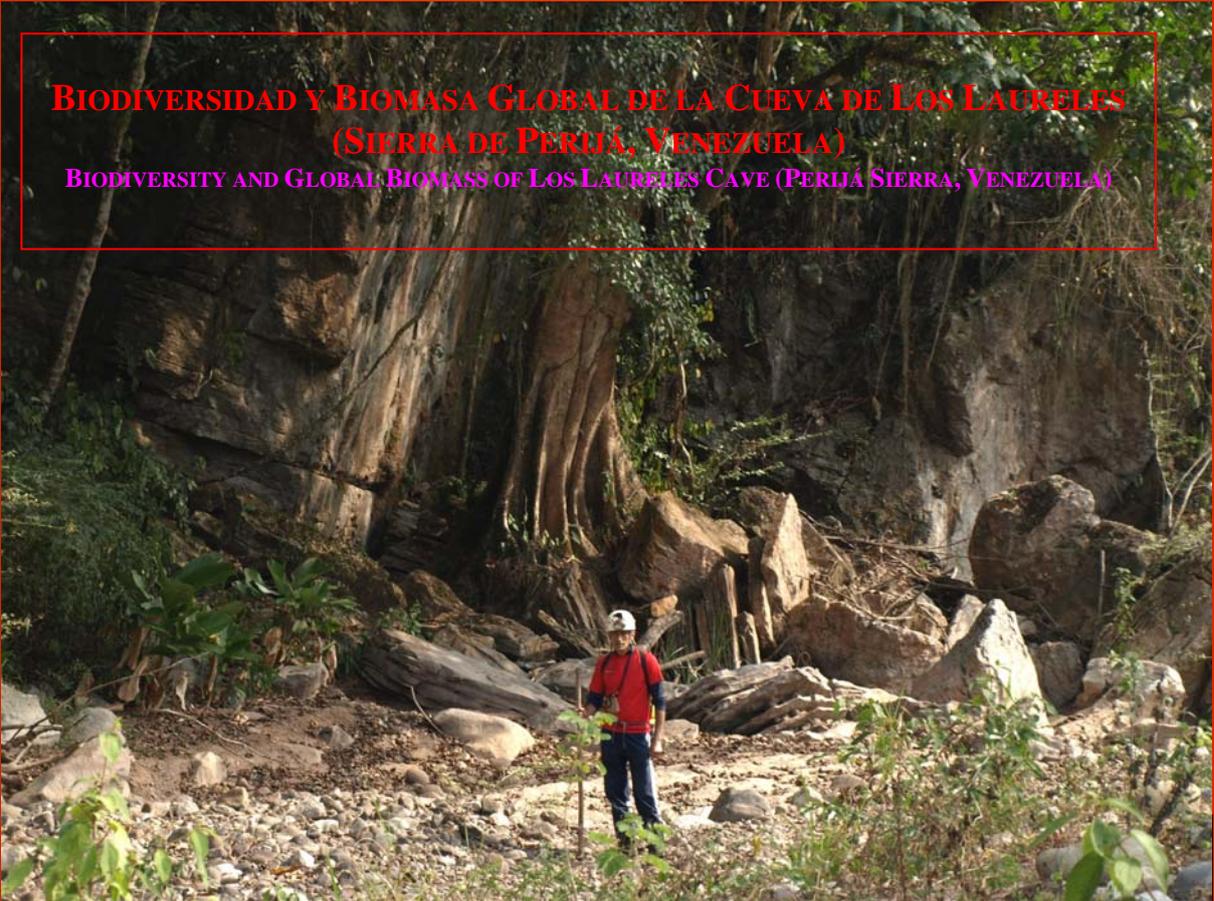


**BIODIVERSIDAD Y BIOMASA GLOBAL DE LA CUEVA DE LOS LAURELES
(SIERRA DE PERIJÁ, VENEZUELA)**
BIODIVERSITY AND GLOBAL BIOMASS OF LOS LAURELES CAVE (PERIJÁ SIERRA, VENEZUELA)



Carlos Galán^{1,2,3} ; Francisco F. Herrera^{1,2} & Ascanio Rincón^{1,2}

¹ Sociedad Venezolana de Espeleología. Apartado 47.334 - Caracas 1041-A, Venezuela.

² Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Apartado 21827, Caracas 1020-A, Venezuela.

³ Sociedad de Ciencias Aranzadi. Alto de Zorroaga s/n. 20.014 San Sebastián - Spain.

E-mail: cegalham@yahoo.es

Mayo 2009.

BIODIVERSIDAD Y BIOMASA GLOBAL DE LA CUEVA DE LOS LAURELES (SIERRA DE PERIJÁ, VENEZUELA)

BIODIVERSITY AND GLOBAL BIOMASS OF LOS LAURELES CAVE (PERIJÁ SIERRA, VENEZUELA)

Carlos Galán^{1,2,3}; Francisco F. Herrera^{1,2} & Ascanio Rincón^{1,2}

¹ Sociedad Venezolana de Espeleología. Apartado 47.334, Caracas 1041-A, Venezuela.

² Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Apartado 21827, Caracas 1020-A, Venezuela.

³ Sociedad de Ciencias Aranzadi. Alto de Zorroaga s/n. 20.014 San Sebastián - Spain.

E-mail: cegalham@yahoo.es

Mayo 2009.

RESUMEN

Se presentan datos taxonómicos sobre macrofauna cavernícola colectada por métodos directos y meiofauna asociada a los depósitos de semillas y guano de guácharos de la cueva de Los Laureles (cuenca del río Socuy, Sierra de Perijá). Se presentan datos globales de biomasa y diversidad para el conjunto del ecosistema de la cueva.

La biodiversidad es elevada, con 112 taxa de invertebrados y vertebrados cavernícolas e incluye una riqueza de formas troglóbias extraordinariamente alta para cuevas del Neotrópico (13 especies troglóbias); algunas de ellas pertenecen a grupos zoológicos de los que no existía un reporte previo de formas troglóbias para la fauna de Venezuela o incluso de Sudamérica. Varias especies constituyen con toda probabilidad especies nuevas para la Ciencia.

La biomasa es elevada y alcanza un total de 775 kg (29,2 g/m² ó 43 kg por cada 100 m lineales de galerías), lo cual equivale en términos energéticos a 3,97 x 10⁶ joules, considerando su valor medio en peso seco. Estos datos se encuentran entre los más altos valores de biomasa obtenidos para fauna de cuevas a nivel mundial. El 82% de la biomasa es atribuida a poblaciones de vertebrados, particularmente peces troglófilos. El 18% restante corresponde a invertebrados, jugando un papel dominante los Orthoptera, Crustacea Decapoda y Amblypygi. Los datos forman parte de un estudio comparado más extenso sobre ecología y biodiversidad de la fauna cavernícola de Venezuela.

Palabras clave: Bioespeleología, fauna cavernícola, ecología subterránea, biomasa, biodiversidad, troglóbios.

ABSTRACT

We present taxonomic data about cave-dwelling macrofauna collected by direct methods and meiofauna associated to seeds and oil-birds guano deposits in Los Laureles Cave (basin of Socuy river, Sierra de Perijá). We present biodiversity and biomass global data for the whole cave ecosystem.

The biodiversity is high, with 112 invertebrate and vertebrate cave taxa and includes an extraordinarily high richness of troglobiont forms for Neotropical caves (with 13 troglobites); some of them belong to zoological groups without previous reports on troglobiont forms for the fauna in the caves of Venezuela or even South America. Several species are probably new species in Science.

The biomass is very high and weighs 775 kg (29.2 g/m² or 43 kg by linear 100 m of galleries). This is equivalent in energetic terms to 3.97 x 10⁶ joules, considering the average value in dry weight. These data embrace the highest biomass values for cave-dwelling fauna around the world. 82% of biomass is due to vertebrates' populations, especially troglophile fishes. The resting 18% belongs to invertebrates, the Orthoptera, Crustacea Decapoda and Amblypygi being dominant. The data are part of a more extensive research about ecology and comparative biodiversity of Venezuelan cave fauna.

Key words: Bioespeleology, cave fauna, subterranean ecology, biomass, biodiversity, trogllobites.

INTRODUCCION

La cueva de Los Laureles (Zu.31) está situada a 600 m de altitud en la cuenca del río Socuy, afluente del río Guasare (Sierra de Perijá, Venezuela). La cavidad fue explorada por la Sociedad Venezolana de Espeleología (SVE) a finales de los 80's y comienzos de los 90's (SVE, 1991, 1999), alcanzando actualmente 4,4 km de desarrollo. La cavidad es parte del Sistema del Samán (Galán, 1991), uno de los más extensos sistemas hidrogeológicos subterráneos del país y el cual alberga también a la Cueva del Samán (la mayor cueva de Venezuela, de 18,2 km de galerías). El río que recorre la cueva es un tramo del colector subterráneo del acuífero del Socuy y su caudal en sequía es de 500 l/s. En época de lluvias el caudal supera los 5 m³/s; el nivel de las aguas asciende entonces más de 4 m de altura, quedando sumergida gran parte de la red de galerías.

Prospecciones bioespeleológicas han sido efectuadas en la cueva por miembros de la SVE o con la colaboración de la SVE en distintas fechas (SVE, 1990, 1991, 1999; Galán, 1991, 1995; Lagarde, 1994, 1995; Vilorio et al., 1992; Pérez & Vilorio, 1993; Trajano & Gnaspini Netto, 1993). De la cueva fueron descritas dos especies troglóbias nuevas para la Ciencia: un pez Loricariidae (*Ancistrus galani* Pérez & Vilorio, 1993) y un opilión troglóbico Agoristenidae (*Trinella troglobia* Pinto Da Rocha, 1996). También fue reportado un cangrejo troglóbico (*Chaceus caecus* Rodríguez & Bosque, 1990) que habita en varias cuevas de las cuencas del Guasare y Socuy. Trajano & Gnaspini Netto (1993) reportaron 27 taxa cavernícolas para la cueva, en su mayoría troglófilos, agregando una indescrita especie troglóbica de isópodo Philosciidae.



Diversos aspectos de galerías en el río subterráneo de la Cueva Los Laureles, con bóvedas bajas, playas de cantos rodados y zonas de aguas profundas.

En 2008 efectuamos una prospección bioespeleológica detallada de esta cavidad, reportando de forma preliminar un total de 58 especies de macrofauna, 12 de ellas troglobios (Galán et al., 2008a). Para entonces no estaba estudiada la fauna de los depósitos de semillas y guano de guácharos (objeto de estudio volumétrico y separación con embudos de Berlesse) y varios grupos de macrofauna -colectados con métodos directos- estaban incipientemente separados por morfotipos. A lo largo del año ha sido efectuado un estudio taxonómico más detallado, que ha permitido una mayor discriminación taxonómica, con varias correcciones, adiciones y ajustes en los cálculos de densidades medias. Aunque el estudio dista aún de estar concluido a nivel específico, eleva el total de especies para la cueva a 112 taxa, 13 de ellos troglobios. Los datos de biomasa han sido afinados con pesadas adicionales de mayor número de ejemplares en balanzas de precisión, obteniendo promedios ponderados de abundancia y biomasa para los distintos taxa. El conjunto de datos ofrece una información global ajustada sobre la composición del ecosistema de la cueva, su biomasa y diversidad.

MATERIAL Y METODOS

La fauna de la Cueva de Los Laureles fue muestreada en Abril de 2008 con métodos directos (mediante pinceles y pinzas, malla de entomología y mallas de mano para quirópteros y peces), utilizando alcohol etílico de 75° como conservante. Se muestrearon directamente los diferentes biotopos de la cueva, e indirectamente se obtuvieron muestras de semillas y guano de guácharos con extractores tipo O'Connor (las cuales fueron separadas en laboratorio con el método de tamizado con embudos de Berlesse). Se utilizaron a modo de prueba cebos atrayentes, compuestos de queso aromático, cereales y frutas. El trabajo de campo fue completado con conteos y observaciones de abundancia numérica sobre cuadrículas representativas, tomando a su vez datos numéricos de las superficies muestreadas y procesándolas sobre la topografía.

Las muestras del material colectado fueron examinadas y separadas en laboratorio con microscopio binocular estereoscópico (Wild Heerbrugg, Switzerland & Nikon SMZ 800, Japan) con magnificaciones desde 10 hasta 800 aumentos. Los pesos fueron obtenidos con balanzas de precisión (Mettler PM 460 & Ohaus Corp. AR 2140) con lecturas de 0,0001 g. Datos climáticos fueron obtenidos con sensores HOBO (Pro Temp/RH IS logger; Onset Computer Corp., H08-032-IS) de registro continuo. Datos hidroquímicos adicionales fueron obtenidos por análisis Standard de muestras de agua en laboratorio.

En campo fueron tomadas fotografías a color para ilustrar las características de la cueva, biotopos de captura, métodos de colecta y morfología de algunas especies. Fueron tomados datos cuantitativos del número de ejemplares por área, extensión de los distintos biotopos de captura, estimaciones de densidad de invertebrados y censo de grandes especies de vertebrados, utilizando una metodología de muestreo estratificado, apta para distribuciones inhomogéneas en agregados y estudios de taxocenosis en condiciones naturales. En identificaciones taxonómicas se siguió la ordenación más actualizada disponible para el Neotrópico o para familias a nivel mundial (entre otras: Bastidas & Zabala, 1995; Smith & Silva, 1983; Naumann et al., 1991); referencias bibliográficas adicionales para los distintos grupos taxonómicos son citadas en los respectivos apartados.

RESULTADOS

CONTEXTO GENERAL

El muestreo directo de fauna en la Cueva de Los Laureles permitió efectuar observaciones detalladas sobre la abundancia numérica y distribución de invertebrados y vertebrados en las distintas biocenosis existentes en las diferentes partes de la cueva. A grandes rasgos la cavidad consta de tres zonas distintas: (1) Una zona inicial en penumbra, de unos 50 m, en torno a la amplia boca B1, de relativamente baja humedad y temperatura fluctuante (Ambiente superficial). Esta zona va gradando a características isotérmicas. (2) Una zona oscura, bien ventilada, con varias grandes salas y toda una red de pequeñas galerías por donde ingresan a la cavidad varias corrientes de agua (Ambiente intermedio). En esta zona habitan guácharos (*Steatornis caripensis*; Aves, Caprimulgiformes, Steatornithidae) y quirópteros (tres especies de las familias Phyllostomidae y Mormoopidae), la oscuridad es total, el ambiente es isotérmico y la humedad relativa alta. En conjunto abarca unos 350 m de desarrollo de galerías. (3) Una zona oscura profunda constituida por la galería del río subterráneo y sus laterales anexos (Ambiente profundo). La humedad relativa es próxima o alcanza valores de saturación, la temperatura es constante, y la oscuridad es absoluta. Esta zona comprende 1,4 km de desarrollo, desde el inicio del río, donde convergen todas las corrientes de agua, hasta el primer sifón. Aunque no muestreado cabe destacar que tras este primer sifón la galería del río prosigue con características similares 2,6 km adicionales.

La galería del río y sus laterales son galerías amplias, de un diámetro medio en torno a 8-10 m, aunque poseen en su inicio tramos de bóvedas bajas que sifonan ante la menor crecida. El caudal inicial del río (en época de máxima sequía) es de 500 l/s y aumenta en su parte final a 700 l/s. En época de lluvias el caudal supera los 5 m³/s, con puntas de crecida de más de 50 m³/s (Galán, 1991). El ingreso de tan importantes caudales eleva el nivel de las aguas en varios metros en el curso del río y deposita sedimentos y materia orgánica, fertilizando el ambiente profundo de modo periódico. Las crecidas también lavan materiales del ambiente intermedio, introduciéndolos en profundidad. Así, a lo largo del río son hallados numerosos bancos de arena, grava y cantos rodados (de distintos tamaños), depósitos arcillosos, troncos de árboles y restos de madera (colgados hasta una altura de 6 m en la zona final próxima al sifón), restos de hojas y semillas germinadas procedentes del exterior y del guano de guácharos y murciélagos frugívoros. Aunque se trata de residuos dispersos, sin grandes acumulaciones de materia orgánica, entre estos



Guácharos en vuelo y nidos de los mismos en cornisas y oquedades de las bóvedas, algunos de ellos con pichones (juveniles).
Nótese la presencia en torno a los nidos de semillas con crecimiento de plántulas depigmentadas, en zona oscura.

materiales y los rellenos sedimentarios (pobremente escogidos) se crean biotopos adecuados para sostener poblaciones de especies cavernícolas troglófilas y troglobias. Las aguas subterráneas contienen a su vez importantes cantidades de materia orgánica, microorganismos acuáticos planctónicos y bentónicos, y una inusual alta representación de peces cavernícolas.

Los límites entre los ambientes señalados no son absolutos sino que implican gradientes, más o menos acentuados, pudiendo ser atravesados por varias especies de modo cíclico o temporal, a tenor de sus características autoecológicas y requerimientos tróficos. Los guácharos no ingresan al ambiente profundo, básicamente porque la existencia de colapsos de bloques clásticos tras las salas deja pasos de exiguo espacio. Esto, unido a la presencia de bóvedas sifonantes en el sector inicial del río, hace prácticamente imposible su acceso. Pero de no mediar este obstáculo físico, los guácharos podrían penetrar profundamente, tal como lo hacen en la cercana Cueva del Samán y otras cuevas del país. Inversamente, los obstáculos indicados crean un gradiente abrupto para la circulación de masas de aire en el interior de la cueva. El ambiente intermedio resulta bien ventilado por la existencia de otras pequeñas bocas, además de B1, entre las que se establecen corrientes de aire; mientras que en el ambiente profundo la renovación de aire es más lenta, tratándose de un ambiente mucho más confinado, con mayor tenor de CO₂. Un lateral de la galería del río, hábitat típico de los cangrejos troglobios *Chaceus caecus*, presenta un inusual alto contenido de depósitos arcillosos, ricos en materia orgánica, y el cauce del pequeño hilo de agua que lo recorre posee crecimientos filamentosos de colonias de algas y bacterias, geles de hidróxidos de hierro, y metano o gas de los pantanos que burbujea al pisar el sedimento blando, estos últimos producto del metabolismo bacterial. Probablemente estas condiciones propicias para la producción quimioautótrofa y descomposición de materia orgánica constituyen una singularidad de esta galería, pero pueden también presentarse en menor grado en otros puntos con depósitos sedimentarios de similares características. Lo cual agrega a la trama ecológica de la cueva biotopos adversos, adecuados para sostener organismos extremófilos y troglobios especializados.

RESUMEN DE DATOS CLIMATICOS E HIDROQUIMICOS

Los sensores Hobo fueron dispuestos en 4 puntos a lo largo de la cueva, registrando datos continuos desde las 10 horas del 12/04/2008 hasta las 12:30 horas del día 13/04/08. El Hobo 1, dispuesto en la proximidad del sifón terminal, registró una temperatura constante de 22,8°C, con humedad relativa del 99,9% (con punto de rocío de 22,8). El Hobo 2 fue dispuesto en una playita en la parte central de la galería del río, a 1 km de la entrada, y registró también una temperatura constante de 22,5°C, con humedad relativa del 98% (y punto de rocío de 22,2). El Hobo 3, dispuesto en el salón principal con guácharos del ambiente intermedio, registró leves oscilaciones de temperaturas, de 21,3°C a 21,7°C, con humedad relativa de 97,6% a 99,4% (puntos de rocío de 21,2 a 21,6). El Hobo 4, dispuesto en la boca B1 (zona de penumbra, del ambiente superficial), registró oscilaciones de 21°C a 21,3°C, con humedad relativa de 97,3% a 100% (puntos de rocío de 20,5 a 21,3), alcanzando valores de sobresaturación en las primeras horas nocturnas. Un resumen de datos de temperatura es presentado en la Tabla 1.

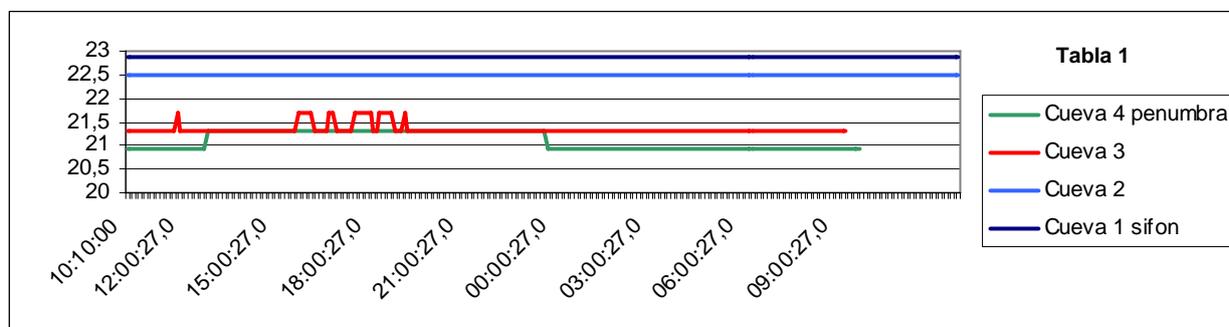


Tabla 1. Variaciones de temperatura (en °C) en las distintas partes de la cueva. En abscisas, horas; en ordenadas, T en °C.

Una síntesis de datos hidroquímicos es presentado en la Tabla 2. Los valores de K, Mg y Ca son los normales para aguas kársticas de la región. La conductividad refleja un alto contenido en nutrientes, materia orgánica y productividad.

Muestra	Conductividad m mohs/cm ²	K ppm	K mol/m ³	Mg ppm	Mg mol/m ³	Ca ppm	Ca mol/m ³	Na ppm
Agua entrada	0,279	1,033	0,026	5,104	0,210	0,984	0,614	n/d
Agua media	0,278	1,049	0,027	5,182	0,213	0,978	0,610	n/d
Agua fondo	0,278	1,039	0,027	5,179	0,213	0,933	0,582	n/d

Tabla 2. Principales parámetros químicos de muestras de agua tomadas en distintas partes de la cueva.



Toma de muestras en praderas de semillas germinadas (para su estudio en laboratorio con el método de Berlesse) y colecta directa de fauna en la periferia de los depósitos de semillas y guano de guácharos. Nótese la altura que alcanzan las plántulas depigmentadas, la fuerte pendiente de los depósitos de semillas y su abrupta terminación sobre el cauce inferior, donde las crecidas lavan los rellenos de semillas cada vez que aumenta el nivel de las aguas.

BIODIVERSIDAD

INVENTARIO DE MACROFAUNA CAVERNÍCOLA (CAPTURAS DIRECTAS)

Excluyendo la fauna contenida en los depósitos de semillas y guano de guácharos (objeto de estudio volumétrico) y la microfauna terrestre y acuática (no abordada en este estudio), en este apartado presentamos un inventario (corregido y ampliado) de los taxa encontrados. Previamente (Galán et al, 2008a) habían sido reportadas 58 especies de macrofauna, que en esta nota se elevan a 72 especies (56 invertebrados y 16 vertebrados). Para cada grupo es dado un resumen de sus principales características ecológicas y morfológicas. Se indica entre paréntesis el número de especies del grupo zoológico, seguido del total acumulado.

Oligochaeta. (2; s 2). En los depósitos de arena y cantos rodados a lo largo del río (ambiente profundo) fueron encontrados anélidos oligoquetos en bajo número. Estos incluyen una especie completamente depigmentada (de color blanco brillante) y con metámeros conspicuos, de 12 mm de talla. Se trata de una nueva especie troglobia de la familia Enchytraeidae. Existe además una segunda especie, troglófila, de mayor talla y pigmentada, cf. *Amyntas hawaianus* (familia Megascolecidae).

Mollusca. (2; s 4). Fueron halladas dos especies troglófilas de caracoles *Stylommatophora* Subulimidae (vivos y sus conchas) en las playas de guijarros del curso del río y en la superficie y periferia de los rellenos de guano de guácharos.

Isopoda. (2; s 6). En el ambiente profundo fue hallada una especie troglobia de isópodo terrestre, cf. *Prosekia* sp. (familia Philosciidae). Es completamente depigmentada, de 2-4 mm de talla y posee ojos vestigiales, apenas perceptibles (en algunos ejemplares se consigue distinguir 3 ocelos diminutos de cada lado, de tonos ligeramente rojizos). Habita entre guijarros y sedimentos finos de los bancos del río, cerca de depósitos dispersos de materia orgánica. Una segunda especie, troglófila, cf. *Trichorina tomentosa* (familia Platyarthridae), es frecuente en el ambiente intermedio, bajo piedras y entre los sedimentos cerca del guano de guácharos. Esta posee grupos de ocelos negros, bien visibles, cuerpo blanco y talla ligeramente mayor (5-6 mm).

Decapoda. (3; s 9). Fue hallada una numerosa población del cangrejo *Pseudothelphusidae* *Chaceus caecus*, especie troglobia que habita también en otras cuevas de las cuencas del Guasare y Socuy. Previamente en Los Laureles había sido observada la especie en bajo número (escasos ejemplares), a lo largo del curso del río, pero en esta ocasión descubrimos una población numerosa en una galería afluyente con ingentes depósitos de arcilla, y crecimientos de colonias filamentosas de algas y bacterias, en la zona profunda. Los escasos ejemplares observados en la galería del río invariablemente se asociaban a playas con arcilla y proximidad de restos orgánicos, aunque durante sus desplazamientos deambula también sobre las paredes rocosas libres de sedimentos, cerca del agua. De la misma familia (*Pseudothelphusidae*), fue observada otra especie, *Hypolobocera bouvieri angulata*, troglófila de talla media. Y se encontraron restos (quelas) de una tercera especie, de talla grande y pigmentada, en varios puntos del río; probablemente se trata de la especie troglófila *Chaceus motiloni*.

Pseudoscorpiones. (1; s 10). En la superficie de un depósito de semillas germinadas fue hallada una nueva especie troglobia de pseudoescorpión de la familia Cheiridiidae, de 8 mm de talla. Carece de ojos y de pigmentación melánica (sólo color ámbar en las partes más quitinizadas), su cuerpo y patas son elongados, y posee pedipalpos robustos pero elongados. Este hallazgo constituye el primer reporte de troglobios de este grupo zoológico para la fauna de Venezuela.

Schizomida. (1; s 11). En la zona más profunda de la cavidad, cerca del sifón, fue encontrado sobre sedimentos arcillosos un representante del orden Schizomida (antes suborden del orden Uropygi), de pequeña talla (3,5 mm), con apéndice caudal corto, depigmentado y carente de ojos, perteneciente a la familia Schizomidae y posiblemente al género *Schizomus*. Se trata de una nueva especie, primer representante troglobia para este grupo hallado en Venezuela.

Amblypygi. (1; s 12). A lo largo de las paredes de la cavidad habita una numerosa población de frinos de la familia Charontidae, la mayoría de ellos en la proximidad de los depósitos de guano de guácharos pero también en muchos otros puntos con concentraciones de fauna, especialmente ortópteros Rhabdophoridae, sobre los cuales predan. Aunque requiere un examen más detallado, se observan ejemplares con leves diferencias en pigmentación. La especie es de talla grande, oculada y con pigmentación oscura; se trata de una forma troglófila afín a *Charinus (Speleophrynus) bordoni*, de la cuenca del Guasare.

Araneae. (9; s 21). Las arañas constituyen un grupo de predadores muy bien representado en todos los ambientes de la cueva. Previamente separamos seis especies, cinco de ellas troglófilas y una troglobia (depigmentada, estilizada y anoftalma). Una revisión más detallada ha mostrado la presencia de al menos 9 especies: 3 especies de Theridiidae, 2 especies de Sicariidae, 1 especie de talla grande de Dipluridae, 1 especie indeterminada de otra familia distinta (psb. Oonopidae o Scytodidae, pero es difícil de definir porque los ejemplares colectados son inmaduros), y 1 especie troglófila de Sparasiidae. En total suma 8 especies troglófilas. La forma troglobia, que preliminarmente señalamos como psb. próxima a la familia Barychelidae, pertenece a la familia Sparasiidae, pero es muy distinta a la forma troglófila. Esta habita en el ambiente profundo, carece completamente de ojos y la zona ocular del cefalotórax posee tegumentos translúcidos con crecimiento de pequeñas cerdas o pelitos incoloros. Este hallazgo constituye el primer reporte de araneidos troglobios para Venezuela.

Opiliones. (4; s 25). En la zona profunda fueron halladas dos especies troglobias de opiliones de la familia Agoristenidae, probablemente adscribibles al género *Trinella*. Las dos son muy estilizadas y carecen completamente de ojos, siendo una de ellas blanca (cf. *Trinella troglobia* Pinto Da Rocha, 1996) y la otra, levemente más robusta, de tenue coloración corporal anaranjada, pero igualmente sin ojos ni vestigio de ellos. Dos especies troglófilas adicionales de la familia Phalangodidae, oculadas y pigmentadas, fueron colectadas en el ambiente intermedio (una de color negro con manchas amarillas en la parte posterior del cefalotórax y otra gris de pequeña talla).



Dos especies de quirópteros de la Cueva Los Laureles (arriba *Lonchorhina aurita*, Phyllostomidae, de largo apéndice nasal; debajo el Mormoopidae *Pteronotus parnellii*) y el crustáceo decápodo *Chaceus caecus* (cangrejo troglobio de la familia Pseudoscorpionidae, debajo derecha).

Diplopoda. (1; s 26). Fueron hallados milpiés de pequeña talla, posiblemente Ophistospermomorpha, depigmentados y carentes de ojos, en la zona profunda, asociados a los detritos de madera muerta y residuos vegetales aportados por las crecidas. Se trata sin duda de una nueva especie troglobia y primer reporte de troglóbios para este grupo en Venezuela.

Chilopoda. (1; s 27). Ciempiés Scutigermomorpha, probablemente de la familia Scutigeridae, son representantes habituales de la fauna parietal a lo largo de la toda la cavidad. Parece tratarse de una única especie troglófila, depredadora de otros pequeños invertebrados.

Collembola. (1; s 28). Una nueva especie troglobia de Collembola Entombryomorpha, de la familia Tomoceridae, fue hallada en la zona profunda. Habita entre los cantos rodados de los bancos de arena del río, donde aparentemente utiliza detritos vegetales y materia orgánica. Es de pequeña talla (LT: 0.5-0.8 mm), depigmentada y anoftalma. Se considera que no tiene relación con colémbolos de otras familias asociados a los depósitos de guano de guácharos.

Blattodea. (1; s 29). En bajo número fue hallada una especie troglófila, pigmentada (coloración marrón oscuro) y oculada, de blatario de 2 cm de talla, asociada o en la proximidad de semillas y guano de guácharos.

Orthoptera. (2; s 31). Este grupo, muy abundante en la cavidad, aportó otra sorpresa singular. En la cueva existen dos especies de Rhaphidophoridae. Una troglófila (oculada y pigmentada), asociada al guano de guácharos en el ambiente intermedio, y otra troglobia, de distintos biotopos con materia orgánica en la zona profunda. Esta última, de menor talla, presenta depigmentación acentuada y carece completamente de ojos. La especie troglobia, nuevo hallazgo para este grupo, es abundante a todo lo largo de la galería del río, y debe desempeñar un importante papel en la ecología de la cueva. Nuestra sorpresa fue mayor al verificar que acude con prontitud a los cebos, siendo un detritívoro voraz. Ejemplares pequeños y huevos se encuentran con frecuencia entre guijarros y arena en los bancos del río. Probablemente su alto número sirve de soporte trófico a varias otras especies de troglóbios predadores. Su adscripción a Raphidophoridae suscita algunas dudas, por lo que es del todo provisional.

Thysanoptera. (1; s 32). Ejemplares de una especie troglófila de Phlaeothripidae fueron hallados entre gravas con restos de materia orgánica vegetal.

Neuroptera. (1; s 33). Fueron hallados en bajo número ejemplares indeterminados de neurópteros pigmentados y oculados, aparentemente troglófilos. Aunque el hallazgo es en zona profunda es posible que se trate de elementos arrastrados del ambiente intermedio o de superficie por las crecidas, ya que se encuentran junto a materia de origen vegetal (madera y semillas).

Odonata. (1; s 34). Náyades de Odonata, indeterminados, fueron encontrados en bajo número entre sedimentos en algunas playas del río. Puede tratarse, como en el caso anterior, de fauna acuática arrastrada desde superficie.

Ephemeroptera. (1; s 35). Náyades y adultos de aparentemente una única especie de Ephemeroptera (de cuerpo blanco, con ojos rojos) son habituales a lo largo del río. Se trata de una forma troglófila con larvas acuáticas.

Isoptera. (1; s 36). Termitas troglófilas de la familia Termitidae, aún no identificadas a nivel específico, son comunes sobre residuos de madera muerta, en descomposición, en varias zonas de la cueva. Cabe señalar que muchos restos orgánicos de madera poseen frecuentes crecimientos de micelios de hongos, de distinto tipo, por lo que las colonias de hongos pueden ser una importante fuente de alimento para diversas especies micófagas.

Hymenoptera. (3; s 39). Fueron hallados dos especies troglófilas de himenópteros, de las familias Agaonidae y Diapriidae (previamente citadas como cf. Ichneumonidae). Son avispidas de pequeña talla y largo apéndice caudal, comunes a todo lo largo de la cueva, sobre muy diversos sustratos. Una tercera especie, de hormigas Formicidae, de color marrón-rojizo claro, circulan en hilera entre los depósitos de guano de guácharos y grietas de la roca-caja, probablemente en comunicación con superficie. Se trataría de una forma subtroglobia.

Diptera. (9; s 48). Una revisión más detallada del material colectado de dípteros nos ha permitido identificar 8 taxa troglófilos distintos, pertenecientes a las familias: Asteiidae, Chloropidae (2 especies distintas), Dolichopodidae, Drosophilidae (2 especies, una de ellas de ojos rojos), Phoridae, y Sciaridae. Todas ellas frecuentan la zona profunda, alimentándose probablemente sobre restos orgánicos y micelios de hongos. Adicionalmente, fue hallada una especie de díptero pupíparo de la familia Streblidae, ectoparásito de los murciélagos *Lonchorhina aurita* y *Pteronotus parnellii*. En ambas especies de murciélagos fueron hallados 1 á 4 ejemplares de Streblidae por ejemplar de murciélago.

Lepidoptera. (1; s 49). Una especie de Microlepidoptera no identificada fue hallada en bajo número en la asociación parietal del ambiente intermedio. Otras especies de microlepidópteros fueron observadas y están mejor representadas en las muestras del guano de guácharos.

Coleoptera. (7; s 56). Una revisión más detallada del material colectado ha permitido separar al menos siete especies de pequeños coleópteros, de las familias: Dryopidae, Carabidae (dos especies), Ptilodactylidae, Staphylinidae (dos especies) y Limnichidae. Todas ellas son troglófilas. Su identificación definitiva requerirá el examen por taxónomos especialistas en coleópteros. En el ambiente profundo son conspicuas tres especies de pequeña talla (Dryopidae, Staphylinidae y Ptilodactylidae) que deambulan entre los guijarros y sedimentos finos de los bancos del río, pero todas ellas son formas oculadas y pigmentadas.

Pisces. (6; s 62). Han sido colectadas u observadas un total de seis especies de peces, una de ellas la forma troglobia *Ancistrus galani* (Loricariidae), hasta ahora sólo conocida de esta cavidad. Las cinco especies restantes son troglófilas muy comunes y abundantes en la cueva en el ambiente intermedio, pero también penetran a lo largo del río. Este grupo incluye a: *Lasiancistrus maracaiboensis* (Loricariidae), *Hoplias malabaricus* (Erythrinidae), *Trichomycterus* sp. (Trichomycteridae), una especie indeterminada de Erythrinidae de la que colectamos 3 ejemplares de pequeña talla, y psb. *Pimelodella chagresi* (Pimelodidae). La última especie, de talla grande, fue observada fugazmente en aguas profundas, por lo que su identificación



El pez troglobio *Ancistrus galani* (Loricariidae) y detalles de capturas de peces con malla en el río subterráneo. En la imagen superior izquierda, se observa en la roca-caja fósiles de ostras, característicos de la caliza de la Formación Maraca, Grupo Cogollo (de edad Cretácico temprano). En la imagen inferior izquierda, muestreo de sedimentos en playas del río para estudio en laboratorio de fauna intersticial.

requiere ser confirmada. De todas las especies se encuentran adultos y juveniles, lo que indica que su ciclo se completa en la cueva. *Ancistrus galani* es un troglobio depigmentado, que posee vestigios de ojos, muy reducidos, recubiertos por la piel, probablemente no funcionales; es la especie más lenta, con menores reacciones de escape y predomina en el ambiente profundo. Los ejemplares de *Hoplias* (guabina) y el Pimelodidae alcanzan tallas grandes (hasta 15-20 cm)

Amphibia. (1; s 63). Durante la salida sólo fue observado un ejemplar de *Bufo marinus* (Bufonidae), sapo troglógeno de talla grande, probablemente arrastrado por las aguas subterráneas. Aparentemente gozaba de buena salud, seguramente debido a que encontraba suficiente alimento entre los invertebrados de la cueva.

Reptilia. (2; s 65). El hallazgo de reptiles es accidental y se trata de troglógenos que frecuentan la zona de entrada. Hasta la fecha han sido reportadas dos especies: *Bothrops atrox atrox* (Viperidae) y *Lampropeltis sp.* (Colubridae).

Aves. (2; s 67). En la cavidad habita una población de guácharos *Steatornis caripensis* (Caprimulgiformes: Steatornithidae), censada en 200 ejemplares adultos que habitan en varios grandes salones y galerías del ambiente intermedio. Para el momento de la salida estaban en época de cría y varios de los nidos observados tenían 2-3 pichones, que aún no volaban, con plumón juvenil. Cabe señalar que aunque la colonia de guácharos aporta, como en otras cuevas, importantes cantidades de frutos y semillas, los rellenos de guano no son de gran volumen ni espesor, debido a que la sección transversal de las salas y galerías es de fuerte pendiente y su base es lavada continuamente por las aguas subterráneas, que arrastran los rellenos hacia el interior, fertilizando el ambiente profundo. El espesor de los rellenos de guano de guácharos es del orden de 20-30 cm y la alta humedad determina la germinación de las semillas caídas, dando lugar a llamativas praderas de plántulas depigmentadas. Este ambiente es poblado por una nutrida representación de invertebrados, la cual será descrita en otro apartado. Adicionalmente, en la zona de entrada de la amplia boca B1 fue hallada una especie de colibrí (Apodiformes: Trochilidae) que nidifica en oquedades de las paredes rocosas.

Mammalia. (5; s 72). En el ambiente intermedio e inicio de la galería del río habitan tres especies de quirópteros: *Pteronotus parnellii* (Gray, 1843) (Mormoopidae), *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863 (Phyllostomidae), y *Phyllostomus hastatus* Pallas, 1767 (Phyllostomidae). La primera especie es insectívora y se distribuye en dos grupos, uno de 40-50 ejemplares en un salón y pequeñas galerías del ambiente intermedio y otro de 200 ejemplares en el primer tramo de bóveda baja del río, pero no penetra más hacia el interior. Previamente no había sido observada ninguna colonia numerosa de quirópteros en la cueva, por lo que parece que *Pteronotus parnellii* se encuentra en activo proceso de colonización de la cavidad. De los tres ejemplares colectados dos eran hembras y se encontraban en estado de gestación. No obstante la zona que habita el grupo mayor se inunda en época de lluvias, por lo que la colonia deberá desplazarse a otros sitios.

Lonchorhina aurita es una especie que se alimenta de insectos, invertebrados y eventualmente algunas frutas, siendo conspicua su larga hoja nasal (que sobrepasa el extremo de las orejas). Se encuentra en bajo número (fueron observados 4-5 ejemplares, de los que logramos colectar un ejemplar macho) en el inicio del río.

Phyllostomus hastatus es una especie robusta, básicamente frugívora, pero que también es parcialmente carnívora e insectívora, alimentándose de pequeños vertebrados y algunos insectos de talla grande. Se encuentra en la parte alta de un salón y en la proximidad de la boca B2, habiendo sido estimada su población en 12 ejemplares. Su guano incluye semillas características y alberga fauna asociada.

Como ha sido mencionado, las dos especies colectadas (*Pteronotus parnellii* y *Lonchorhina aurita*) tenían como ectoparásitos ejemplares de dípteros Streblidae. La mayor parte del guano de quirópteros es de tipo insectívoro y es aportado a las aguas del río subterráneo, sin dar origen a acumulaciones importantes. En esta salida no fueron observados otros mamíferos en la cavidad, siendo llamativa la ausencia de pequeños roedores. Ello probablemente se deba al escaso espesor de los depósitos de semillas y guano de guácharos, a su rápida descomposición por la elevada humedad, y al lavado y arrastre de los rellenos en períodos de aguas altas. En otras ocasiones han sido vistos picures *Dasyprocta punctata* (Dasyproctidae) y agoutí o lapas *Agouti paca* (Agoutidae), roedores de talla mediana a grande que eventualmente acuden a beber a la cueva.

Resumen 1. El total de macrofauna correspondiente a capturas directas suma 72 taxa (56 invertebrados y 16 vertebrados). 12 de ellos son troglobios, una especie de pez Loricariidae y 11 especies de invertebrados, en los siguientes grupos: Oligochaeta, Isopoda, Decapoda, Pseudoscorpiones, Schizomida, Araneae, Opiliones (2 especies), Diplopoda, Collembola, y Orthoptera.

INVENTARIO DE MACRO Y MEIOFAUNA DE LOS DEPOSITOS DE SEMILLAS Y GUANO DE GUACHAROS

En la cavidad fueron tomadas 5 muestras volumétricas (de 0,0625 m² de superficie y 10 cm de profundidad) de los depósitos de restos de frutos y semillas aportados por los guácharos. Por debajo de los 10 cm de profundidad los materiales orgánicos están muy degradados, con aspecto de tierra fina, y desprovistos prácticamente de macrofauna. El material colectado fue revisado en laboratorio, primero manualmente (para apartar los ejemplares de mayor talla) y luego las muestras fueron procesadas mediante el método de embudos de Berlesse. La fauna extraída fue objeto de conteo numérico y separación taxonómica suplementaria. Presentamos a continuación los resultados para el conjunto de fauna así obtenida, ordenada por grupos taxonómicos e incluyendo algunos comentarios ecológicos.

Mollusca. (2; s 2). Fueron halladas dos especies de moluscos Gastropoda cf. Subulimidae, de las mismas especies citadas como troglófilas en el apartado de capturas directas. Las mismas son abundantes (promedio de 38 ejemplares por muestra, con un máximo de 80 individuos en una de ellas), con una densidad en el guano de 611 individuos / m².

Araneae. (1; s 3). Fueron hallados tres ejemplares de araneidos juveniles (inmaduros, no identificables).

Acari. (17; s 20). Se han separado 17 morfotipos de ácaros en el total de muestras del guano. En general se trata de formas diminutas, de entre 0.5 y 1 mm (el rango total va de 0.1 á 1.4 mm). Los taxa identificados se incluyen en 4 subórdenes. Algunas familias probablemente representadas (pero que requiere ulterior confirmación por taxónomos especialistas en ácaros) son las siguientes: Suborden Mesostigmata: familias Macrochelidae, Digamasellidae, Uropodidae. Suborden Prostigmata: Bdellidae, Thrombidiidae. Suborden Cryptostigmata: Sphaerochthoniidae, Hypochthoniidae, Pelopidae?, Archipteriidae, Oropodidae, Licaridae. Suborden Astigmata: Anoetidae, Saproglyphidae, Acaridae, Carpoglyphidae.

Ecológicamente, los 4 subórdenes identificados, contienen representantes de hábitos muy diversos. En los Mesostigmata predominan las formas saprófagas y depredadores terrestres de otros artrópodos pequeños. En Prostigmata (suborden que incluye muchas formas marinas y de agua dulce), las formas terrestres son principalmente zoófagas, predadores de artrópodos pequeños y huevos de insectos. Los Cryptostigmata representan el mayor número de especies de artrópodos que habitan en la hojarasca y en el suelo, y son por lo tanto muy importantes en las cadenas tróficas que conducen a los descomponedores finales; básicamente son fitófagos y saprófagos. Los Astigmata en su mayoría son saprófagos y fungívoros; algunos zoófagos; habitan desde suelos húmedos hasta ambientes secos, alimentándose de frutos secos, frutas, semillas, hongos y materia orgánica en descomposición.

Los morfotipos más abundantes en las muestras son, en orden decreciente: Acari sp.15 (Cryptostigmata), Acari sp.10 (Astigmata), Acari sp.9 (Mesostigmata), Acari sp.5, (Mesostigmata), Acari sp.7 y sp.8 (Prostigmata), etc. En conjunto, los Cryptostigmata representan más del 50% en nº de ejemplares, y los Mesostigmata incluyen el mayor número de especies o morfotipos distintos. El número de ácaros por muestra es extraordinariamente elevado (promedio de 172 ejemplares por muestra, con un máximo de 504 individuos en una de ellas), con una densidad en el guano de 2.752 individuos / m².

Collembola. (2; s 22). Se hallaron en bajo número dos especies de colémbolos: una especie de Poduroidea Hypogastruridae, depigmentada pero sin troglomorfo apreciable, y otra especie de Entomobryoidea psb. Tomoceridae, no troglomorfa, y distinta a la especie troglobia de Tomoceridae citada del ambiente profundo en capturas directas. En ambos casos se trata de especies que no son claramente troglomorfas (su morfología es similar a la de colémbolos edáficos), por lo que los consideramos troglófilos.

Blattodea. (2; s 24). Fueron halladas dos especies de Blattodea, la troglófila ya citada de capturas directas (más grande y pigmentada), y otra especie de pequeña talla, depigmentada y microftalma, que puede considerarse troglobia. Esta última alcanza 5 mm de talla; los ejemplares son adultos, con alas desarrolladas, largas antenas, cuerpo depigmentado y presencia de ojos diminutos pero pigmentados (forma microftalma). Los ejemplares son completamente diferentes a los de la especie troglófila y el conjunto de caracteres, para su grupo, nos inclina a considerar que es una forma troglobia, tan troglomorfa como otras especies troglobias descritas de Blattodea. Este hallazgo constituye la segunda especie troglobia de Blattodea reportada para Venezuela (la primera, *Paranocticola venezuelana* Bonfils, Blattellidae, es también una forma troglobia microftalma).

Thysanoptera. (1; s 25). Fueron hallados cinco ejemplares de una especie de Thysanoptera de la familia Thripidae (distinta a la citada de capturas directas, perteneciente a la familia Phlaeothripidae).

Hymenoptera. (1; s 26). Fueron hallados ejemplares adicionales de la especie de Formicidae ya citada en capturas directas.

Homoptera. (1; s 27). Fueron hallados ejemplares de Homoptera Cicadellidae, grupo no citado previamente.

Diptera. (2; s 29). Fueron halladas larvas de dípteros Tipulidae (familia no citada antes) e imagos de Drosophilidae (ya citados), en bajo número.

Lepidoptera. (1; s 30). Fue colectada una segunda especie de microlepidóptero, de pequeña talla.

Coleoptera. (4; s 34). Fueron halladas diversas larvas de coleópteros, de 3 familias distintas (Cryptophagidae, Histeridae y Curculionidae), y adultos de una cuarta especie de Latridiidae de la subfamilia Corticarinae.

Resumen 2. Del total de 34 taxa hallados en el guano de guácharos, 6 taxa ya han sido citados para capturas directas y 28 representan taxa adicionales (nuevos reportes para la cueva), de los cuales 17 corresponden a ácaros y 11 a los restantes grupos. Destaca la alta representación numérica de ácaros, moluscos, y larvas de coleópteros. No obstante, en comparación con la fauna asociada al guano de guácharos habitualmente observada en otras cuevas del país, la abundancia y diversidad de fauna guanífera es muy baja. En cambio, ha resultado de interés el hallazgo de una especie troglobia adicional de Blattodea, grupo que habitualmente no incluye troglobios. Esto hace que el total de especies para la fauna de la cueva de Los Laureles ascienda a 100 especies colectadas (72 de capturas directas + 28 de las muestras de guano), 13 de las cuales son troglobios.

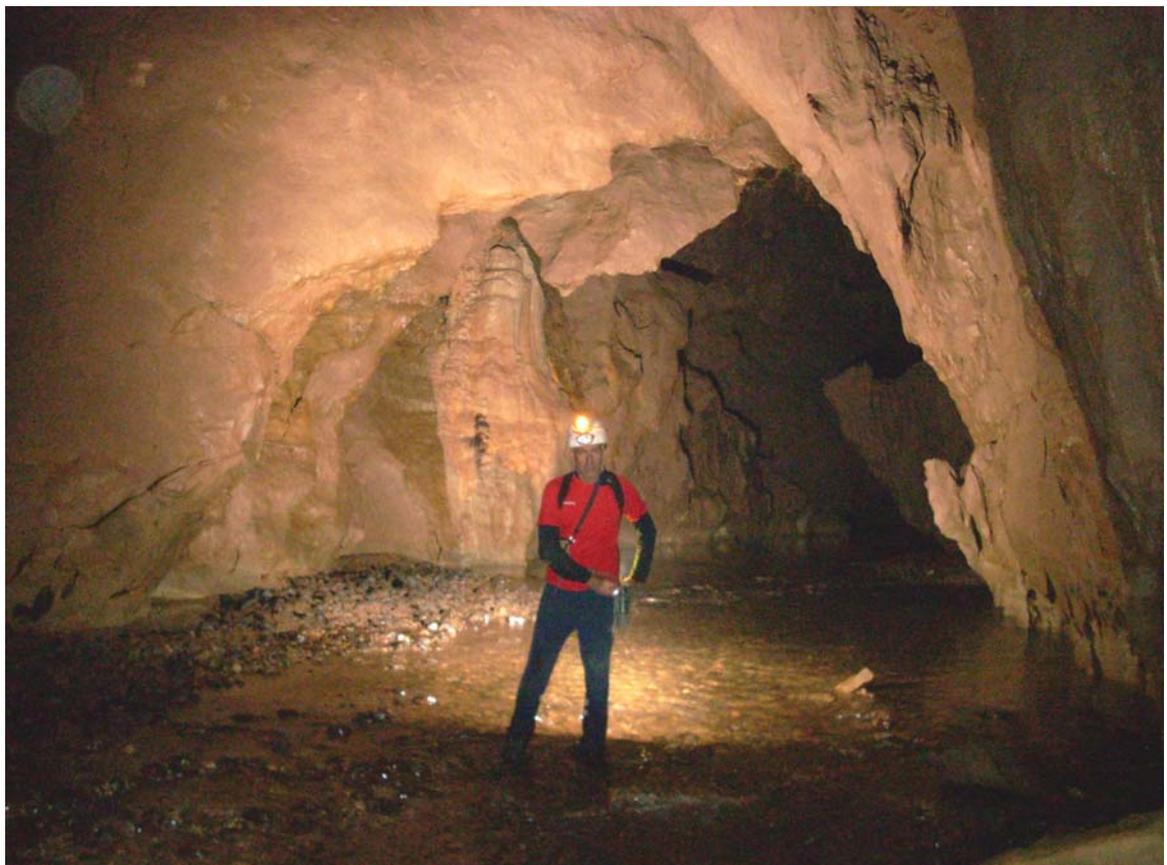
REFERENCIAS ADICIONALES Y BIODIVERSIDAD GLOBAL

De otras prospecciones efectuadas previamente en Los Laureles (SVE, 1991, 1999; Galán, 1991, 1995; Galán & Herrera, 2007; Pérez & Viloría, 1993; Viloría et al., 1992; Trajano & Gnaspini, 1993) han sido reportados 12 taxa troglófilos adicionales, no hallados en la cueva durante el presente estudio. Estos pertenecen a los siguientes grupos:

Araneae: Theridiosomatidae (*Plato* sp.). Dermaptera, indeterminado. Diptera: Psychodidae; Chironomidae (larvas). Coleoptera: Leiodidae (Scocryptini); Scydmaenidae; Elmidae (larvas); Nitidulidae; Discolomidae; Carabidae (Bembidini Tachyina), Carabidae (Lebiini Pericalina cf. *Catascopus* sp.). Mammalia: Rodentia, Muridae cf. *Rhipidomys*.

Esto eleva el total de especies reportadas para la cueva a 112 taxa (100 del presente estudio + 12 referencias adicionales). De ellas, 13 son formas troglobias y más de quince probablemente constituyen especies nuevas para la Ciencia.

Por consiguiente, es de destacar la alta diversidad faunística que encierra el ecosistema de la Cueva de Los Laureles (la cual, como ha sido dicho, no incluye su microfauna) y, sobretudo, la alta diversidad de troglobios, que multiplica en varias veces los



Río subterráneo de la Cueva de Los Laureles. Zona profunda.

reportes más ricos en fauna troglobia de otras cuevas de Venezuela, superándolos ampliamente. Podríamos decir que hasta ahora, resultaba casi notable hallar 2 ó 3 especies troglobias en una cueva individual. Dicha apreciación cambia por completo con el presente estudio y más bien sugiere que la rareza del hallazgo de troglobios se ha debido al escaso tiempo del que se ha dispuesto durante las exploraciones espeleológicas para prospectar detalladamente la fauna de las cavidades. Es por lo tanto por demás probable que futuras prospecciones -con similar metodología- aporten resultados comparables en otros karsts y cavernas del país.

BIOMASA Y ABUNDANCIA NUMERICA

Las especies que viven en el ecosistema de Los Laureles están desigualmente representadas. Algunas son muy abundantes, otras raras. Algunas incluyen millones de individuos, otras sólo decenas. De igual modo su peso relativo en el balance global de biomasa es muy variable. En animales de pequeño tamaño, como artrópodos cavernícolas, los datos de biomasa resultan más claros y fáciles de entender que los referidos al número de individuos, ya que las especies de pequeña talla aunque puedan ser muy numerosas representan en peso una fracción mucho menor que pocos ejemplares de especies de talla grande. El objeto de este trabajo es dar una visión tanto de la abundancia numérica de las poblaciones de las distintas especies y grupos zoológicos, como de su biomasa, y a la vez aportar información cuantitativa que sirva para comparar los datos de esta cavidad con las de otras cavernas en otras regiones del país y del globo.

La metodología utilizada ha sido expuesta en detalle en un trabajo preliminar previo (Galán et al, 2008b). Sintéticamente diremos que se ha utilizado un sistema de observación y muestreo estratificado (Chapman, 1954), cubriendo los diferentes biotopos de la cueva. En cada uno de ellos se seleccionaron áreas menores de conteo por cuadrículas del número de individuos de las distintas especies y grupos taxonómicos. Los conteos fueron replicados 4 veces en cada lugar o estrato seleccionado; los lugares seleccionados por biotopo ascienden en la mayoría de las ocasiones a 12-20 sitios para el conjunto de la cueva. Las observaciones y conteos fueron realizados de modo independiente por cuatro biólogos y los datos fueron contrastados entre los integrantes del equipo. El análisis de los primeros resultados mostró que las observaciones y conteos se mantuvieron en unos límites aceptables, con valores medios tanto en exactitud como en grado de precisión (Yates, 1963; Calabuig, 2004).

El área prospectada en la cueva comprende 1,8 km de desarrollo de galerías (hasta el primer sifón), con una superficie total de 26.580 m², la cual incluye 8.720 m² de superficie de paredes hasta 2 m de altura y 17.860 m² a nivel de suelos y superficie del agua. El cálculo de superficies para los distintos biotopos se basó en la medición con planímetro de la topografía de la cueva (SVE, 1991, 1999), corregida con datos de campo. Se calcularon, en diversas combinaciones, las áreas habitadas por las distintas especies. Los datos de los muestreos por cuadrículas fueron ponderados hasta obtener valores medios de densidad para el conjunto del sustrato utilizado por las especies (o grupos de especies). Los valores obtenidos de superficie ocupada y densidad de individuos, son así valores medios ponderados y son presentados en la Tabla 3. Localmente, la densidad de individuos varía entre estratos, estando muy lejos de ser uniforme, pero ello ha sido tomado en cuenta en los cálculos. Los datos presentados constituyen así una ajustada aproximación al tamaño real de las poblaciones presentes en la cueva durante la campaña de muestreo. La precisión aumenta al considerar la biomasa, ya que el peso relativo de las especies de invertebrados de pequeña talla influye poco en el balance global de biomasa (como puede apreciarse en las Tablas 3 á 5).

Los datos obtenidos del muestreo volumétrico en los depósitos de semillas y guano de guácharos son muy exactos, pero al referirlos por unidad de área también incluyen cierto grado de irresolución ya que la delimitación de la periferia de tales depósitos no siempre resulta neta.

No obstante, tal vez la mayor fuente de imprecisión reside en que los métodos de muestreo directo sólo están en contacto con una parte de los efectivos poblacionales visibles en la cueva en un momento dado. A diferencia de los grandes vertebrados, que pueden ser observados y censados en el espacio de una cueva con cierta facilidad, las poblaciones de artrópodos cavernícolas residen en gran parte en mesocavernas y ambientes crípticos muy heterogéneos, por lo cual sólo una parte de sus efectivos es observable en un momento dado en las galerías o macrocavernas que prospectan los bioespeleólogos. Las especies cavernícolas se localizan en biotopos determinados, no en toda la cueva, y dentro de ellos su distribución se presenta en agregados, condicionados estos por factores tales como la presencia de lugares aptos para el descanso y la reproducción, la existencia de concentraciones de materia orgánica que sirve de alimento a detritívoros, o la presencia de concentraciones de estos últimos susceptibles de servir de alimento a especies predatoras. A ello se suma que la mayoría de las especies realiza desplazamientos exploratorios en busca de recursos tróficos o requerimientos ecológicos de otros tipos. En suma, que en un momento determinado, cuando se efectúa la prospección, puede encontrarse cierto número de individuos de las distintas especies distribuidos a lo largo de la cueva de modo muy desigual y, sobre todo, inhomogéneo, lo que se traduce en definitiva en una distribución en agregados, que es lo que habitualmente predomina en taxocenosis bajo condiciones naturales (Margalef, 1972; Howarth, 1983).

Los efectivos poblacionales de una especie en una cueva o sistema kárstico pueden además fluctuar estacionalmente en la cueva. Esta fluctuación es debida esencialmente a un turn-over de individuos entre la cueva y la red de mesocavernas y cavidades inaccesibles al hombre (Delay, 1975; Racovitza, 1971). Estudios de marcaje-recaptura efectuados sobre cavernícolas de zonas templadas (por ejemplo, en los Pirineos y Cárpatos, en Europa) confirman que los efectivos que es posible estudiar en las grutas no representan más que un 5 á 10% del total y sólo corresponden a las poblaciones que están en relación con las grutas en los momentos de marcaje (Juberthie & Decú, 1994). Por todo ello resulta difícil inferir el tamaño real total de las poblaciones y su biomasa. No obstante, si las extrapolaciones son explicitadas (basándose en lo conocido sobre la biología de los organismos) y

son efectuadas con similares criterios para la fauna de distintas cuevas, su valor comparado es alto y perfectamente fiable. Nuestros datos globales de biomasa para el conjunto de la cavidad son de este tipo y serán expresados también por unidades de área y por hectómetro lineal de galerías, a fin de permitir comparaciones con cavidades de diferentes dimensiones en distintas regiones del país.

DATOS DE BIOMASA PARA LOS DISTINTOS GRUPOS ZOOLOGICOS

Los resultados obtenidos son presentados de modo sintético en la Tabla 3, sobre la cual presentamos en primer lugar unas breves aclaraciones. La información ofrecida previamente (en: Galán et al., 2008b) se refería sólo a capturas directas y contaba con un limitado número de pesadas, conteniendo datos extrapolados o extraídos de referencias bibliográficas. Los datos actuales corresponden a pesadas de precisión repetidas, efectuadas en laboratorio sobre ejemplares colectados en la cueva. Los datos de censo y conteos por área, para las distintas especies o grupos de especies, han sido procesados hasta obtener valores medios en número de individuos por m² de sustrato utilizado (Tabla 3, columna 3). Igualmente han sido procesados los datos planimétricos, extrapolando los datos por área al conjunto del sustrato utilizado por la especie en la cueva (columna 4). El n° total de individuos de la especie en la cavidad es obtenido de las dos columnas anteriores o como resultado de censo global (columna 5).

El peso fresco por taxón corresponde a ejemplares colectados preservados en alcohol, pesados en laboratorio con balanza de precisión, siempre sobre la base de un número representativo de muestras (columna 6) y tras evaporación del exceso de alcohol. En los casos de ejemplares de una misma especie, con variable grado de tamaño o edad, los datos han sido ponderados hasta obtener valores medios. Los datos previos ofrecidos sobre guácharos citaban sólo el número de adultos sin discriminar el número y peso de los juveniles, agregando éste dato al peso medio por individuo adulto. En este caso corregimos el error discriminando tanto los adultos como los juveniles, ya que una curiosa característica de la biología de esta ave es que los pichones alcanzan un peso mayor que los adultos (debido a que acumulan mucha grasa en sus cuerpos por su alimentación en oscuridad a base de frutos de lauráceas, burseráceas y palmas ricos en aceites). Según los datos más recientes (Bosque & Parra, 1992; Bosque, 2006) los guácharos adultos pesan 375-455 g (promedio 420 g) mientras que los pollos alcanzan 600 g.

Los valores de peso medio por individuo (6) han sido multiplicados por las estimaciones calculadas del número total de individuos de la especie en la cavidad (5), obteniendo valores totales de biomasa por especie (o grupos de especies) (7). De estos datos se obtuvieron subtotales de biomasa por grupo taxonómico (8) y un valor global de la biomasa para el conjunto de la cavidad (última fila, celdilla 8). En la Tabla 3 se incluyen 95 taxa del total de 100 taxa reportado para la cueva sin incluir referencias. Los 5 taxa restantes no han sido incluidos por no haber sido observados durante el presente estudio (roedores, reptiles) o sólo algún raro ejemplar (anuros), tratándose de troglóxenos accidentales. Estas omisiones no alteran sustancialmente los datos y no interfieren en la comprensión de la biomasa global de la fauna cavernícola. Recordamos que estos datos representan un resumen sólo de la macrofauna visible a simple vista (de vertebrados e invertebrados) colectada por métodos directos o separada mediante cenosis de muestras de guano y semillas. Posteriormente serán comentados los datos para los distintos grupos taxonómicos.

En varios casos, aunque el material colectado ha sido separado en laboratorio por identificación bajo microscopio binocular, no es factible en campo discriminar a simple vista las especies individuales, por lo que se presentan los datos para grupos de varias especies. En otros casos, en cambio, se discrimina las especies o individuos colectados dentro y fuera del guano. Los presentes datos son más exactos, por lo que amplían y corrigen la información presentada previamente (en: Galán et al, 2008b).

Tabla 3. Biomasa de la Cueva de Los Laureles para los distintos taxa. Las áreas son expresadas en m². El peso medio individual, biomasa parcial de la especie, biomasas subtotal y total, en gramos. La columna 5 representa una estima del n° de individuos de cada taxón. Las cifras decimales largas han sido redondeadas a su valor más próximo. Un asterisco* indica que se trata de fauna colectada en las muestras de semillas y guano de guácharos.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Sigla	Grupo	Taxón	n°/m ²	m ² /total	n°/total	Peso ind / g	Biomasa Parcial	Biomasa Subtotal
1	Chiroptera	<i>Pteronotus parnellii</i>			250	24	6.000	
2	Chiroptera	<i>Lonchorhina aurita</i>			5	18	90	
3	Chiroptera	<i>Phyllostomus hastatus</i>			12	60	720	6.810
4a	Aves	<i>Steatornis caripensis</i> (adultos)			200	420	84.000	
4b	Aves	<i>Steatornis caripensis</i> (juveniles)			160	600	96.000	
5	Aves	Trochilidae			2	15	30	180.030
6	Peces	<i>Ancistrus galani</i>	0,2	7.100	1.420	25	35.500	
7	Peces	<i>Lasiancistrus maracaiboensis</i>	0,34	8.290	2.820	20	56.400	
8	Peces	<i>Hoplias malabaricus</i>	0,04	8.290	332	80	26.560	
9	Peces	<i>Trichomycterus</i> sp.	0,4	8.290	3.320	15	49.800	
10	Peces	<i>Pimelodella chagresi</i>	0,7	8.290	5.800	40	232.000	
11	Peces	Pimelodidae ind.	0,04	7.000	280	120	33.600	433.860

12	Coleoptera	Carabidae sp 1	0,4	6.400	2.560	0,009	23	
13	Coleoptera	Carabidae sp 2	0,4	6.400	2.560	0,002	5	
14	Coleoptera	Dryopidae	1,4	6.400	8.960	0,005	45	
15-16	Coleoptera	Ptilodactylidae y Limnichidae (2)	0,4	6.400	2.560	0,005	13	
17	Coleoptera	Staphylinidae sp 1	1,5	9.570	14.350	0,008	115	
18	Coleoptera	Staphylinidae sp 2	1,2	6.400	7.680	0,03	230	
19	Coleoptera	Cryptophagidae (larvas)*	132	1.800	237.600	0,002	475	
20	Coleoptera	Curculionidae (larvas)*	26	1.800	46.800	0,022	1.030	
21	Coleoptera	Histeridae (larvas)*	6,4	1.800	11.520	0,001	11,52	
22	Coleoptera	Latridiidae Corticarinae*	3,2	1.800	5.760	0,0001	0,6	1.948
23	Lepidoptera	Microlepidoptera sp 1	0,5	1.920	960	0,009	8,6	
24	Lepidoptera	Microlepidoptera sp 2*	3,2	1.800	5.760	0,001	5,8	14
25-27	Diptera	Asteiidae, Chloropidae 2 spp (3)	0,5	18.200	9.100	0,001	9,1	
28	Diptera	Dolichopodidae	0,2	18.200	3.640	0,004	14,6	
29-31	Diptera	Drosoph sp 1, Phorid., Sciar. (3)	0,5	18.200	9.100	0,0012	10,9	
32	Diptera	Streblidae (ectoparásito)			625	0,001	0,6	
33	Diptera	Drosophilidae sp 2*	16	1.800	30.080	0,0015	45,12	
34	Diptera	Tipulidae (larvas)*	8,6	1.800	15.480	0,15	2,32	83
35	Hymenoptera	Agaonidae	1	6.400	6.400	0,004	25,6	
36	Hymenoptera	Diapriidae	1	6.400	6.400	0,003	19,2	
37a	Hymenoptera	Formicidae (superficie)	0,5	4.000	2.000	0,0025	5	
37b	Hymenoptera	Formicidae (guano)*	0,4	1.800	720	0,0025	1,8	52
38	Homoptera	Cicadellidae*	0,2	1.800	360	0,0012	0,4	
39	Isoptera	Termitidae	1,25	4.000	5.000	0,001	5	
40	Ephemeropter	Ind. (náyades y adultos)	0,02	9.570	190	0,06	11,4	
41	Odonata	Ind. (náyades)	0,01	9.570	96	0,007	0,7	
42	Neuroptera	Ind.			200	0,005	1	18,5
43	Thysanoptera	Phlaeothripidae	1,2	9.570	11.484	0,006	69	
44	Thysanoptera	Thripidae*	1	1.800	1.800	0,0001	0,2	69
45	Orthoptera	Raphidophoridae? sp 1	0,5	7.000	3.500	1,9	6.650	
46	Orthoptera	Raphidophoridae? sp 2	6,4	18.200	116.480	0,78	90.854	97.504
47	Blattodea	Ind sp 1 (troglófilo)	0,2	4.000	800	0,8	640	
48	Blattodea	Ind sp 2 (troglobio)*	22,4	1.800	40.320	0,004	161	801
49	Collembola	Tomoceridae	2	9.570	19.140	0,002	38	
50	Collembola	Hypogastruridae*	6,4	1.800	11.520	0,0002	2,3	
51	Collembola	Entomobryoidea*	3,2	1.800	5.760	0,004	23	63
52	Chilopoda	Scutigermorpha	0,2	18.200	3.640	0,02	72,8	
53	Diplopoda	Polydesmida	0,1	9.570	957	0,1	9,6	82
54-55	Opiliones	Agoristenidae 2 spp troglob. (2)	2	14.000	28.000	0,005	140	
56-57	Opiliones	Phalangodidae 2 spp troglóf. (2)	0,4	14.000	5.600	0,016	90	230
58-74	Acari	17 spp de 4 subórdenes (17)*	2.752	1.800	4.953.600	0,0004	1.982	1.982
75	Araneae	Dipluridae	0,05	18.200	1.092	0,4	437	
76	Araneae	Theridiidae sp 1	0,1	18.200	1.820	0,017	31	
77-78	Araneae	Theridiidae sp 2 y sp 3 (2)	0,22	18.200	4.004	0,004	12	
79-80	Araneae	Sicariidae 2 spp (2)	0,11	18.200	2.002	0,006	12	
81	Araneae	Ind. psb. Oonopidae	0,1	18.200	1.820	0,0007	1,27	
82	Araneae	Sparasiidae sp 1 troglófilo	0,03	9.570	287	0,0015	0,43	
83	Araneae	Sparasiidae sp 2 troglobio	0,07	7.000	500	0,002	1	495
84	Amblypygi	<i>Charinus cf. bordoni</i>	0,1	18.200	1.820	4	7.280	7.280
85	Schizomida	Schizomidae			500	0,007	3,5	3,5
86	Pseudoscorp.	Cheiridiidae	3,2	1.800	5.760	0,05	288	288
87	Decapoda	<i>Chaceus caecus</i>	0,12	16.000	1.920	15	28.800	
88	Decapoda	<i>Chaceus motiloni</i>			200	40	8.000	
89	Decapoda	<i>Hypolobocera bouvieri</i>			200	20	4.000	40.800

90	Isopoda	<i>Prosekia sp.</i>	0,8	9.570	7.656	0,007	54	
91	Isopoda	<i>Trichorina tomentosa</i>	1	4.000	4.000	0,004	16	70
92-93	Mollusca	Subulimidae 2 spp (superf) (2)	2	9.570	19.140	0,002	38	
92-93	Mollusca**	Subulimidae 2 spp (guano) (2)*	611	1.800	1.099.800	0,002	2.200	2.238
94	Oligochaeta	Enchytraeidae (troglóbio)	0,07	7.200	504	0,008	4	
95	Oligochaeta	Megascolecidae (troglófilo)	0,05	7.200	360	0,02	7,2	11
		TOTAL Biomasa:			6.807.048			774.732

Sintéticamente puede decirse que la biomasa total asciende a 775 kg. El número total de individuos de las poblaciones cavernícolas es del orden de 6,8 millones de individuos (suma de 6.807.048 individuos para 95 especies). Enseguida destaca, a la vista de los datos de la tabla, que la representación en peso y numérica de los distintos grupos taxonómicos con respecto al total es muy desigual. Lógicamente las especies pequeñas de invertebrados, de pocos mm de talla, aunque numéricamente puedan ser numerosas (hay casi 5 millones de ácaros y 1,1 millones de pequeños moluscos), tienen en conjunto un peso relativo pequeño. Mientras que los vertebrados, menos numerosos, representan en masa la más alta proporción. No obstante, algunos grupos se apartan de la norma. Para ver esto con más detalle, presentamos en la Tabla 4, otra agrupación de los datos, incluyendo porcentajes, de los principales grupos taxonómicos.

Tabla 4. Biomasa de la Cueva de Los Laureles por grupos taxonómicos. Son indicados el número de especies de cada grupo (columna 2), el número de individuos (columna 3) y la biomasa (por grandes grupos) en gramos (columnas 4 y 6).

1	2	3	4	5	6	7
Grupo Taxonómico	nº sp	nº ind	Biomasa Parcial	%	Biomasa Subtotal	%
Chiroptera	3	267	6.810	0,88		
Aves	2	362	180.030	23,24	Vertebrados	
Peces	6	13.972	433.860	56,00	620.700	80,12%
Insectos excepto Orthoptera y Coleoptera	27	186.935	1.100			
Orthoptera	2	119.980	97.504	12,59		
Coleoptera	11	340.350	1.948	0,25		
Chilopoda y Diplopoda	2	4.597	82			
Arachnida excepto Amblypygi y Acari	15	51.385	1.016			
Amblypygi	1	1.820	7.280	0,94		
Acari	17	4.953.600	1.982	0,26		
Crustacea excepto Decapoda	2	11.656	70			
Decapoda	3	2.320	40.800	5,27		
Mollusca	2	1.118.940	2.238	0,29	Invertebrados	
Oligochaeta	2	864	11		154.032	18,24%
TOTAL Biomasa:	95	6.807.048		99,72%	774.732	100%

Destaca en número de individuos que los grupos mejor representados son los ácaros (casi 5 millones de individuos, de 17 especies, pero su peso sólo representa el 0,26% del total), moluscos (1,1 millones, de 2 especies, con un 0,29% en peso), insectos (647 mil individuos, de 40 especies, con un 12,98% en peso, pero correspondiendo el 12,59% a sólo 2 especies de ortópteros). El total de invertebrados alcanza 6,79 millones de individuos (pero los ácaros y moluscos del guano suponen 6,07 millones, sumando el resto de invertebrados 720 mil individuos). Por último, los vertebrados (con 14,6 mil individuos, de 11 especies), representan el 80,12% de la biomasa, siendo muy elevado el número de peces (de 6 especies distintas, incluyendo el troglóbio *Ancistrus galani*, de la familia Loricariidae). Los peces representan por sí solos el 56% de la biomasa total.

620 kg (el 80,12% de la biomasa) es debida a poblaciones de vertebrados, particularmente peces troglófilos. El 19,88% restante (154 kg) corresponde a invertebrados, jugando un papel dominante por su biomasa los Orthoptera y Crustacea Decapoda. En orden decreciente, los grupos con mayor peso son: peces (56%), aves (23,2%), Orthoptera (12,6%), crustáceos Decapoda (5,3%), Amblypygi (0,94%) y quirópteros (0,88%). Estos 6 grupos representan en peso el 98,92% de la comunidad, mientras que el conjunto de los restantes grupos taxonómicos sólo representa el 1,08% del total. Entre estos últimos, en proporciones mucho más bajas, se encuentran Mollusca, Acari, Coleoptera, Blattodea, Araneae, Pseudoscorpiones, Opiliones, Diptera, Chilopoda e Isopoda. Numéricamente son también abundantes los Collembola e Hymenoptera. En la Tabla 5 se presenta la abundancia de los distintos grupos en orden decreciente, por número de individuos y biomasa.

Tabla 5. Abundancia numérica y biomasa de los principales grupos taxonómicos. Los datos están en orden decreciente, a la izquierda (columnas 1 á 4) en número de individuos y a la derecha (columnas 5 á 8) según biomasa en gramos. Las columnas 4 y 8 presentan los porcentajes acumulados, respectivamente.

1	2	3	4		5	6	7	8
Grupo	Nº ind	%	% Acumulado		Grupo	Biomasa	%	% Acumulado
Acari	4.953.600	72,772	72,772		Peces	433.860	56,00	56,00
Mollusca	1.118.940	16,438	89,210		Aves	180.030	23,24	79,24
Coleoptera	340.350	5,000	94,210		Orthoptera	97.504	12,59	91,83
Orthoptera	119.980	1,763	95,973		Decapoda	40.800	5,27	97,10
Diptera	68.025	0,999	96,972		Amblypygi	7.280	0,94	98,04
Blattodea	41.120	0,604	97,576		Chiroptera	6.810	0,88	98,92
Collembola	36.420	0,535	98,111		Mollusca	2.238	0,29	99,21
Opiliones	33.600	0,497	98,608		Acari	1.982	0,26	99,47
Hymenoptera	15.520	0,228	98,836		Coleoptera	1.948	0,25	99,72
Peces	13.972	0,205	99,041		Blattodea	801	0,10	99,82
Thysanoptera	13.284	0,195	99,236		Araneae	495	0,013	99,833
Isopoda	11.656	0,171	99,407		Pseudoscorpiones	288	0,006	99,839
Araneae	11.525	0,169	99,576		Opiliones	230	0,003	99,842
Lepidoptera	6.720	0,099	99,675		Diptera	83	0,011	99,853
Pseudoscorpiones	5.760	0,085	99,760		Chilopoda	72	0,010	99,863
Isoptera	5.000	0,073	99,833		Isopoda	70	0,009	99,872
Chilopoda	3.640	0,053	99,885		Collembola	63	0,008	99,880
Restantes grupos		0,11			Restantes grupos		0,12	
TOTALES	6.807.048		100%			774.732		100%

Otro aspecto a tener en cuenta en el espectro faunístico es qué representa en esta cueva la fauna que vive directamente en los depósitos de semillas y guano de guácharos, con respecto a la fauna total. El conjunto de la fauna de los depósitos de guano y semillas suma 6.468.680 individuos, pero su biomasa es de apenas 5,94 kg. La fauna no-guanífera de la cueva suma 338.338 individuos, con una biomasa de 768,79 kg. Es decir, la fauna del guano representa el 95% de la fauna en número de individuos, pero sólo el 0,77% de su biomasa, mientras que la macrofauna no-guanífera constituye el 5% en número de individuos y el 99,23% de la biomasa total. Igualmente, la diversidad de macrofauna, sin considerar el guano de guácharos, es elevada, con 72 especies distintas (sobre 100), e incluye 12 troglobios.

Del total de 34 taxa hallados en el guano de guácharos, 6 taxa fueron hallados también en capturas directas y 28 representan nuevos reportes para la cueva; de ellos 17 corresponden a ácaros y 11 a los restantes grupos, destacando la alta representación numérica de ácaros, moluscos, larvas de coleópteros, y el hallazgo de una especie troglobia adicional de Blattodea, grupo que habitualmente no incluye troglobios. La diversidad y biomasa de macrofauna, excluyendo la fauna del guano, es resumida por grandes grupos en la Tabla 6.

Tabla 6. Abundancia numérica y biomasa de macrofauna, excluyendo la fauna del guano de guácharos. Los datos están en orden decreciente, a la izquierda (columnas 1 á 4) en número de individuos y a la derecha (columnas 5 á 8) según biomasa en gramos. Las columnas 4 y 8 presentan los porcentajes acumulados, respectivamente.

1	2	3	4		5	6	7	8
Grupo	Nº ind	%	% Acumulado		Grupo	Biomasa	%	% Acumulado
Orthoptera	119.980	35,46	35,46		Peces	433.860	56,43	56,43
Coleoptera	38.670	11,43	46,89		Aves	180.030	23,42	79,85
Opiliones	33.600	9,93	56,82		Orthoptera	97.504	12,68	92,53
Diptera	22.465	6,64	63,46		Decapoda	40.800	5,31	97,84
Collembola	19.140	5,66	69,12		Amblypygi	7.280	0,95	98,79
Mollusca	19.140	5,66	74,78		Chiroptera	6.810	0,89	99,68
Hymenoptera	15.520	4,59	79,37		Blattodea 1	640	0,08	99,76
Peces	13.972	4,13	83,50		Araneae	495	0,06	99,82
Isopoda	11.656	3,45	86,95		Coleoptera	431	0,06	99,88
Araneae	11.525	3,41	90,36		Pseudoscorpiones	288	0,037	99,917
Thysanoptera 1	9.570	2,83	93,19		Opiliones	230	0,030	99,947
Pseudoscorpiones	5.760	1,70	94,89		Chilopoda	72	0,009	99,956
Isoptera	5.000	1,48	96,37		Isopoda	70	0,009	99,965

Chilopoda	3.640	1,08	97,45	Thysanoptera 1	69	0,009	99,974
Decapoda	2.320	0,69	98,14	Mollusca	38	0,005	99,979
Restantes grupos		1,86		Restantes grupos		0,02	
TOTALES	338.338		100%		768.790		100%

La biomasa global de la cavidad (774,7 kg) dividida por su desarrollo de galerías, da valores de 43 kg por cada 100 m de galerías. La biomasa por m² para el área total muestreada en la cavidad (26.580 m²), da un valor medio de 29,15 g/m².

Como dato comparativo, en cuevas europeas ricas en fauna, son frecuentes valores de entre 0,03 g/m² á 0,05 g/m² (NOVAK & KUSTOR, 1981), por lo que nuestros datos suponen una magnitud media 728 veces superior.

En pocas cuevas europeas, extraordinariamente ricas, han llegado a reportarse valores globales de 3,9 kg de biomasa, según datos de los mismos autores para la región de los Balcanes (antigua Yugoslavia); por consiguiente, la biomasa de Los Laureles representa una cifra 200 veces mayor que este dato. Tal vez la única excepción en zona templada la representen cuevas que alberguen grandes concentraciones reproductoras de quirópteros; por ejemplo para los Pirineos Vascos, algunas colonias en cueva pueden llegar a tener 150-300 ejemplares de quirópteros, lo que supone unos 2,2-4,5 kg por este concepto (GALAN, 1997). En todo caso, sólo queremos destacar que comparativamente los valores de biomasa en cuevas tropicales son mayores en varios órdenes de magnitud que los de zonas templadas. Los Laureles es una cueva mesotrófica y en su cercanía hay otras cavidades, que podríamos calificar de eutróficas, con colonias de vertebrados e invertebrados considerablemente mayores.

La biomasa correspondiente a fauna cavernícola puede también ser expresada en términos energéticos, como contenido en C y N orgánico, o bajo la forma de unidades derivadas de energía o trabajo, como kilocalorías y joules. Considerando para los 775 kg de Los Laureles un valor medio en peso seco de 155 kg y usando valores medios de equivalencia (NOVAK & KUSTOR, 1981) obtenemos para la biomasa global de Los Laureles un stock calorífico de 3,97 x 10⁶ joules (3,97 mil Kjoules). Esto representa un stock energético 800 veces mayor que los valores medios para cuevas ricas en fauna de zonas templadas europeas. Estos datos se encuentran por consiguiente entre los más altos valores de biomasa para fauna de cuevas a nivel mundial.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

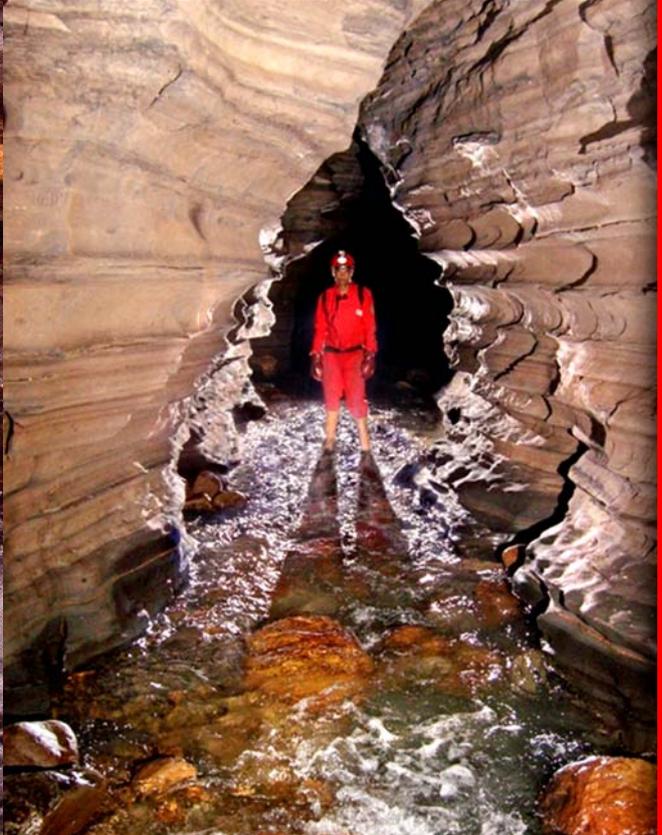
Los datos presentados constituyen probablemente una estimación mínima del tamaño de las poblaciones, tal como fue explicitado al referirnos al turn-over de organismos entre las grandes galerías de una cueva y la red de mesocavernas y vacíos menores. Con respecto a su población total, seguramente las especies de pequeña talla, o de hábitos crípticos, están algo subvaloradas, mientras que las especies más grandes o fáciles de observar se aproximan mucho más fielmente a sus valores reales. No obstante, hay que tener en cuenta que vertebrados relativamente grandes, como los peces de la cueva, son también difíciles de censar cuando se trata de cuerpos de agua tan extensos y profundos como el río subterráneo de Los Laureles, y pueden estar también ampliamente subvalorados. Creemos por tanto que los datos reflejan, más que el tamaño exacto de las poblaciones, un orden de magnitud de lo que es posible apreciar sobre ellas en las macrogalerías durante una prospección biospeleológica relativamente detallada. Es decir, ofrecen un cuadro muy real de la macrofauna observable en la cueva en un lapso de tiempo determinado.

Un primer resultado es que la presencia de guácharos representa por sí sola el 23,2% de la biomasa. Y en este caso se trata de una colonia pequeña (200 ejemplares adultos). En cuevas cercanas, como El Samán, u otras de otras regiones del país (como en Caripe, Mata de Mango, tepuy Aguapira, etc.), las cuales albergan ingentes colonias de guácharos (de hasta más de 10.000 ejemplares para una cueva individual), la biomasa por este concepto es extraordinariamente elevada. Más aún si se tiene en cuenta que la materia vegetal que introducen las aves (restos de frutos, semillas, cáscaras) forma depósitos que poseen un alto contenido en materia orgánica, N, P, y soportan una riqueza correlativa de fauna asociada (Herrera, 1995). Muchos invertebrados (larvas y adultos) proceden, están contenidos o habitan en los propios vegetales; a ellos se agregan los detritívoros y fitófagos que acuden a utilizar este sustrato y, a continuación, predadores que resultan atraídos por la concentración de presas.

En segundo lugar, tradicionalmente se consideraba que las grandes colonias de guácharos y quirópteros eran responsables de los más altos valores de biomasa en cuevas tropicales. Por ello sorprende constatar que en este caso la presencia de peces es responsable del 56% de la biomasa total, un valor que duplica al de guácharos y quirópteros juntos. Y no sólo en biomasa sino también en número, la presencia de peces es muy importante (14 mil ejemplares, de 6 especies distintas). Esto también es válido para la cercana Cueva de El Samán y otras cuevas de Perijá asociadas al curso bajo de los ríos y caños.

Creemos que la explicación de esto reside en que en realidad el curso subterráneo que atraviesa Los Laureles es un tramo subterráneo del curso principal del Socuy, el cual queda seco en superficie durante la época de sequía (GALAN, 1991). Como ocurre también en el curso del Guasare (donde se encuentra la Cueva Zea) o en Caño Grande (donde se encuentra el Sistema Mara). Todo ello unido a que los cursos bajos y medios de los grandes ríos de Perijá son muy ricos en ictiofauna. En otras regiones, con karsts de montaña, la riqueza ictícola, hipógea y epígea, es considerablemente mucho menor.

En adición, estas características hidrológicas tropicales, también permiten una alta representación de crustáceos Decapoda (cangrejos) e Isopoda. Tanto los peces como los diferentes grupos de crustáceos, poseen representantes troglobios. Otros taxa troglobios de estos grupos están también presentes en otras cuevas de Perijá (VILORIA et al., 1992).



Las cuevas de la Sierra de Perijá albergan colonias de quirópteros y poseen ríos subterráneos caudalosos con importantes poblaciones de peces y crustáceos cavernícolas.

En tercer lugar, y altamente significativa, resulta la abundancia, en biomasa y numérica, de poblaciones de ortópteros. Este grupo es muy abundante en la cavidad, con dos especies, una troglófila (oculada y pigmentada), en parte asociada al guano de guácharos en el ambiente intermedio, y otra troglobia, de distintos biotopos con materia orgánica en la zona profunda. La especie troglobia es depigmentada y carece completamente de ojos; es muy abundante a todo lo largo de la galería del río (1.400 m), y desempeña un importante papel en la ecología de la cueva, siendo un detritívoro voraz (que acude con prontitud a los cebos); su alto número probablemente sirve de soporte trófico a varias otras especies de troglobios predadores. Cabe también señalar que habitualmente se asociaba la presencia de ortópteros a los rellenos de semillas del guano de guácharos, y si bien este pudiera ser el caso indirectamente para la forma troglófila de Los Laureles, no lo es para la forma troglobia, circunscrita al ambiente profundo. En la cueva, no obstante, este ambiente resulta periódicamente fertilizado por las aguas del Socuy. También hemos observado en otras cuevas de Perijá, no asociadas a guácharos ni a cursos de agua importantes, que la presencia y abundancia de ortópteros es considerable, tratándose de un grupo poco investigado y que puede aportar nuevos hallazgos de interés.

En cuarto lugar, el resultado más inesperado ha sido el alto número hallado de especies cavernícolas y sobre todo el alto número de troglobios (13 especies), incluso de grupos comunes en las cuevas de Venezuela pero que habitualmente incluyen formas troglófilas o troglóxenas (como por ejemplo ortópteros, diplópodos, araneidos, oligoquetos). Esto revela que cuando se dedica cierto tiempo a la prospección bioespeleológica, con cierto grado de detalle, los resultados pueden sorprender. Habitualmente este tiempo ha faltado durante las salidas normales de exploración y topografía de cuevas en el país. De forma parecida, el uso de cebos atrayentes (técnica hasta ahora poco usada en las cuevas de Venezuela y en general en cuevas tropicales) sugiere que puede emplearse y dar buenos resultados aún contando con lapsos de tiempo de pocos días.

Los datos obtenidos son en cierto sentido contrastantes. Llama la atención por ejemplo que en la cercana Cueva del Samán (la mayor del país, situada a pocos kilómetros de distancia, en la misma formación geológica y haciendo parte del mismo acuífero kárstico del Socuy), el número de troglobios hasta ahora encontrado es de sólo dos especies (*Chaceus caecus* y un isópodo Philosciidae), versus 13 especies en Los Laureles. El pez *Ancistrus galani* es un endemismo exclusivo de Los Laureles, y no ha sido hallado en el Samán ni en otras cuevas de Perijá, aunque tendría similares o mayores posibilidades de desplazarse que *Chaceus caecus*. Igualmente, de modo comparado, las colonias de guácharos, los rellenos de semillas, guano, restos de madera y materia vegetal, son mucho más considerables en El Samán, en varios órdenes de magnitud, y sin embargo, aunque la biomasa total es más considerable, el número de especies es similar. También sorprende que el alto número de taxa troglobios, la mayoría terrestres, se encuentre a lo largo de la galería del río, la cual queda sumergida sobre grandes extensiones cuando aumenta el nivel de las aguas en épocas de lluvias, condición esta considerada habitualmente adversa.

En quinto lugar, el estudio de la fauna colectada con métodos volumétricos en el guano, amplía de 72 a 100 el número de taxa hallados en la cueva durante el presente estudio, y por tanto, incrementa su biodiversidad (112 taxa considerando referencias suplementarias). Pero no cambia de modo sustancial los datos sobre biomasa, ya que la fauna del guano en este caso sólo representa el 0,77% de la biomasa global. La fauna muy pequeña o microscópica, así como bacterias, aunque es importante en número de individuos y diversidad, al parecer influye relativamente poco en los valores globales de biomasa. Conviene también destacar que la presente sinopsis corresponde sólo a macro y meiofauna del guano, y no incluye microfauna terrestre y acuática, cuyo estudio seguramente aportaría un número considerable de taxa adicionales.

Los datos ecológicos sugieren para la cavidad una dinámica singular, debido a numerosas interacciones, abióticas y bióticas. La topografía y trazado de las galerías, el funcionamiento hidrológico del acuífero, la presencia de poblaciones de guácharos y quirópteros en la parte inicial, la fertilización periódica del ambiente profundo por las crecidas del río Socuy, son factores que interactúan e introducen variabilidad en los biotopos y en las biocenosis hipógeas, probablemente con alternancia de períodos adversos y favorables. Estas condiciones ambientales, que calificamos de mesotróficas, parecen estar relacionadas con la alta diversidad de troglobios hallada en la cueva. Todo parece indicar que si las condiciones son eutróficas, podremos encontrar altos valores de biomasa y diversidad, pero no necesariamente de troglobios, como si el exceso de recursos fuera un factor desfavorable que inhibiera la presencia de los organismos más especializados y mejor adaptados a las condiciones adversas del ambiente profundo. Inversamente, una cueva fuertemente oligotrófica en zona tropical, no parece ser el mejor escenario para hallar troglobios. Como ocurre en muchos procesos biológicos, las condiciones óptimas se obtienen entre ciertos valores de equilibrio, pero sin sobrepasarlos ni minimizarlos hasta valores extremos. La fauna cavernícola de Los Laureles muestra así que un amplio espectro de factores puede condicionar la diversidad hipógea y la presencia de troglobios en cuevas tropicales.

Nuestra principal conclusión es que la importancia relativa de los distintos grupos zoológicos, cuando se considera su biomasa y abundancia numérica, cambia completamente las ideas habituales sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas subterráneos, en los que tradicionalmente se ha prestado mayor atención a la representación taxonómica y descripción de nuevos taxa. Los estudios cuantitativos de biomasa y diversidad se revelan así como una útil herramienta que aporta otros puntos de vista y nuevas perspectivas para el conocimiento de la fauna cavernícola del Neotrópico.

Los datos obtenidos son un aliciente para investigar con similar metodología otras cuevas y regiones kársticas del país, a fin de obtener datos comparados, que permitan obtener un cuadro más completo de la ecología subterránea en zonas tropicales. En suma, junto a los novedosos datos aportados, el trabajo plantea y deja abiertos nuevos interrogantes e hipótesis de trabajo, que quedan por demostrar. Por último, comenzamos a vislumbrar que Venezuela no es sólo un país megadiverso en sus ecosistemas de superficie, sino que esta megadiversidad bien puede irse extendiendo a los ecosistemas subterráneos, que aún permanecen poco conocidos.



Colocación de sensores Hobo (Pro Temp/RH IS logger; Onset Computer Corp.) para registro automático de datos climáticos y separación de muestras de fauna en laboratorio, en el Centro de Ecología del Ivic.

AGRADECIMIENTOS

A Edgar Trejo y Miguel Leis, por su ayuda en los trabajos de campo e identificaciones taxonómicas, respectivamente. A los miembros de la SVE (Sociedad Venezolana de Espeleología) a quienes debemos el conocimiento de esta cavidad y del Sistema del Samán. Al Centro de Ecología del IVIC (Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas) por su apoyo logístico y facilidades de laboratorio. El desarrollo del proyecto ha contado con una asignación de fondos Locti (Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación), del Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología, del Gobierno Bolivariano de Venezuela.

BIBLIOGRAFIA

- BASTIDAS, R. & Y. ZABALA. 1995. *Principios de Entomología Agrícola*. Univ. Nac. Exper. "Francisco de Miranda", Ed. Sol de Barro, UNEFM, 395 pp.
- BOSQUE, C. 2006. Oilbirds (Steatornithidae). In: *Grzimek's Animal Life Encyclopedia*, Vol 9: Birds II, pp: 373-376.
- BOSQUE, C. & O. PARRA. 1992. Digestive efficiency and rate of food pasaje in oilbird nesting. *Condor*, 94: 557-571.
- CALABUIG, E. L. 2004. Métodos cuantitativos en los estudios entomológicos. In: *Curso práctico de Entomología*. Barrientos, J.A., Ed. Manuals Univ. Autòn. Barcelona: 41: Asoc. Españ. Entomol.; CIBIO - Centro Iberoamericano de la Biodiversidad, Alicante; Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona: 85-102.
- CHAPMAN, P. G. 1954. The estimation of biological populations. *Ann. Math. Statish.*, 25 : 1-15.
- DELAY, B. 1975. Etude quantitative de populations monospécifiques de Coléoptères hypogés par la méthode des marquages et recaptures. *Ann. Spéléol.*, 24(3): 579-593.
- GALAN, C. 1991. Hidrogeología del Sistema del Samán. *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.*, 25: 13-24.
- GALAN, C. 1995. Fauna troglobia de Venezuela: sinopsis, biología, ambiente, distribución y evolución. *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.*, 29: 20-38.
- GALAN, C. 1997. Fauna de Quirópteros del País Vasco. *Munibe (Ciencias Naturales)*, S.C. Aranzadi, 49: 77-100.
- GALAN, C. & F. F. HERRERA. 2007. Fauna cavernícola de Venezuela: una revisión. *Bol. Soc. Venez. Espeleol.*, 40: 39-57.
- GALAN, C.; F. HERRERA & A. RINCON. 2008a. Avance preliminar sobre la Fauna Cavernícola de la Cueva de Los Laureles (Sierra de Perijá, Venezuela): Capturas directas, Ecología, Diversidad y hallazgo de alto número de especies troglobias. *Com. VIII Jornadas Venezol. Espeleol.*, Ivic, Caracas + Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- GALAN, C.; F. HERRERA & A. RINCON. 2008b. Biomasa de macrofauna cavernícola en la Cueva de Los Laureles (Sierra de Perijá, Venezuela). *IVIC, Centro de Ecología, Proyecto Locti, Inf.ind.*, 10 pp + Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 12 pp.
- HERRERA, F. F. 1995. Las comunidades de artrópodos del guano de guácharo en la Cueva del Guácharo, Venezuela. *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.*, 29: 39-46.
- HOWARTH, F. 1983. Ecology of cave arthropods. *Ann. Rev. Entomol.*, 28: 365-389.
- JUBERTHIE, C. & V. DECU. 1994. Structure et diversité du domaine souterrain: particularités des habitats et adaptations des espèces. In: Juberthie & Decu. *Encyclopaedia Biospeologica*, Tome I, Soc. Biospéologie, Moulis & Bucarest, pp: 5-22.
- LAGARDE, J. 1994. Buceo en cuevas venezolanas. *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.*, 28: 67.
- LAGARDE, J. 1995. Espeleo-buceo. *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.*, 29: 77.
- LINCOLN, R.; G. BOXSHALL & P. CLARK. 1982. *A dictionary of Ecology, Evolution and Systematics*. Cambridge Univ. Press., 298 p.
- MARGALEF, R. 1972. El ecosistema. In : *Ecología Marina*. Fundación La Salle, Caracas, pp: 377-453.
- NAUMANN, I. D. et al. Edit. Division of Entomology Commonwealth Scientific Org. 1991. *The Insects of Australia*. Vol. 1, 542 pp. Vol. 2, 1137 pp. Melbourne Univ. Press.
- NOVAK, T. & V. KUSTOR. 1981. Contribution á la connaissance de la biomasse et du bilan énergétique de la faune des entrées de grotte en Slovénie (Yougoslavie). *Mém. Biospeol.*, 8: 27-32.
- PÉREZ, A. & A. VILORIA. 1993. *Ancistrus galani*, n. sp. (Siluriformes: Loricariidae), with comments on biospeleological explorations in western Venezuela. *Mémoires de Biospéologie*, 20.
- PINTO DA ROCHA, R. 1996. Notes on *Vima insignis* Hirst, 1912, revalidation of *Trinella* Goodnight & Goodnight, 1947, with description of three new species (Arachnida, Opiliones, Agoristenidae). *Rev. Brasileira Entomol.*, 40(2): 315-323.
- RACOVITZA, G. 1971. La variation numérique de la population de *Pholeuon (Parapholeuon) moczaryi* Cs. de la grotte de Vadu-Crisului. *Trav. Inst. Spéleol. E. Racovitza*, 10: 273-278.
- RODRÍGUEZ, G. & C. BOSQUE. 1990. A stygobiont crab, *Chaceus caecus* n.sp., and its related stygophile species, *Chaceus motiloni* Rodríguez 1980 (Crustacea, Decapoda, Pseudoscorpionidae) from a cave in the Cordillera de Perijá, Venezuela. *Mémoires de Biospéologie*, 17: 127-134.
- TRAJANO, E. & P. GNASPINI-NETTO. 1993. Biological Survey of Los Laureles and El Samán caves, Sierra de Perijá, Zulia, Venezuela. *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.*, 27: 29-32.
- SMITH, R. F. & G. SILVA. 1983. *Claves para Artrópodos terrestres del Neotrópico*. Univ. Centrooccid. "Lisandro Alvarado", Barquisimeto, 384 pp.
- SVE - Sociedad Venezolana de Espeleología. 1990. Descubierta gigantesco sistema de cavernas en la cuenca del Guasare. *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.*, 24: 38.
- SVE - Sociedad Venezolana de Espeleología. 1991. Zu.31 - Cueva de Los Laureles. *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.*, 25: 40-42.
- SVE - Sociedad Venezolana de Espeleología. 1999. Zu.31 - Cueva Los Laureles (segunda parte). *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.*, 33: 70-75.
- VILORIA, A.; F. HERRERA & C.GALAN. 1992. Resultados preliminares del estudio del material biológico colectado en Mesa Turik y cuenca del río Socuy. *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.*, 26: 7-9.
- YATES, F. 1963. *Sampling Methods for censures and surveys*. Ed. Griffin, London, 3ª Ed.