **128**: 53-73.
- VONK, R. & J. NOTENBOOM 1993. The phreatic aquifer of the "Plana de Castellón" (Spain): first Iberian record of ingolfiellid Amphipoda. *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, **20**: 337-343.
- WAGNER, H. P. 1994. A monographic review of the Thermosbaenacea (Crustacea: Peracarida). *Zoologische Verhandlungen*, **291**: 1-338.
- Isópodos terrestres**
- BUDE-LUND, G. 1885. *Crustacea Isopoda terrestria per familias et genera et species descripta*, 319 pp.: Copenhagen.
- CRUZ, A. 1990. *Contribución al conocimiento de los Isópodos terrestres (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) de la Península Ibérica Baleares*. Tesis doctoral inédita. Univ. Barcelona. Pp: 1-1005.
- GARCIA, L. & A. CRUZ 1996. Els isópodos terrestres (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) de les Illes Balears: catàleg d'espècies. – *Bolletí de la Societat d'Història natural de les Balears*, **39**: 77-99.

- RACOVITZA, E. 1907: Biospéologica. IV. Isopodes terrestres (première série). *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, 4e Série, 7: 145-225 and plates 10-20.
- RIVERA, M.A.J., F.G. HOWARTH, S. TAITI & G.K. RODERICK 2002. Evolution in Hawaiian cave-adapted isopods (Oniscidea: Philosciidae): Vicariant speciation or adaptive shifts? *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **25**: 1-9.
- SCHMALFUSS, H. 1984b. Eco-morphological strategies in terrestrial isopods. *Symposia of the Zoological Society of London*, 53: 49-63.
- SCHMALFUSS, H. 2003. World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A (Biologie)*, **654**: 1-341.
- SCHMIDT, C. 2008. Phylogeny of the terrestrial Isopoda (Oniscidea): a review. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, **66**: 191-226.
- TAITI, S. 2004. Crustacea: Isopoda: Oniscidea (Woodlice). En: J. Gunn (ed). *Encyclopedia of Caves and Karst Science*, pp: 265-267.
- VANDEL, A. 1946. Crustacés isopodes terrestres (Oniscoidea) épigés et cavernicoles du Portugal. *Anais da Faculdade de Ciências do Porto*, **30**: 135-427.
- VANDEL, A. 1960. *Isopodes terrestres (première partie)*. Faune de France, vol. 64. pp. 1-416; Paris.
- Colémbolos**
- ARBEA, J.I. & M. BAENA 2003. Colémbolos cavernícolas de Andalucía (Insecta: Collembola), *Zoologica Baetica*, **13/14**: 71-84.
- ARBEA J.I. & T.P. FERNANDEZ 2009. Contribución al conocimiento de los colémbolos cavernícolas de la provincia de Jaén (I): cuevas del municipio de Hornos de Segura. *Espeleo.*, **21**: 56-58.
- BAQUERO, E., S. HERRANDO-PÉREZ & R. JORDANA 2005. A new species of Arrhopalites (Collembola, Symphypleona, Arrhopalitidae) from a cave on the Central East Iberian Peninsula. *Subterranean Biology*, **3**: 81-86.
- BAQUERO, E., F. JANSSENS, J. LES, & R. JORDANA 2006. New species of Pseudosinella (Collembola: Entomobryidae) from a cave of Bizkaia (Basque Country), Spain. *Boletín Sedec*, **6**: 72-76.
- BAQUERO, E., M. VADELL & R. JORDANA 2007. Sa Gleda cave (Majorca, Balearic Islands) and its fauna, with description of a new species of Oncopoduridae (Collembola). *Subterranean Biology*, **5**: 29-34.
- BELLÉS, X. 1987. Fauna cavernícola i intersticial de la Península Ibèrica i les Illes Balears. Mon. Científiques 4, CSIC – Ed. Moll, 207 pp.
- BELLES, X., J. DAMIANS & J. LL. PRETUS 1989. «Minor-87»: Una campanya Biospeleològica a Menorca. *Endins*, **14-15**: 69-75.
- BERUETE, E. 1982: *Estudio de los colémbolos cavernícolas de las sierras de Aralar, Urbasa y Lokitz (Navarra)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Navarra. Inédita.
- BERUETE, E. 2000. *Estudio de los colémbolos cavernícolas del Norte de la Península Ibérica y sudoeste de Francia*. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra (Inédita).
- BERUETE, E., J.I. ARBEA & R. JORDANA 1994. Contribución al conocimiento de las especies de Onychiurus del grupo O. minutus (Collembola, Onychiuridae). *Publ. Biol. Univ. Navarra, Ser. Zool.*, **24**: 19-37.
- BERUETE, E., J.I. ARBEA & R. JORDANA 2001. Nuevas especies cavernícolas del género Onychiurus del grupo de O. boneti Gisin, 1953 (Collembola: Onychiuridae) del karst de Navarra y Gipuzkoa (España). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, **25**(1-2): 9-33.
- BERUETE, E. & R. JORDANA 2001. Nueva especie de Pseudosinella Schäffer, 1897 (Collembola, Entomobryidae) de cuevas de la Sierra de Cameros en la Rioja, España., *Graellsia*, **57**(2):155-160.
- BERUETE, E., E. BAQUERO & R. JORDANA 2002. New species of Pseudosinella (Collembola : Entomobryidae) from karst caves of the Basque bio-speleologic district., *Ann. Soc. entomol. Fr. (n.s.)*, **38**(4): 385-398.
- BONET, F. 1928: Sobre algunos Tomoceridae y Sminthuridae cavernícolas. (Collembola). *Eos-Rev. Esp. Entomol.*, **4**: 253-259.
- BONET, F. 1929: Colémbolos cavernícolas de España. *Eos-Rev. Esp. Entomol.*, **5**: 5-31.
- BONET, F. 1930: Remarques sur les Hypogastruriens cavernicoles avec descriptions d'espèces nouvelles. *Eos-Rev. Esp. Entomol.*, **6**: 113-139.
- BONET, F. 1931: Estudios sobre los Colémbolos cavernícolas con especial referencia a los de la Fauna Española. *Mem. Soc. Esp. Hist. Nat.*, **14**(4): 231-403.
- BRETFELD, G. 1999. Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 2. Symphypleona. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, Band **71**, Heft 1, 1999, p.1-318.
- CASSAGNAU, P. 1964. Faune française des Collemboles. XIV : Sur quelques entomobryomorphes cavernicoles des Pyrénées., *Annales de Spéléologie*, **XIX**, 4: 741-750.
- CASSAGNAU, P. & C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE 1953. Les Arrhopalites et Pararrhopalites d'Europe. (Collemboles Symphypleones Cavernicoles). *Notes Biospéologiques*, **8**: 133-147.
- DEHARVENG, L. 1988. Collemboles cavernicoles VIII. Contribution à l'étude des Oncopoduridae. *Bull. Soc. ent. Fr.*, **92**(5-6): 133-147.
- DEHARVENG, L. 1988b. Collemboles cavernicoles VII.- Pseudosinella bessoni n. sp. et note sur l'évolution morphologique de la griffe chez les Pseudosinella. *Revue suisse Zoologie*, **95**(1): 203-208.
- DEHARVENG, L. 1989. Collemboles cavernicoles IX.- Isotomiella bariervierai n. sp. et I. unguiculata n. sp. (Isotomidae), premières espèces troglobies du genre Isotomiella. *Bull. Soc. ent. France*, **93**(7-8): 197-204.
- DEHARVENG, L. & E. BERUETE 1993. Megalothorax tuberculatus n.sp., nouveau troglobie des Pyrénées-Atlantiques (France) et de Navarre (Espagne) (Collembola, Neelidae). *Bull. Soc. ent. France*, **98**(1): 15-18.
- DEHARVENG, L. & A. GOUZE 1984. Collemboles cavernicoles. III Sur les Onychiurus français du sous-groupe argus. *Annls. Soc. ent. Fr. (N.S.)*, 1984, **20**(4): 389-397.
- DEHARVENG, L. & A. GOUZE 1986. Collemboles cavernicoles. V Une nouvelle Pseudosinella du gouffre de la Pierre-Saint-Martin (France: Pyrénées-Atlantiques). *Revue suisse Zoologie*, **93**(4): 215-218.
- DELAMARE DEBOUTTEVILLE, C. 1946. Collemboles cavernicoles du Portugal récoltés par A. de Barros Machado. *Rev. Fr. Entomol.*, **13**: 100-104.
- ELLIS, W.N. & P.F. BELLINGER 1973. *An annotated list of the generic names of Collembola (Insecta) and their type species*. Monografieën van de Nederlandse Entomologische Vereniging No. 7, p.1-74.
- ELLIS, W.N. & P.F. BELLINGER 1984. Generic names of Collembola : Supplement 1973-1983. *Tijdschrift voor Entomologie, Deel 127*, Afl.1, p.1-15.
- 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.
- GAMA, M.M. 1961. Nouvelle contribution pour l'étude des Collemboles du Portugal Continental. *Mem. Mus. Zool. Univ. Coimbra*, **269**: 1-43.
- GAMA, M.M. 1962. Collemboles des Grottes du Portugal. Voyage au Portugal du Dr. K. Lindberg. *Bol. Soc. Port. Cienc. Nat.*, **9**: 100-108.
- GAMA, M.M. 1964. Colembolos de Portugal Continental. *Memórias e Estudos do Museu Zoológico da Universidade de Coimbra*, **292**: 1-252.
- GAMA, M.M. 1976. Catalogue des especes de Pseudosinella de la Collection Biospeologica (Insecta: Collembola). *Revue suisse Zoologie*, **83**(3): 523-538.
- GAMA, M.M. 1977. Systematique evolutive des Pseudosinella. XI. Especies provenant de la Peninsule Iberique et d'Europa Centrale (Insecta: Collembola). *Revue suisse Zoologie*, **84**(3): 593-597.
- GAMA, M.M. 1979: Systematique evolutive des Pseudosinella. XII. Especies provenant d'Espagne, de France et du Maroc (Insecta: Collembola). *Revue suisse Zoologie*, **86**(3): 699-704.
- GAMA, M.M. 1984a. Collemboles Cavernicoles de l'Espagne. I. *Misc. Zool.*, **8**: 81-87.
- GAMA, M.M. 1984b. Phylogénie des espèces européennes de Pseudosinella (Collembola: Entomobryidae). *Annls. Soc. r. zool. Belg.*, **114**(1): 59-70.
- GAMA, M.M. 1985. Collemboles cavernicoles de l'Espagne. II. (Insecta, Aptyerygota). *Misc. Zool.*, **9**: 209-214.
- GAMA, M.M. 2005. Collembola (Hexapoda) from caves of the Community of Valencia, Spain. *Zool. baetica*, **16**: 47-57.

- GISIN, H. 1960. *Collembolenfauna Europas*. Ed. Museum d'Histoire Naturelle. Geneve.
- GISIN, H. & M.M. GAMA 1969. Espèces nouvelles de *Pseudosinella* cavernicoles (Insecta: Collembola). *Revue suisse Zoologie*, **76**: 143-181.
- GISIN, H. & M.M. GAMA 1972. *Pseudosinella* cavernicoles d'Espagne (Insecta: Collembola). *Revue suisse Zoologie*, **79**(1): 261-278.
- HOPKIN, S.P. 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press. 1997. p.1-330.
- JORDANA, R., J.I. ARBEA & A.H. ARIÑO 1990. Catálogo de colémbolos Ibéricos. Base de datos. *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra, Serie Zoológica*, **21**: 1-231.
- JORDANA, R., J.I. ARBEA, C. SIMÓN & M.J. LUCIAÑEZ 1997. *Collembola, Poduromorpha*. En Fauna Ibérica, vol 8. Ramos, M.A. et al. (Eds.) Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 807 pp.
- JORDANA, R. & E. BAQUERO 2006. Two new species of Entomobrya (Collembola, Entomobryomorpha) from the cave collembolan collection of Bonet from Asturias and Cantabria (north of Spain). *Zootaxa*, **1153**: 17-26.
- JORDANA, R. & E. BERUETE 1983. Cavernicolous Collembola from Karst Caves in the West of Navarra (Spain). *Bull. Soc. Entomol. Suisse*, **56**(3-4): 303-315.
- JORDANA, R., M. VADELL & E. BAQUERO 2005. Description of a new Entomobrya species (Collembola, Entomobryomorpha) from a cave in Majorca (Balearic Islands, Spain)., *Serie Zoologica*, **29**(2), XII: 8-21.
- MARTÍNEZ, M., E. BAQUERO, P. BARRANCO, A. H. ARIÑO & R. JORDANA 2004. A new genus and species of Collembola from caves of south Iberian Peninsula (Collembola, Poduromorpha, Onychiuridae). *Zootaxa*, **734**: 1-15.
- PEREZ FERNANDEZ, T & A. PEREZ RUIZ 2006a. Estudios Biospeleológicos en la Cueva de la Morciguilla (Villacarrillo, Jaén). *Andalucía Subterránea*, **16**: 29-33.
- PÉREZ FERNÁNDEZ, T & A. PÉREZ RUIZ 2006B. Estudios Biospeleológicos en la Cueva Secreta de Sagreo, La Iruela (Jaén). *Monografías Biospeleológicas*, **1**: 1-13.
- PUCH, C. 1998. *Grandes Cuevas y Simas de España*. Ed. Espelo Club de Gracia Barcelona. 774 pp.
- SALAZAR, J.M. 1967. Catálogo espeleológico de la provincia de Álava. Primera relación. *Estudios del Grupo Espeleológico Alavés*, **3**: 217-238.
- SALAZAR, J.M. 1971. Catálogo espeleológico de la provincia de Álava. Segunda relación. *Estudios del Grupo Espeleológico Alavés*, **4**: 179-197.
- SALMON, J.T. 1964. *An Index to the Collembola, Volume 1*, Royal Society of New Zealand, Bulletin No.7, Wellington, p.1-144.
- SALMON, J.T. 1964. *An Index to the Collembola, Volume 2*, Royal Society of New Zealand, Bulletin No.7, Wellington, p.145-644.
- SALMON, J.T. 1965. *An Index to the Collembola, Volume 3*, Royal Society of New Zealand, Bulletin No.7, Wellington, May 1965, p.645-651.
- SANTESTEBAN, I. & C. ACAZ 1992. *Catálogo Espeleológico de Navarra*. Gobierno de Navarra. 604 pp.
- SANTESTEBAN, I. 1976. *20 años de Espeleología en Navarra*. Trabajos del Grupo de Espeleología de la Institución "Príncipe de Viana", 1953 - 1974. Institución Príncipe Viana. Pamplona. 255 pp.
- SANTESTEBAN, I. 1980: *Catálogo Espeleológico de Navarra. I*. Trabajos del Grupo de la Institución Príncipe de Viana, 1953-1979. Institución Príncipe de Viana. Pamplona. 386 pp.
- SELGA, D. 1961: Colémbolos de la Región Santanderina. *Misc. Zool. (Barcelona)*, **1**(4): 3-16.
- SELGA D. 1963 Contribución al conocimiento de los Arrhopalites de España (Collembola). *Eos*, **39**: 449-479
- SELGA, D. 1971: Catálogo de los colémbolos de la Península Ibérica. *Graellsia*, **24**: 133-283.
- STACH, J., 1934: Die in den Hohlen Europas vorkommenden Arten der Gattung Onychiurus Gervais. *Ann. Mus. Zool. Polonici*, **10**(11): 1-112.
- STACH, J. 1945: The species of genus Arrhopalites Börner, occurring in European caves. *Acad. Pol. Litt. Sc. Cracovie*, **1**: 1-47.
- STACH, J. 1954. *The Apterygotan fauna of Poland in relation to the world-fauna of this group of insects. Family : Onychiuridae*. Kraków, p.1-219.
- STEINER, W. 1955: Beitrage zur kenntnis der Collembolenfauna Spaniens. *Eos*, **31**: 323-335.
- THIBAUD, J.-M., H.-J. SCHULZ & M.M. DA GAMA ASSALINO 2004. Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 4. Hypogastruridae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, Band **75**, Heft 2, 2004, p.1-287.
- THIBAUD, J.M. & Z. MASSOUD 1983. Un nouveau genre d'insectes collembolles Hypogastruridae cavernicole du Pays Basque. *Mem. Biospeol.*, **10**: 317-319.
- THIBAUD, J.M. & Z. MASSOUD 1986. Un nouveau genre d'Insectes Collembolles Onychiuridae cavernicoles des Picos de Europa (Espagne). *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris*, **8**(2): 327-331.
- VADELL, M., R. JORDANA, A. SENDRA & M.L. MORAZA 2007. Primeros Datos sobre la Fauna Cavernicola Terrestre de la Cova Des Pas De Vallgornera (Llucmajor, Mallorca, Baleares). *Endins*, **31**: 117-124
- VADELL, M., J.A. ZARAGOZA, R. JORDANA, LL. GARCÍA, F. GRÀCIA & B. CLAMOR 2006. Nuevas aportaciones al conocimiento de la fauna cavernícola terrestre de las Caves del Pirata, Cova des Pont, Cova de Sa Piqueta y la Cova des Xots. *Endins*, **29**: 75-98.
- ZHANG, F., L. DEHARVENG & J.-X. CHEN 2009. New species and rediagnosis of Coecobrya (Collembola: Entomobryidae), with a key to the species of the genus. *Journal of Natural History*, **43**: 41-42, 1 November 2009, p.2597-2615.
- ZIMDARS, B. & W. DUNGER 1995. Synopses on Palaearctic Collembola, Part I. Tullbergiinae Bagnall, 1935. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, **68**(4): 1-71.

#### Dipluros

- BARETH, C. & B. CONDE 1994. Diplura. In: Jubertie, C & V. Decu. *Encyclopaedia Biospeologica*, I. Société de Biospéologie Moulins (C.N.R.S.) – Bucarest (Academie Roumaine). pp. 277-283.
- CONDE, B. 1949. Description préliminaire d'un Campodéid cavernicole du Pays basque espagnol. *Bulletin du Muséum National d'Histoire naturelle*, 2série, **21**(5): 569-573.
- CONDE, B. 1951. Campodéidés cavernicoles de Catalogne. *Speleon*, **II**: 51-62.
- CONDE, B. 1955. Campodéidés Cavernicoles des Baléares. *Notes Biospéologiques*, **9**: 121-164.
- PAGES, J. 1950. Diploures Cavernicoles d'Espagne. *Notes Biospéologiques*, **5**: 71-77.
- SENDRA, A. 2003. Distribución y colonización de los Campodeidos cavernícolas en la Península Ibérica e Islas Baleares. *Revista Española de Espeleología y Ciencias del Karst*, **4**: 12-20.
- SENDRA, A., M.D. LARA, F. RUIZ AVILES & A. TINAUT 2005. Une nouvelle espèce du genre Plusiocampa Silvestri, 1912 (Diplura, Campodeidae) et données pour sa reconstruction paléobiogéographique dans les Bétiques. *Subterranean Biology*, **2**: 113-122.
- SENDRA, A., V. M. ORTUÑO, A. MORENO, S. MONTAGUD & S. TERUEL 2006. Gollumjapyx smeagol gen. n., sp. n., an enigmatic hypogean japygid (Diplura: Japygidae) from the eastern Iberian Peninsula. *Zootaxa*, **1372**: 35-52.

#### Coleópteros, Carabidae

- BELLÉS, X. 1976. Contribución al conocimiento del género Henrotius. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de Balears*, **21**: 131-145.
- BELLÉS, X. 1987. *Fauna cavernícola i intersticial de la península ibèrica i les illes balears*. CSIC, Editorial Moll, Mallorca, 207 pp.
- CAMPOS, A.M. & F. NOVOA 2006. Los Carabidae (Orden Coleoptera) de Galicia (N.O. de España). Catálogo, Distribución y Ecología. *Nova Acta Científica Compostelana. Serie Biología, Monografías*, **2**: 1-358.
- CARABAJAL, E., J. GARCÍA & F. RODRÍGUEZ 2000. Descripción de un nuevo genero y una nueva especie de Trechini (Coleoptera: Caraboidea: Trechidae) de la Cordillera Cantabrica. *Elytron*, **13**: 123-131.
- CASALE, A. 1988. *Revisione degli Sphodrini (Coleoptera, Carabidae, Sphodrini)*. Monografie 5. Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino, 1024 pp.

- FAILLE, A., I. RIBERA, L. DEHARVENG, C. BOURDEAU, L. GARNERY, E. QUÉINNEC & T. DEUVE 2010. A molecular phylogeny shows the single origin of the Pyrenean subterranean Trechini ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **54**: 97-106.
- FRESNEDA, J., C. HERNÁNDO, A. LAGAR & V.M. ORTUÑO 1997. Sistemática y geonemia de un coleóptero subterráneo de España: *Oscadytes rovirai* Lagar, 1975 (Coleoptera: Pterostichidae). *Annales de la Société entomologique de France (Nouvelle série)*, **33**(2): 205-213.
- JIMENEZ-VALVERDE, A. & V.M. ORTUÑO 2007. The history of endemic Iberian ground beetle description (Insecta, Coleoptera, Carabidae): which species were described first? *Acta oecologica*, **31**: 13-31.
- MATEU, J. 1997. *Tinautius* (n.gen.) *troglophilus* n.sp., nuevo Pterostichini hipogeo del sur de España (Coleoptera Carabidae). *Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino*, **15**(1): 137-146.
- MATEU, J. 2001. *Tinautius exilis* sp. n. (Coleoptera, Carabidae, Pterostichini) de la Alpujarra almeriense (SE España). *Animal Biodiversity and Conservation*, **24**(2): 45-49.
- MATEU, J. & X. BELLES 2003. Position systématique et remarques biogéographiques sur *Dalyat mirabilis* Mateu, 2002 (Coleoptera: Adepnaga: Promecognathidae), cavernicole du Sud-Est Ibérique. *Annales de la Société entomologique de France (Nouvelle série)*, **39**(4): 291-303.
- MATEU, J. & V.M. ORTUÑO 2006. Descripción de un nuevo *Duvalius* Delarouze, 1859 de la Península Ibérica (Coleoptera, Carabidae, Trechinae). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, **30**(1-2): 73-81.
- ORTUÑO, V.M. 1996. Nuevos datos sobre Caraboidea de la Península Ibérica (2ª nota). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, **20**(1-2): 193-200.
- ORTUÑO, V.M., J. FRESNEDA & A. BAZ 2010. New data on *Trogloorites brevili* Jeannel, 1919 (Coleoptera: Carabidae: Pterostichini): a hypogean Iberian species with description of a new subspecies. *Annales de la Société Entomologique de France (Nouvelle Série)*, **46**(3-4): 537-549.
- ORTUÑO, V.M. & J.D. GILGADO 2010. Update of the knowledge of the Ibero-Balearic hypogean Carabidae (Coleoptera): Faunistics, biology and distribution. *Entomologische Blätter*, **106**: 233-264.
- ORTUÑO, V.M. & A. JIMÉNEZ-VALVERDE 2011. Taxonomic notes on Trechini and description of a new hypogean species from the Iberian Peninsula (Coleoptera: Carabidae: Trechinae). *Annales de la Société entomologique de France (Nouvelle série)*, **47**(1-2): 21-32.
- ORTUÑO, V.M. & J.M. SALGADO 2000. *Galaicodytes caurelensis* gen. n., sp. n., the first troglobitic species of Platynini (Coleoptera: Carabidae: Pterostichinae) from the western Palaearctic region. *European Journal of Entomology*, **97**: 241-252.
- ORTUÑO, V.M. & A. SENDRA 2010. Description of *Microtyphlus (Speleotyphlus) infernalis* n. sp. from Valencia (eastern Iberian Peninsula), and review of the present state of knowledge of this hypogean subgenus (Coleoptera: Carabidae: Anillini). *Revue suisse de Zoologie*, **117**(1): 169-183.
- ORTUÑO, V.M. & A. SENDRA 2011. A new hypogean species of Iberian *Microtyphlus* and review of the taxonomic position of *Speleotyphlus* and *Aphaenotyphlus* (Carabidae: Trechinae: Anillini). *Zootaxa*, **2862**: 56-68.
- ORTUÑO, V.M., A. SENDRA, S. MONTAGUD & S. TERUEL 2004. Systématique et biologie d'une espèce paléoendémique hypogée de la péninsule Ibérique: *Ildobates neboti* Español 1966 (Coleoptera: Carabidae: Dryptinae). *Annales de la Société entomologique de France (Nouvelle série)*, **40**(3-4): 459-475.
- REBOLEIRA, A.S., V.M. ORTUÑO, F.J. GONÇALVES & P. OROMI 2010. A hypogean new species of *Trechus* Clairville, 1806 (Coleoptera, Carabidae) from Portugal and considerations about the *T. fulvus* species group. *Zootaxa*, **2689**: 15-26.
- RIBERA, I., S. MONTAGUD, S. TERUEL & X. BELLÉS 2006. Molecular data supports the inclusion of *Ildobates neboti* Español in Zuphiini (Coleoptera: Carabidae: Harpalinae). *Entomologica Fennica*, **17**: 207-213.
- SERRANO, J. 2003. *Catálogo de los Carabidae (Coleoptera) de la Península Ibérica*. Monografías S.E.A., 9. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, 130 pp.

### Coleópteros, Leiodidae

- BELLÉS, X., J. COMAS, O. ESCOLÀ & F. ESPAÑOL 1978. Los Bathysciinae ibéricos: propuesta de ordenación taxonómica (Col. Catopidae). *Speleon*, **24**: 59-68.
- ESPAÑOL, F. 1958. La evolución de la fauna coleopterológica en las cavidades subterráneas españolas. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada*, **27**: 81-88.
- FRESNEDA, J. & E. DUPRÉ 2010. *Nafarroa sorogainensis* n.g. s.sp., un nuevo Leptidirini hipógeo de los Pirineos navarros (España) (Coleoptera: Leiodidae: Cholevinae). *Heteropterus Revista de Entomología*, **10**(1): 1-14.
- GIACHINO, P.M. & D. VAILATI 1993. Revisione degli Anemadinae. *Monografie di Natura Bresciana*, **18**: 1-314.
- GIACHINO, P.M., V. DECU & C. JUBERTHIE 1998. Coleoptera Cholevinae. En: *Encyclopaedia Biospeologica* II. Juberthie, C. & Decu, V. (Eds.). Société de Biospéologie. Moulis-Bucarest: 1083-1122.
- JEANNEL, R. 1911. Biospeologica XIX. Révision des Bathysciinae (Coléoptères, Silphides). Morphologie, distribution géographique, Systématique. *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, (5)7: 1-641.
- JEANNEL, R. 1924. Monographie des Bathysciinae (Col. Catopidae). *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, **63**(1): 1-436.
- LAWRENCE J.F. & A.F. NEWTON, JR. 1982. Evolution and classification of beetles. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **13**: 261-290.
- NEWTON, A.F. 1998. Phylogenetic problems, current classification and generic catalogue of world Leiodidae (including Cholevinae). En: *Phylogeny and evolution of subterranean and endogean Cholevinae (= Leiodidae Cholevinae)*. Giachino, P.M. & Peck, S.B. (Eds.). Proceedings of a Symposium XX International Congress of Entomology, Firenze, 1996. *Atti Museo regionali di Scienze naturali di Torino*: 41-178.
- RIBERA, I., J. FRESNEDA, R. BUCUR, A. IZQUIERDO, A.P. VOGLER, J.M. SALGADO & A. CIESLAK 2010. Ancient origin of a Western Mediterranean radiation of subterranean beetles. *BMC Evolutionary Biology*, **10**(29): 1-14.
- SALGADO, J.M., L. LABRADA & C. G. LUQUE 2011. Un nuevo género y nueva especie de Leptodirini troglobio de la Cordillera Cantábrica (Cantabria, España): *Fresnedaella lucius* n. gen., s. sp. (Coleoptera: Leiodidae: Cholevinae). *Heteropterus Revista de Entomología*, **11**(1): 1-12.
- SALGADO, J.M., M. BLAS & J. FRESNEDA 2008. *Coleoptera, Cholevinae*. En: *Fauna Ibérica*, vol. 31. Ramos, M.A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 799 pp.
- SCHAUFUSS, L.W. 1861. Zwei neue Silphiden Gattungen. *Stettiner entomologische Zeitung*, **22**: 423-428.

### Himenópteros

- BELLES, X. 1987. *Fauna cavernicola e intersticial de la Península Ibérica i les illes Balears*. CSIC-Ed. Moll, Madrid. 207 pp.
- DECU, V., A. CASALE, P.L. SCARAMOZZINO, F. LÓPEZ & A. TINAUT 1998. Hymenoptera. En: *Enciclopedia Biospeologica*. Tomo II. Juberthie y Decu (eds).
- ESPADALER, X. 1983. Sobre formigues trobades en coves (Hymenoptera, Formicidae). *Speleon*, **26-27**: 53-56.
- HÖLDOBLER, B. & E.O. WILSON 1994. *Journey to the ants. A story of the Scientific exploration*. Belknap Press, Harvard, 225 pp.
- JEANNEL, R. 1943. *Les fossiles vivants des cavernes*. Paris. 321 pp.
- RONCIN, E. & L. DEHARVENG 2003. *Leptogenys khammouanensis* sp. nov. (Hymenoptera: Formicidae). A possible troglobitic species of Laos, with a discussion on Cave Ants. *Zoological Science*, **20**: 919-924.
- TINAUT, A. 1985. Descripción del macho de *Aphaenogaster cardenai* Espadaler, 1981 (Hymenoptera, Formicidae). *Miscellanea Zoologica*, **9**: 245-249.
- TINAUT, A. & F. LÓPEZ 2001. Ants and caves: Sociability and Ecological constraints (Hymenoptera, Formicidae). *Sociobiology*, **37**: 651-660.

- VANDEL, A. 1964. *Biospéologie. La biologie des animaux cavernicoles*. Paris, 619 pp.
- WILSON, E. O. 1962. The Trinidad cave ant *Erebomyrma* (= *Spelaeomyrmex*) *urichi* (Wheeler), with a comment on cavernicolous ants in general. *Psyche*, **69**(2): 63-72.

### Quirópteros

- ATRINGHAM, J.D. 1999. *Bats, Biology and Behaviour*. Ed. Oxford University Press. London.
- BENZAL, J. & O. DE PAZ 1991. *Los Murciélagos de España y Portugal*. Icona. Colección Técnica. Madrid.
- HILTON-TAYLOR, C. 2000. *Red List of Threatened Species*. The IUCN Species Survival Commission, Gland.
- HUTSON, A.M., S.P. MICKLEBURGH & P.A. RACEY (comp.) 2001. *Microchiropteran bats: global status, survey and conservation action plan*. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 258pp.
- KUNZ, T.H. 1982. Roosting ecology. Pp: 1-55 in: *Ecology of Bats* (ed T.H. Kunz). Plenum, New York.
- REAL DECRETO 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.
- SCHOBER W. & E. GRIMMBERGER 1996. *A Guide to Bats of Britain and Europe*. The Hamlyn Publishing Group Ltd. London.

### Región Bética

- ARBEA, J.I. & M. BAENA 2003. Colémbolos cavernícolas de Andalucía (insecta: Collembola). *Zoologica Baetica*, **13-14**: 71-84.
- BARRANCO, P. 2004. Estudio del subgénero *Zephaloptila* Gorochoff & Llorente, 2001 y descripción de cuatro nuevas especies (*Petaloptila* Pantel, 1890, Orthoptera, Gryllidae). *Graellsia*, **60**: 81-93.
- BARRANCO, P. & J. AMATE 2000. Descripción de una nueva especie del Género *Foveacheles* Zacharda, 1980. (Acari, Rhagidiidae). *Mémoires de Biospéologie*, **27**: 15-20.
- BARRANCO, P., C. RUIZ-PORTERO, A. FERNÁNDEZ-CORTÉS, X. BELLÉS & A. TINAUT 2003. Ptinidos de cuevas en yeso de Almería. (Coleoptera, Ptinidae). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, **27**: 53-69.
- BARRANCO, P., J.G. MAYORAL, C. RUIZ-PORTERO, J. AMATE, J. GARCÍA-PARDO, M. PIQUER, D. ORTEGA, V. SALAVERT, F. RUIZ AVILÉS, M. D. LARA & A. TINAUT 2004. Fauna endokárstica andaluza. En B. Andreo y J.J. Durán (Eds.): *Investigaciones en sistemas kársticos españoles*. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas subterráneas. N° 12. 351-366 págs. Madrid.
- BARRANCO, P., A. FERNÁNDEZ-CORTÉS, C. RUIZ-PORTERO & V. ORTUÑO 2006. Distribución espacio temporal de *Trechus diecki* Putzeys, 1870 en las cuevas del Karst en Yeso de Sorbas (Almería, España). (Coleoptera, Carabidae). *Boletín SEDECK*, **6**: 16-25.
- CARABAJAL, E., J. GARCÍA & F. RODRÍGUEZ 2000. Descripción de dos nuevas especies de pseudoscorpiones cavernícolas de la provincia de Cádiz (Arácnida, Pseudoscorpionida, Chthonidae, Neobisiidae). *Graellsia*, **56**: 27-33.
- COBOS, A. 1961. Exploración entomológica de la gruta de Nerja (Málaga). *Eos*, **37**: 125-133.
- ENCKELL, P.H. 1965. New Harpacticoids from Spain. *Acta University Lund*, **2**(19): 119-130.
- JEANNEL, R. & E.G. RACOVITZA 1914. Ennumeration des gruttes visitées 1911-13. *Archives de Zoologie Experimentale et Generale*, **53**: 325-558.
- JEANNEL, R. & E.G. RACOVITZA 1918. Ennumeration des gruttes visitées 1913-17. *Archives de Zoologie Experimentale et Generale*, **57**: 203-470.
- JEANNEL, R. & E.G. RACOVITZA 1929. Ennumeration des gruttes visitées 1918-27. *Archives de Zoologie Experimentale et Generale*, **68**: 293-608.
- MATEU, J. 2001. *Tinautius exilis* sp. n. (Coleoptera, Carabidae, Pterostichini) de la Alpujarra almeriense (SE España). *Animal Biodiversity and Conservation*, **24**: 45-49.

- MATEU, J. 2002. Sur un genre nouveau et une espèce cavernicole inédite appartenant à une nouvelle sous-famille de Coléoptères Promecognathidae. *Revue française d'Entomologie* (N.S.), **24**(1): 67.
- MATEU, J. & X. BELLES 2003. Position systématique et remarques biogéographiques sur *Dalyat mirabilis* Mateu, 2002. (Coleoptera: Adephaga: Promecognathidae) cavernicole du Sud-Est Ibérique. *Annals de la Société de Entomologie Française*. (n.s.), **39**: 291-303.
- MORENO WALLACE, M. 1985. Estudio de la fauna cavernícola de la cueva de Nerja. In: *La Cueva de Nerja*. Premio de Investigación Patronato Cueva de Nerja. Granada. 132 y sig.
- NOTENBOOM, J. 1985. Groundwater crustaceans of Spain, Ripidogammarus triumvir n. sp. (Amphipoda, Gammaridae) from wells near Mojónera, Almería. *Stygologia*, **1**(3): 292-299.
- NOTENBOOM, J. 1987. Species of the genus *Psuedoniphargus* Chevreux, 1901 (Amphipoda) from the Betic Cordillera of Southern Spain. *Bijdr. Dierk.*, **57**: 87-150.
- ROUCH, R. 1985. Une nouvelle Stygonitrocrella (Copepoda, Harpacticoida) des eaux souterraines d'Andalousie, Espagne. *Stygologia*, **1**(1): 118-127.
- ROUCH, R. 1986. Quelques nouvelles Parapseudoleptomesochra (Harpacticoida, Ameiridae) des eaux souterraines du sud de l'Espagne. *Stygologia*, **2**(3): 217-253.
- TINAUT, A. 1998. Artrópodos terrestres de las cavidades andaluzas. *Zoologica baetica*, **9**: 3-28.

### Región Canaria

- ASHMOLE, N.P., P. OROMÍ, M.J. ASHMOLE & J.L. MARTÍN 1992. Primary faunal succession in volcanic terrain: lava and cave studies in the Canary Islands. *Biol. J. Linn. Soc.*, **46**: 207-234.
- HOWARTH, F.G. 1996. A comparison of volcanic and karstic cave communities. *Proc. VII Int. Sym. Vulcanoespéologie*: 63-68.
- LÓPEZ, H.D. & P. OROMÍ 2010. A pitfall trap for sampling the mesovoid shallow substratum (MSS) fauna. *Speleobiology Notes*, **2**: 7-11.
- MARTÍNEZ, A., A. PALMERO, M.C. BRITO, J. NÚÑEZ & K. WORSAAE 2009. Anchialine fauna of the Corona lava tube (Lanzarote, Canary Islands): diversity, endemism and distribution. *Marine Biodiversity*, **39**(3): 169-182.
- NARANJO, M., P. OROMÍ, A.J. PÉREZ, C. GONZÁLEZ, O. FERNÁNDEZ, H.D. LÓPEZ & S. MARTÍN 2009. *Fauna cavernícola de Gran Canaria. Secretos del mundo subterráneo*. Melansis - La Caja de Canarias, Las Palmas de Gran Canaria. 106 pp.
- OROMÍ, P. 2004. Canary Islands: Biospeleology. En J. Gunn (Ed.) *Encyclopedia of caves and karst science*. Fitzroy Dearborn, New York, pp. 179-181.
- OROMÍ, P. 2008. Biospeleology in Macaronesia. *Association for Mexican Cave Studies Bulletin*, **19**: 98-104.
- OROMÍ, P. 2010. La fauna subterránea de Canarias: un viaje desde las lavas hasta las cuevas. En J. Afonso (Ed.) *Volcanes: mensajeros del fuego, creadores de vida, forjadores del paisaje*. Instituto Estudios Hispánicos de Canarias, Puerto de la Cruz, pp. 63-97.
- PIPAN, T., H. LÓPEZ, P. OROMÍ, S. POLACK & D.C. CULVER 2010. Temperature variation and the presence of troglobionts in terrestrial shallow subterranean habitats. *Journal of Natural History*, **45**(3-4): 253-273.
- WILKENS, H., T.M. ILIFFE, P. OROMÍ, A. MARTÍNEZ, T.N. TYSALL & S. KOENEMANN 2009. The Corona lava tube, Lanzarote: geology, habitat diversity and biogeography. *Marine Biodiversity*, **39**(3): 155-167.

### Región Cantábrica

- AGUEDA VILLAR, J.A., J. PALACIO, C.I. SALVADOR & C. VERA DE LA PUENTE 2002. *Paisajes Geológicos de Asturias en "Patrimonio Geológico de Asturias, Cantabria y País Vasco"*, R. Nuche (Ed.), ENRESA, Madrid.
- BELLES, X. 1987. *Fauna cavernícola e intersticial de la Península Ibérica e illes Balears*, CSIC Ed. Moll, Madrid-Palma de Mallorca, 207 pp.
- BELLES, X. 1991. Survival, opportunism and convenience in the processes of cave colonization by terrestrial faunas. *Oecologia Aquatica*, **10**: 325-335.

- BELLES, X. 1994. Espagne. 649-662 pp. En: *Enciclopedia Biospeologica*, Tome I C. Juberthie et V. Decu (Eds.), Société de Biospéologie, Moulis-Bucarest. 834 pp.
- BELLES, X. & A. I. CAMACHO 1998. El Patrimonio Biológico de las cuevas de Cantabria. 707-708 pp. En: *Cantabria subterránea. Catálogo de las Grandes Cavidades*. León García, J. (Ed.), Gobierno de Cantabria, Consejería de Cultura y Deporte, Santander.
- CAMACHO, A. I. 1998. La vida animal en el mundo subterráneo: habitantes de las Grandes Cuevas y Simas de España. 19-45 pp. En: C. Puch, *Grandes Cuevas y Simas de España*, Ed. Espeleo Club de Gracia, Barcelona, 816 pp.
- CAMACHO, A. I., B. A. DORDA & I. REY 2011. Identifying Cryptic speciation across groundwater populations: first COI sequences of Bathynellidae (Crustacea, Sincarida). *Graellsia*, **67**(1): 7-12.
- DEHARVENG, L., F. STOCH, J. GIBERT, A. BEDOS, D. GALASSI, M. ZAGMAJSTER, A. BRANCELJ, A. I. CAMACHO, F. FIER, P. MARTIN, N. GIANI, G. MAGNIEZ & P. MARMONIER 2009. Groundwater biodiversity in Europe. *Freshwater Biology*, **54**(4): 709-726.
- ESPAÑOL, F. 1969. Fauna cavernícola de España. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes*, Barcelona, **39**(9): 309-322.
- GUZIK, M. T., K. M. ABRAMS, S. J. B. COOPER, W. F. HUMPHREYS, J. L. CHO & A. AUSTIN 2008. Phylogeography of the ancient Parabathynellidae (Crustacea: Bathynellacea) from the Yilgarn region of Western Australia. *Subterranean Connections. Invertebrate Systematic*, **22**: 205-216.
- LEON GARCIA, J. 2010. *Cantabria Subterránea. Catálogo Grandes Cavidades*. Tomo I: Edita Instituto de Estudios Cántabros y del Patrimonio.
- MALARD, F., C. BOUTIN, A. I. CAMACHO, D. FERREIRA, G. MICHEL, B. SKET & F. STOCH 2009. Diversity patterns of stygobitic crustaceans across multiple spatial scales in Europe. *Freshwater Biology*, **54**(4): 756-776.
- PUCH, C. 1998. *Grandes Cuevas y Simas de España*, Ed. Espeleo Club de Gracia, Barcelona, 816 pp.
- RIBERA, C. 1984. *Contribución al conocimiento de los Araneidos cavernícolas de la Península Ibérica*. Publicaciones de la Universidad de Barcelona, 45 pp.
- VANDEL, A. 1964. *Biospeologie. La Biologie des animaux cavernicoles*. Paris 619 pp.
- Región Lusitánica**
- AFONSO, O. 1992. Aselídeos (Crustacea, Isopoda) nas águas subterráneas portuguesas. Aspectos taxonómicos, bio-geográficos e ecológicos. *Algar*, **3**: 49-56.
- BELLÉS, X. 1987. *Fauna cavernícola i intersticial de la Península Ibérica i les Illes Balears*. CSIC, Ed. Moll, Mallorca, 207 pp.
- GAMA, M. M. & O. AFONSO 1994. Portugal. p.771-778. *Enciclopedia Biospeologica*, tome I. Société de Biospéologie, Moulis, France.
- MACHADO, A. B. & B. B. MACHADO 1948. Inventário das cavernas calcárias de Portugal. *Bol. Soc. Port. Ciênc. Nat.*, **13**: 444-473.
- NOTENBOOM, J. 1990. Introduction to Iberian groundwater amphipods. *Limnetica*, **6**: 165-176.
- REBOLEIRA, A. S. P. S., F. GONÇALVES & A. R. M. SERRANO 2009. Two new species of cave dwelling *Trechus* Clairville, 1806 of the *fulvus*-group (Coleoptera, Carabidae, Trechinae) from Portugal. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, **56**(1): 101-107.
- REBOLEIRA, A. S. P. S., V. ORTUÑO, F. GONÇALVES & P. OROMÍ 2011. A hypogean new species of *Trechus* Clairville, 1806 (Coleoptera, Carabidae) from Portugal and considerations about the *T. fulvus* species group. *Zootaxa*. **2689**: 15-26.
- REBOLEIRA, A. S. P. S., P. A. V. BORGES, F. GONÇALVES, A. R. M. SERRANO & P. OROMÍ 2011. The subterranean fauna of a biodiversity hotspot region - Portugal: an overview and its conservation. *International Journal of Speleology*, **40**(1), 23-37.
- RIBERA, C. 1988. La familia Leptonetidae (Arachnida, Araneae) in la Península Ibérica. *XI Europäisches Arachnologisches Colloquium. Tech Univ Berlín Insekt. Konchuaikokai.*, **26**: 14-18.
- VANDEL, A. 1945. Crustacés Isopodes terrestres (Oniscoidea) épigés et cavernicoles du Portugal. Étude des recortes de M. A. de Barros Machado. *Anais da Faculdade de Ciências do Porto*, **30**: 138-427.
- ZARAGOZA, J. A. 2007. Catálogo de los Pseudoescorpiones de la Península Ibérica e Islas Baleares (Arachnida: Pseudoscorpiones). *Revista Ibérica de Aracnología*, **13**: 3-91.
- O Arquipélago dos Açores**
- BORGES, P. A. V. & P. OROMÍ 1994. The Azores. In: C. Juberthie & V. Decu (Eds.), *Enciclopedia Biospeologica. Tome I*. pp. 605-610. Société de Biospéologie, Moulis.
- BORGES, P. A. V., P. CARDOSO, I. R. AMORIM, F. PEREIRA, J. P. CONSTÂNCIA, J. C. NUNES, P. BARCELOS, P. COSTA, R. GABRIEL & M. L. DAPKEVICIUS 2011. Volcanic cave priorities for conserving the Azorean endemic troglóbiont species. *International Journal of Speleology (Subm.)*.
- BORGES, P. A. V., P. OROMÍ, A. R. M. SERRANO, I. R. AMORIM & F. PEREIRA 2007. Biodiversity patterns of cavernicolous ground-beetles and their conservation status in the Azores, with the description of a new species: *Trechus isabelae* n. sp. (Coleoptera, Carabidae, Trechinae). *Zootaxa*, **1478**: 21-31.
- BORGES, P. A. V., A. R. M. SERRANO & I. R. AMORIM 2004. New species of cave-dwelling beetles (Coleoptera: Carabidae: Trechinae) from the Azores. *Journal of Natural History*, **38**: 1303-1313.
- MARTÍN, J. L., P. CARDOSO, M. ARECHA VALETA, P. A. V. BORGES, B. F. FARIA, C. ABREU, A. F. AGUIAR, J. A. CARVALHO, A. C. COSTA, R. T. CUNHA, R. GABRIEL, R. JARDIM, C. LOBO, A. M. F. MARTINS, P. OLIVEIRA, P. RODRIGUES, L. SILVA, D. TEIXEIRA, I. R. AMORIM, F. FERNANDES, N. HOMEM, B. MARTINS, M. MARTINS & E. MENDONÇA 2010. Using taxonomically unbiased criteria to prioritize resource allocation for oceanic island species conservation. *Biodiversity and Conservation*, **19**: 1659-1682.
- REBOLEIRA, A. S. P. S., P. A. V. BORGES, F. GONÇALVES, A. R. M. SERRANO & P. OROMÍ 2011. The subterranean fauna of a biodiversity hotspot region - Portugal: an overview and its conservation. *International Journal of Speleology*, **40**: 23-37.
- Región Oriental**
- DOMINGO, J., S. MONTAGUD & A. SENDRA (Coord.) 2006. *Invertebrados endémicos de la Comunitat Valenciana*. Conselleria de Territori i Habitatge. Generalitat Valenciana. 256 pp.
- FRESNEDA, J., J. M. SALGADO & I. RIBERA 2007. Phylogeny of western Mediterranean Leptodirini with an emphasis on genital characters (Coleoptera: Leiodidae: Cholevidae). *Systematic Entomology*, **32**: 332-358.
- ORTUÑO, V. M. & A. ARILLO 2005. Description of a new hypogean species of the genus *Trechus* Clairville, 1806 from eastern Spain and comments on the *Trechus martinezi*-lineage (Coleoptera: Adephegata: Carabidae). *Journal of Natural History*, **39**(40): 3483-3500.
- ORTUÑO, V. M., A. SENDRA, S. MONTAGUD & S. TERUEL 2004. Systématique et biologie d'une espèce paléoenémique hypogée de la péninsule Ibérique: *Ildobates neboti* Español, 1966 (Coleoptera: Carabidae: Dryptinae). *Annales de la Société Entomologique de France (Nouvelle Série)*, **40**(3-4/2004): 459-475.
- ORTUÑO, V. M. & A. SENDRA 2007. Taxonomie, systématique et biologie d'un Anillini troglóbionte exceptionnel (Coleoptera: Carabidae: Trechinae): *Aphaenotyphlus alegrei* Español & Comas 1985. *Annales de la Société Entomologique de France (Nouvelle Série)*, **43**(3): 297-310.
- SALGADO, J. M. & J. FRESNEDA 2003. Revisión of the section Anillochlamys Jeannel, 1909 (Coleoptera: Leiodidae: Cholevinae: Leptodirini). *Annales de la Société Entomologique de France (Nouvelle Série)*, **39**: 361-384.
- SALGADO, J. M. & J. FRESNEDA 2006. Dos nuevas especies de Anillochlamys Jeannel, 1909 del Levante de España (Coleoptera: Leiodidae: Cholevidae: Leptodirini). *Heteropterus Revista de Entomología*, **6**: 19-28.
- SANZ, S. & D. PLATVOET 1995. New perspectives on the evolution of the genus *Typhlatya* (Crustacea, Decapoda): first record of a cavernicolous atyid in the Iberian Peninsula, *Typhlatya miravetensis* n. sp. *Contributions to Zoology*, **65**(2): 79-99.
- SENDRA, A., V. M. ORTUÑO, G. URIOS, S. TERUEL & S. MONTAGUD 2008. A new hotspot of subterranean biodiversity in the Iberian Peninsula. The beasts in the caverns of the "Middle Earth" where



“Gollum”-japyx dwells. *19th International Symposium of Subterranean Biology 2008*. Fremantle, Western Australia 21st-26th September 2008. p. 87.

SENDRA, A., V.M. ORTUÑO, J.A. ZARAGOZA, S. MONTAGUD, S. TERUEL & A. MORENO 2006. Una propuesta de provincias biogeográficas para los invertebrados hipogeos valencianos. *XII Congreso Ibérico de Entomología 2006*. Alicante 11-14 Septiembre 2006. p. 187.

### Región Vasca

CULVER, D., L. DEHARVENG, A. BEDOS, J. LEWIS, M. MADDEN, R. REDDELL, B. SKET, P. TRONTELJ & D. WHITE 2006. The mid-latitude biodiversity ridge in terrestrial cave fauna. *Ecography*, **29**: 120-128.

ESPAÑOL, F., X. BELLES, M. BLAS, J. COMAS, O. ESCOLA, J. ESTANY, M. RAMBLA, C. RIBERA, A. SERRA, M. VICENTE & E. VIVES 1980. Contribución al conocimiento de la fauna cavernícola del País Vasco. *Kobie*, **10**: 525-568.

GALAN, C. 1988. Zonas kársticas de Gipúzcoa: Los grandes sistemas subterráneos. *Munibe, S.C.Aranzadi*, **40**: 73-89.

GALAN, C. 1993. Fauna Hipógea de Gipúzcoa: su ecología, biogeografía y evolución. *Munibe (Ciencias Naturales), S.C. Aranzadi*, **45** (número monográfico): 1-163.

GALAN, C. 2001. Primeros datos sobre el Medio Subterráneo Superficial y otros habitats subterráneos transicionales en el País Vasco. *Munibe Cienc.Nat.*, **51**: 67-78.

GALAN, C. 2002. *Biodiversidad, cambio y evolución de la fauna cavernícola del País Vasco*. Publ. Gobierno Vasco, Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Viceconsejería de Ordenación del Territorio y Biodiversidad: 56 pp + 17 fig + 20 láminas color. Página web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF: 64 pp.

GALAN, C. 2006. *Conservación de la fauna cavernícola troglobia de Gipuzkoa: 1. Contexto general, biodiversidad comparada, relictualidad y endemismo*. Lab. Bioespeleología S.C.Aranzadi. Pag. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 14 pp. + Pág. web Co-ta0.com.

GALAN, C. 2008. *Opiliones cavernícolas de Gipuzkoa y zonas próximas (Arachnida: Opiliones)*. Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 12 pp.

GALAN, C. 2010. Evolución de la fauna cavernícola: mecanismos y procesos que explican el origen de las especies troglobias. *Bol. SVE*, **44**: 22 pp + Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 31 pp.

GALAN, C. 2011. *Nuevos datos sobre Mycetozoa cavernícolas (Amoebozoa) en cuevas de la Sierra de Aralar y macizo de Otsabio*. Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 17 pp.

GALAN, C. & F. ETXEBERRIA 1994. *Karsts y cavernas de Gipuzkoa*. Colección Bertan, Dpto. de Cultura, D.F.Gipuzkoa, 6: 102 pp. + 160 Illustr.color.

GALAN, C. & M. NIETO 2010. *Mycetozoa: extrañas formas de vida en cuevas de Gipuzkoa. Nuevos hallazgos en karsts en caliza Urgoniana en Aizkorri (Igitegi), Izarraitz (Aixa) y Udalaitz (Montxon koba)*. Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 33 pp.

GALAN, C., J. RIVAS & M. NIETO 2009. Formes pseudokarstiques dans le grès du flysch éocène côtier en Guipúzcoa (Pays basque espagnol). *Karstologia, Assoc. Franc. Karstol. & Fed. Franc. Spéléol.*, **53**: 27-40.

MAGNIEZ, G. 1978. Les Stenasellides de France (Crustacés Isopodes Asellotes souterrains): faune ancienne et peuplement récents. *Bull. Soc. Zool. France*, **103**(3): 255-262.

PRIETO, C. 2007. *Opiliones cavernícolas de la Península Ibérica (actualización y novedades)*. VIII Jornadas del Grupo Ibérico de Aracnología, Valencia, Octubre 2007, Comunicaciones. Presentación en power point: 23 lám. & pdf: 11 pp.

SENDRA, A. 2003. Distribución y colonización de los Campodeidos cavernícolas en la Península Ibérica e Islas Baleares. *Bol. SEDECK*, **4**: 12-20.

VANDEL, A. 1965. *Bioespeleology: The Biology of Cavernicolous Animals*. Pergamon Press, Oxford, 524 p.

ZARAGOZA, J. & C. GALAN 2007. Pseudoescorpiones cavernícolas de Gipuzkoa y zonas próximas. Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 14 pp. + Bol. SEDECK, **7**: 14 pp (enviado).

### Contaminación, recursos acuíferos kársticos, protección de cavidades

ACHURRA, A & P. RODRÍGUEZ 2008. Biodiversity of groundwater oligochaetes from a karst unit in northern Iberian Peninsula: ranking subterranean sites for conservation management. *Hydrobiologia*, **605**: 159-171.

CAMACHO, A.I. 2005. One more piece on the genus puzzle: a new species of *Iberobathynella* (Syncarida, Bathynellacea, Parabathynellidae) in the Iberian Peninsula. *Graellsia*, **61**(1): 123-133.

CSUTI, B., S. POLASKY, P.H. WILLIAMS *et al.* 1997. A comparison of reserve selection algorithms using data on terrestrial vertebrates in Oregon. *Biological Conservation*, **80**: 83-97.

DANIELOPOL, D.L. & C. GRIEBLER 2008. Changing Paradigms in groundwater ecology-from the living fossils tradition to the new groundwater ecology. *International Review of Hydrobiologia*, **93**(4-5) 565-577.

DANIELOPOL, D.L., C. GRIEBLER, A. GUNATILAKA & J. NOTENBOOM 2003. Present state and future prospects for groundwater ecosystems. *Environmental Conservation*, **30**: 104-130.

DEHARVENG, L., F. STOCH, J. GIBERT, A. BEDOS, D. GALASSI, M. ZAGMAJSTER, A. BRANCELJ, A. I. CAMACHO, F. FIERS, P. MARTIN, N. GIANI, G. MAGNIEZ & P. MARMONIER 2009. Insight into the groundwater biodiversity hot-spots in Europe. *Freshwater Biology*, **54**(4): 709-726.

FERREIRA, D., F. MALARD, M.-J. DOLE-OLIVIER & J. GIBERT 2007. Obligate groundwater fauna of France: diversity patterns and conservation implications. *Biodiversity and Conservation*, **16**: 567-596.

GIBERT, J. & L. DEHARVENG 2002. Subterranean ecosystems: a truncated functional biodiversity. *BioScience*, **52**: 473-481.

GIBERT, J. 2001. Protocols for the assessment and conservation of aquatic life in the subsurface (PASCALIS): a European Project. In: Culver D.C., Deharveng L., Gibert J. and Sasowsky I.D. (eds), *Mapping Subterranean Biodiversity/Cartographie de la biodiversité souterraine*, Proceedings of the International Workshop held, 18-20 March 2001. Laboratoire Souterrain du CNRS, Moulis, Ariège, France. *Karst Waters Institute*, Special Publication 6, Charles Town, West Virginia, pp. 19-21.

HAHN, J.H. 2006. The GW-Fauna-Index: A first approach to a quantitative ecological assessment of groundwater habitats. *Limnologica*, **36**: 119-137.

HOLSINGER, J.R. 1993. Biodiversity of subterranean amphipod crustaceans: global patterns and zoogeographic implications. *Journal Natural History*, **27**: 821-835.

LAFONT, M. & A. VIVIER 2006. Oligochaeta assemblages in the hyporheic zone and coarse surface sediments: their importance for understanding of ecological functioning of watercourses. *Hydrobiologia*, **546**: 171-181.

MALARD, F., M.J. DOLE-OLIVIER, J. MATHIEU, F. STOCH, A. BRANCELJ, A.I. CAMACHO, F. FIERS, D. GALASSI, J. GIBERT, T. LEFEBURE, P. MARTÍN, B. SKET & A. G.-VALDECASAS 2002. *Sampling Manual for the Assessment of Regional Groundwater Biodiversity*. PASCALIS Project (V Framework Programme. Key Action 2: Global Change, Climate and Biodiversity. 2.2.3 Assessing and conserving biodiversity).

MYERS, N., R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B. DA FONSECA & J. KENT 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**: 853-858.

SKET, B. 1999. The nature of biodiversity in hypogean waters and how it is endangered. *Biodiversity & Conservation*, **8**: 1319-1338.

VAN BEYNEN, P.V. & K. TOWNSEND 2005. A disturbance index for karst environments. *Environmental Management*, **3**: 101-116.

WOOD, P.J., J. GUNN & S.D. RUNDLE 2008. Response of benthic cave invertebrates to organic pollution events. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystem*, **18**: 909-922.

### Problemática Conservación Medio Subterráneo de Portugal

NOTENBOOM, J., S. PLÉNÉT & M.-J. TURQUIN 1994. Groundwater contamination and its impact on groundwater animals and ecosystems. In: Gibert J, Danielopol DL, Stanford JA (eds). *Groundwater ecology*. Academic Press, San Diego, 477-504.

REBOLEIRA A.S.P.S., P.A.V. BORGES, F. GONÇALVES, A. SERRANO & P. OROMÍ 2011. The subterranean fauna of a biodiversity hotspot region - Portugal: an overview and its conservation. *International Journal of Speleology*, **40**(1): 23-37.

SKET, B. 1999. The nature of biodiversity in hypogean waters and how it is endangered. *Biodiversity Conservation*, **8**: 1319-1338.

WATSON J., E. HAMILTON-SMITH, D. GILLIESON & K. KIERNAN 1997. *Guidelines for Cave and Karst Protection: IUCN World Commission on Protected Areas*. Prepared by the WCPA Working Group on Cave and Karst Protection. IUCN Protected Area Pro.

**Patrones de rareza a escala local en oligoquetos acuáticos subterráneos. Implicaciones para su conservación**

ACHURRA, A. & P. RODRIGUEZ 2008. Biodiversity of groundwater oligochaetes from a karst unit in northern Iberian Peninsula – Ranking subterranean sites for conservation management. *Hydrobiologia*, **605**: 159-171.

GIANI, N. & P. RODRIGUEZ 1988. Description de quelques espèces nouvelles de Tubificidae (Oligochaeta) de grottes et sources karstiques de la Péninsule Ibérique. *Stylogia*, **4**(2): 122-137.

GIANI, N., B. SAMBUGAR, P. RODRIGUEZ & E. MARTINEZ-ANSEMIL 2001. Oligochaetes in Southern European groundwater: new records and an overview. *Hydrobiologia*, **463**: 65-74.

RODRIGUEZ, P. & N. GIANI 1987. Sur deux espèces de Lumbriculidae (Oligochaeta) cavernicoles: *Cookidrilus speluncaeus* n. gen n. sp. et *Trichodrilus diversisetosus* Rodriguez, 1986. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **123**: 45-59.

RODRIGUEZ, P. & A. ACHURRA 2010. New species of aquatic oligochaetes (Annelida: Clitellata) from groundwaters in karstic areas of northern Spain, with taxonomic remarks on *Lophochaeta ignota* Štolc, 1886. *Zootaxa*, **2332**: 21-39.

**Página siguiente ►**

- Fig. 1.** *Titanobochica magna* Zaragoza & Reboleira, 2010. Algarão do Remexido, Algarve (Fotografía Ana Sofía P.S. Reboleira).
- Fig. 2.** *Arcanobisium comasi* Zaragoza, 2010, Aven d'En Serenge, Cabanes, Castellón (Fotografía Juan Antonio Zaragoza).
- Fig. 3.** *Ischyropsalis nodifera*; los individuos de poblaciones epígeas pueden formar agregaciones en las zonas de entrada de las cavidades (Fotografía Rafael Jordana)
- Fig. 4.** *Hadziana sarea* (Simon, 1879); especie conocida hasta ahora de las cavidades de Sare (Pirineos Atlánticos), el macho procede de la primera cavidad española (datos inéditos) (Fotografía Rafael Jordana).
- Fig. 5.** *Iberobathynella burgalensis* Camacho, 2005, endemismo ibérico del Monumento Natural de Ojo Guareña (Burgos). (Fotografía MNCN, Madrid).
- Fig. 6.** *Typhlatya miravetensis* Sanz & Platvoet, 1995, Cova Ullal de Miravet, Cabanes, Castellón (Fotografía Sergio Montagud).
- Fig. 7.** *Typhlocirolana troglobia* De Grave & Herrando-Pérez, 2003, Cova Ullal de Miravet, Cabanes, Castellón (Fotografía Sergio Montagud).
- Fig. 8.** *Macedonethes castellonensis* (Cruz & Dalens, 1989), Cova de la Font del Molinar, Xert, Castellón (Fotografía Sergio Montagud).
- Fig. 9.** Habitus de *Pseudosinella unguilonginea*. (Fotografía Rafael Jordana).
- Fig. 10.** *Gollumjapyx smeagol* Sendra & Ortuño, 2006, Aven d'En Serenge, Cabanes, Castellón (Fotografía José María Azkárraga).
- Fig. 11.** *Paratachycampa hispanica* Bareth & Condé, 1981 en la Cova dels Encenalls, Sant Mateu, Castellón (Fotografía, Equipo de Filmación Mundos de Agua).
- Fig. 12.** *Dalyat mirabilis* Mateu, 2002 (Fotografía Pablo Barranco).
- Fig. 13.** *Ildobates neboti* Español, 1966, Aven d'En Serenge, Cabanes, Castellón (Fotografía Sergio Montagud).
- Fig. 14.** *Oresigenus jaspei* en el suelo de la Cueva del Reguerín. Covadonga Asturias. (Fotografía José María Salgado).





15



16



17



18



19



20



21



22



23



24



25



26



27

**Fig. 15.** Larva II y adulto de *Anillochlamys tropicus* de la Cova de les Meravelles, Alzira, Valencia (Fotografía Sergio Montagud). **Fig. 16.** Agrupación de *Myotis myotis blythii* y *Myotis capaccinii* en una cavidad de la provincia de Valencia (Fotografía Miguel Angel Monsalve). **Fig. 17.** Ejemplar joven de *Myotis capaccinii* mostrando el desarrollo de los pies que utiliza para capturar insectos acuáticos y pequeños peces (Fotografía Miguel Angel Monsalve). **Fig. 18.** *Phyllitis scolopendrium*, Avenc Ample, Vall d'Ebo, Alicante (Fotografía Sergio Montagud). **Fig. 19.** Cueva Simarrón II, Sierra Gádor, Almería. (Fotografía Pablo Barranco). **Fig. 20.** Cueva del Sobrado, Tenerife. (Fotografía J. S. Socorro). **Fig. 21.** Cueva Ojo Guareña, Burgos. (Fotografía C. Puch). **Fig. 22.** Gruta do Frade. (Fotografía Ana Sofia Reboleira). **Fig. 23.** Algar do Carvão, Ilha Terceira, Arquipélago dos Açores (Fotografía Paulo Borges). **Fig. 24.** Cova dels Encenalls, Sant Mateu, Castellón (Fotografía Sergio Montagud). **Fig. 25.** Cueva Sierra de Aralar, País Vasco (Fotografía Carlos Galán). **Fig. 26.** Destrucción de una galería en una cantera en pleno corazón del Parque Natural da Serra d'Aire e Candeeiros. **Fig. 27.** Contaminación fecal en el interior de una cavidad del macizo de Sico.