

CAPÍTULO

15

INVERTEBRADOS CAVERNÍCOLAS



Pseudoescorpión (familia Bochicidae)

INVERTEBRADOS CAVERNÍCOLAS

RENÉ BARBA DÍAZ¹

AYLÍN ALEGRE BARROSO¹

LUIS F. DE ARMAS¹

ARMANDO R. LONGUEIRA LOYOLA^{2,3}

TOMÁS M. RODRÍGUEZ-CABRERA³

1. Instituto de Ecología y Sistemática

2. Sociedad Espeleológica de Cuba

3. Sociedad Cubana de Zoología

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas hipogeos o subterráneos constituyen una entidad ecológica con características muy particulares (Fig. 15.1). La ausencia de luz impide el desarrollo de organismos fotosintetizadores, por lo que el flujo de energía dentro de las cavernas proviene en su mayor parte del exterior, ya sea debido al transporte de materia por parte de los animales (*e. g.* murciélagos), por arrastres provocados por los cursos de agua o proveniente de bacterias quimiosintetizadoras (Culver y Pipan, 2009). Estos factores determinan la predominancia de ecosistemas hipogeos oligotróficos (escasos en recursos alimentarios), con la excepción de las cuevas calientes neotropicales. Estas condiciones extremas imponen presiones selectivas muy altas para la fauna hipogea, condicionando a su vez adaptaciones especiales al medio donde habitan. Uno de los principales valores de los ecosistemas cavernarios es su función como centros de especiación y refugio de elementos relictos, o sea, sirven de resguardo a miembros de grupos otrora ampliamente distribuidos y en la actualidad severamente diezmados o eliminados de los ecosistemas epigeos. El medio hipogeo comprende todo un gradiente que



Phrynus pinarensis © T. M. Rodríguez-Cabrera

incluye desde el intersticio hasta las grandes cavernas; sin embargo, la fauna que habita en estos ambientes se encuentra sometida a presiones selectivas similares y exhibe adaptaciones específicas para la vida en ellos. En este capítulo nos referiremos particularmente a los invertebrados que habitan en aquellas cavidades accesibles al ser humano.

El archipiélago cubano, posee alrededor del 70 % de su superficie cubierta por rocas calcáreas y presenta uno de los mayores índices de cavernamiento por unidad de área en el Caribe insular (Silva, 1979; Armas, 2007), lo cual ha favorecido una importante especialización en la utilización de estos refugios por diversos grupos zoológicos. El aislamiento en el medio hipogeo de numerosos grupos de invertebrados, ha dado lugar a numerosos endemismos y linajes con una morfología completamente diferente a la de sus parientes epigeos más cercanos, lo cual genera serios problemas para los taxónomos, pues muchas estructuras que son utilizadas como diagnósticas en un grupo, están altamente modificadas, reducidas o ausentes en sus equivalentes cavernícolas.

Hasta el presente, en Cuba existen muy pocas publicaciones relacionadas con los métodos de recolecta de invertebrados cavernícolas. Alegre y Barba (2014) esbozaron un protocolo de inventario utilizando el método de recolecta directa en varias cuevas del oriente cubano. En el presente capítulo se ofrecen las técnicas más utilizadas para el muestreo de fauna cavernícola de invertebrados, algunas de estas muy similares o idénticas a las descritas para algunos grupos en ecosistemas epigeos, pero dadas las particularidades de los ecosistemas hipogeos, se describe cada una en detalle con las respectivas modificaciones para poder emplearlas en estos ambientes. Debido a la gran complejidad asociada a la recolecta de la microfauna, nos referiremos solo a la meso y macrofauna, que por lo general presentan un tamaño superior a 1 mm y son visibles a simple vista, en el caso de los parásitos, solo se tratarán los ectoparásitos asociados a los murciélagos.

FAUNA DE INVERTEBRADOS CAVERNÍCOLAS EN CUBA

En agosto de 1846 se realizó la exploración de la Cueva de Cotilla, ubicada en San José de las Lajas, provincia de Mayabeque. En sus salones fue recolectado el miriápodo *Amphelictogon subterraneus* (Saussure, 1859) (Diplo-

poda: Polydesmidae), primer invertebrado descubierto en una cueva cubana. Durante la primera mitad del siglo XX, numerosos investigadores realizaron estudios bioespeleológicos en Cuba y aportaron los primeros registros para la fauna de invertebrados, dentro de los que podemos citar al italiano Filippo Silvestri (1929), quien describió un nuevo género de diplópodo (Myriapoda) para Cuba y el español Carlos Bolívar (1944), que registró por primera vez la presencia de un palpígrado (Arachnida) en las cuevas de Bellamar. Los trabajos conjuntos cubano-rumanos (1969, 1970, 1973) aportaron gran número de registros y especies nuevas para la ciencia que enriquecieron en gran medida el conocimiento que hasta ese momento existía de la fauna cavernícola cubana (Orghidan *et al.*, 1977, 1981, 1983).

Silva (1974) recopiló la información existente sobre las especies animales encontradas en cuevas de Cuba hasta 1970 y años más tarde (Silva, 1988) la actualizó, alcanzándose un total de 807 registros, donde los artrópodos fueron uno de los grupos más representados. Otras contribuciones al conocimiento de los invertebrados cavernícolas cubanos se han limitado a las descripciones taxonómicas y listas de especies que habitan en estos ecosistemas (Cruz, 1969; 1973 a, 1973 b; 1974;



Figura 15.1. Cueva Perla del Agua, Majana, Baracoa, Guantánamo. © R. Barba.

1976; 1978; Armas y Alayón, 1984; Alayo y Armas, 1992; Peck *et al.*, 1998; Pérez y Yager, 2001; Longueira, 2006; Harvey *et al.*, 2007); mientras que pocos autores han tratado el tema de la conservación de la biodiversidad cavernícola (Cruz y Socarrás, 1992; Longueira, 2006; Alegre y Barba, 2010, 2014; Teruel, 2012).

El archipiélago cubano posee la más rica y diversa espeleofauna de las Antillas, especialmente de invertebrados. Los grupos más representativos de invertebrados en los ambientes cavernícolas son los arácnidos, insectos, miriápodos y crustáceos (Fig. 15.2). Se han registrado más de un centenar de especies troglobias (Pérez y Yager, 2001), de las cuales la mayoría de los invertebrados acuáticos son crustáceos y los terrestres son arácnidos e insectos (Tabla 15.1), por lo que Cuba constituye un laboratorio natural para las investigaciones bioespeleológicas.

Tabla 15.1. Invertebrados troglobios registrados para Cuba, para cada clase se muestra el orden y entre paréntesis el número de especies conocidas.

Taxones	
ACUÁTICOS (53)	
Crustacea (52)	
	Remipedia (1), Ostracoda (5), Copepoda (18), Mysidacea (5), Isopoda (7), Decapoda (13), Amphipoda (3)
Arachnida (Acari) (1)	
TERRESTRES (59)	
Arachnida (33)	
	Scorpiones (1), Pseudoscorpiones (3), Amblypygi (1), Schizomida (5), Ricinulei (4), Opiliones (4), Araneae (7), Acari (11)
Myriapoda (Chilopoda) (2)	
Insecta (21)	
	Zygentoma (=Thysanura) (3), Collembola (7), Orthoptera (4), Blattoidea (1), Coleoptera (6)
TOTAL (112)	

CLASIFICACIÓN DE LA FAUNA CAVERNÍCOLA Y CARACTERÍSTICAS

Existen diversas clasificaciones que caracterizan la fauna que habita en los ecosistemas ca-

vernarios. Una de las más utilizadas a través de los años por los investigadores del medio hipogeo es la propuesta por Schiner (1854) y modificada por Racovitza (1907; 2006) que reconoce tres categorías ecológicas:

TROGLÓXENOS: Aquellas especies que son huéspedes ocasionales dentro de las cuevas, atraídas por la humedad o el alimento, pero que no la habitan de manera permanente; es decir, no completan su ciclo de vida en ellas. Nunca muestran caracteres morfológicos adaptados al medio subterráneo. Para las especies acuáticas se utiliza el término estigóxenos.

TROGLÓFILOS: Especies que pueden vivir de manera permanente y reproducirse en las cuevas, pero también pueden encontrarse en el medio epigeo. Pueden presentar algunas características adaptativas al medio cavernícola. Para las especies acuáticas se utiliza el término estigófilos.

TROGLOBIOS: Especies que habitan exclusivamente dentro de las cuevas y completan su ciclo de vida dentro de ellas, preferentemente en las partes más profundas de esta. Presentan diversas adaptaciones (morfológicas, fisiológicas, conductuales) al medio donde habitan. Para las especies acuáticas se utiliza el término estigobios.

Las categorías anteriores otorgan mayor peso a la parte del ciclo de vida que las diferentes especies realizan dentro de los ecosistemas cavernarios, mientras que las adaptaciones morfológicas como indicadores de procesos evolutivos quedan en un segundo plano. La clasificación más moderna es la propuesta por Sket (2008) y seguida por Culver y Papan (2009), quienes agruparon a las especies cavernícolas en cuatro categorías ecológicas:

TROGLÓXENO: Especie que aparece esporádicamente en los ambientes hipogeos y es incapaz de establecer una población subterránea.

SUBTROGLÓFILO: Especie que habita temporal o permanentemente en el medio hipogeo, pero está muy relacionada con los hábitats

epigeos debido a algunas funciones biológicas, como la alimentación o reproducción.

EUTROGLÓFILO: Especie epigea que puede mantener poblaciones subterráneas de manera permanente y puede llegar a convertirse en troglobionte.

TROGLOBIONTE: Especie residente permanentemente de los hábitats hipogeos.

La diversidad de términos utilizados a través de los años por diferentes autores para la clasificación ecológica de los habitantes de las cuevas tiende a crear confusión, por ello en la Tabla 15.2 se ofrece un resumen de los



Figura 15.2. Algunos invertebrados comunes en las cuevas cubanas. A. amblipigio (Arachnida: Amblypygi), B. garrapata (Arachnida: Ixodida), C. cucaracha (Insecta: Blattodea), D. grillo (Insecta: Orthoptera), E. pececillo de plata (Insecta: Zygentoma), F. araña escupidora (Arachnida: Araneae: Scytodidae), G. cochinilla (Malacostraca: Isopoda), H. ciempiés (Chilopoda: Scolopendromorpha), I. araña peluda (Arachnida: Araneae: Mygalomorphae), J. camarón (Malacostraca: Decapoda), K. milpiés (Myriapoda: Diplopoda), L. escarabajo (Insecta: Coleoptera). © T. M. Rodríguez-Cabrera (A, D, E, I), © H. González (G) y © R. Barba (H, J, K).

Tabla 15.2. Comparación de la terminología actual de la clasificación ecológica de las especies que habitan en las cuevas (Sket, 2008) respecto a algunos de los términos precedentes.

Categorías según Sket (2008)	Sinónimos
Troglóxeno	Troglóxeno (Schiner, 1854; Racovitza, 2006), accidental (Barr, 1968).
Subtroglófilo	Troglófilo (Schiner, 1854; Racovitza, 2006); troglóxeno (Barr, 1968)
Eutroglófilo	Troglófilo (Schiner, 1854; Barr, 1968; Racovitza, 2006)
Troglobionte	Troglobio

diferentes términos actuales y los sinónimos usados por investigadores anteriores. En el presente capítulo se utilizará el término troglobio para referirse a los invertebrados que habitan exclusivamente en cuevas porque ha sido el más utilizado en la literatura.

La fauna de las cuevas generalmente se distribuye según su preferencia espacial, es decir,

suelo (fauna pavimental), paredes (fauna parietal) o en el techo (fauna cenital). También se agrupan en dependencia del grado de iluminación dentro de la cueva: zona vestibular o umbral (la más cercana a la entrada de luz), zona de penumbra (hasta donde llega la luz) y zona oscura o afótica, donde generalmente podemos encontrar los verdaderos troglobios. Los animales que habitan exclusivamente en las cuevas poseen una serie de modificaciones en su morfología, denominados troglomorfoismos, así como en la ecofisiología y el comportamiento (Galán, 1993). Entre las características morfológicas más comunes encontramos: despigmentación corporal, atrofia o pérdida de los órganos de la visión (anoftalmia), cuerpo estilizado y alargamiento de los apéndices con hipertrofia de sistemas sensoriales no ópticos (*e. g.* mecanorreceptores y quimiorreceptores) (Fig. 15.3).

Generalmente, los troglobios son más grandes que las especies epigeas pertenecientes a su mismo grupo zoológico (gigantismo) y en

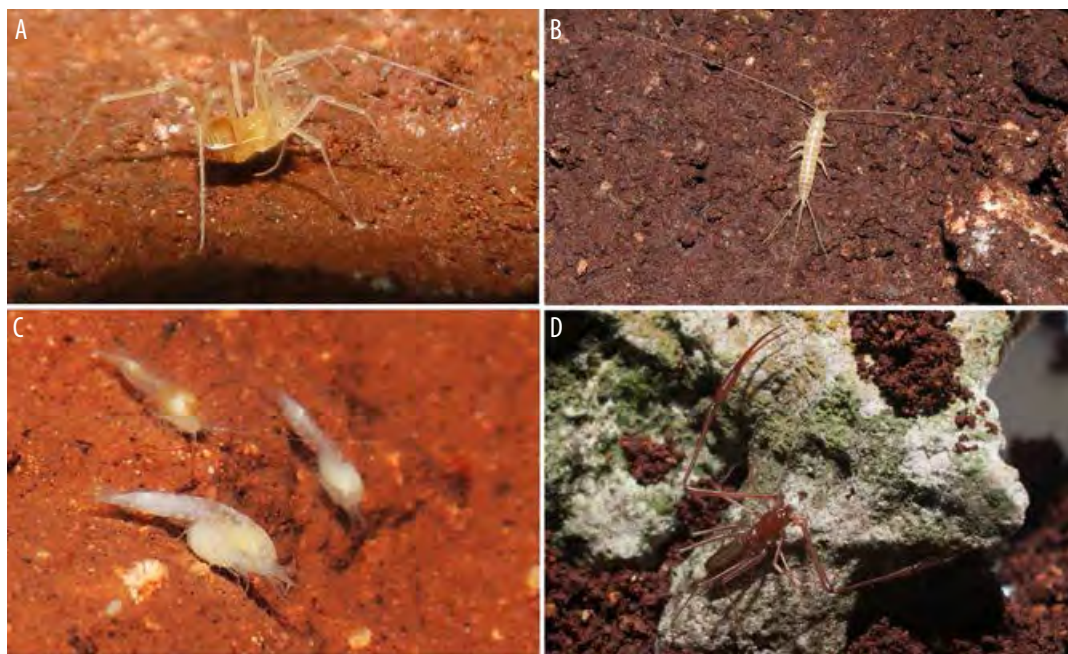


Figura 15.3. Algunos representantes de la fauna de invertebrados troglobios que muestran caracteres troglomórficos como: la despigmentación corporal, alargamiento de los apéndices y ausencia de ojos. A. Opilión (Arachnida: Opiliones), B. Pececillo de plata (Insecta: Zygentoma), C. Camarón (Malacostraca: Decapoda) y D. Pseudoescorpión (Arachnida: Pseudoscorpiones). © R. Barba (A) y © T. M. Rodríguez-Cabrera (B, C).

insectos se pueden presentar regresión alar o apterismo. Las modificaciones en la ecofisiología y el comportamiento de estos organismos incluyen una tasa metabólica muy baja; reducción del número de huevos y aumento de su tamaño; desarrollo embrionario y post-embrionario lento; mayor duración de la etapa adulta; cambios en el comportamiento (ausencia de ciclo circadiano, fototaxismo negativo o indiferencia a la luz y reducción general de las actividades locomotoras).

Un caso particular, entre los organismos que pueden ser hallados en el medio cavernario, es el de los parásitos, pues a diferencia de los restantes, su supervivencia no depende de la cueva en sí, sino del hospedero. Ello ha dado lugar a que, incluso, algunos los consideren como una categoría ecológica independiente.

Por lo general, los parásitos son agrupados en dos categorías principales: los ectoparásitos y los endoparásitos. Por supuesto, cada grupo taxonómico posee su peculiar ciclo de vida, que puede incluir a uno o más hospederos. Entre los endoparásitos predominan los nemátodos, céstodos y tremátodos, presentes en el tracto digestivo y otros órganos de casi todos los vertebrados y en algunos invertebrados, principalmente moluscos y artrópodos. Por otra parte, la inmensa mayoría de los ectoparásitos pertenecen al diversificado grupo de los ácaros y garrapatas, muy comunes sobre cualquier especie de murciélago en las cuevas.

Entre las llamadas garrapatas blandas (familia Argasidae), se distinguen las pertenecientes a los géneros *Ornithodoros* y *Antricola*. Las primeras desarrollan toda su fase larval sobre el cuerpo de los murciélagos y para mudar se dejan caer al suelo, tras lo cual se refugian en las pequeñas oquedades del techo y las paredes, desde donde acceden a los murciélagos para alimentarse. En las especies del género *Antricola* (Fig. 15.2 B), estrechamente asociadas a las llamadas cuevas de calor, solamente la larva constituye el estadio parásito (Cruz y Socarras, 1992). Una vez listas para mudar, se dejan caer al suelo, donde continúan desarrollando todo su ciclo de vida como guanobios,

por lo que fueron clasificadas como parásitos-guanobios (Armas *et al.* 1989).

LAS CUEVAS DE CALOR COMO HÁBITATS DE ELEVADA DIVERSIDAD

Cuba es el mejor exponente de las cuevas de calor en el Neotropico, aunque estas representan solo el 1 % del total de cuevas en el país (Longueira, 2004a). Estas cavidades eutróficas (abundantes en recursos alimentarios) son el resultado de la conjugación de factores morfológicos, biológicos y climáticos. El establecimiento de colonias de murciélagos estrictamente cavernícolas y altamente gregarios, hacinados en galerías con pobre circulación del aire debido a la reducción de las dimensiones de los accesos a los salones de calor (trampa térmica), promueve valores plurianuales de la temperatura del aire cavernario entre 28 - 40 °C, de la humedad relativa entre 90-100 % y concentraciones de CO₂ entre 0,5 - 8 % del volumen total. Estas cuevas son ocupadas por variadas y numerosas poblaciones de especies de invertebrados terrestres que aprovechan las condiciones favorables para el refugio, la alimentación y la reproducción. En Cuba la base de las condiciones microclimáticas y las relaciones tróficas de este ambiente son los murciélagos de las familias Phyllostomidae y Mormoopidae (Silva, 1979; Longueira, 2006; Ladle *et al.*, 2012).

Un alto por ciento de las especies de invertebrados exclusivos de las cuevas de calor cubanas son arácnidos, la mayoría ácaros y garrapatas parásitas, parásito-guanobios y detritívoras, aunque también otros grupos de invertebrados son exclusivos de este ambiente (Longueira, 2006). Cuba tiene la más alta diversidad de garrapatas del género *Antricola*, con 11 especies descritas (Cruz, y Socarras, 1992). En las cuevas de calor son también frecuentes diversas especies de invertebrados detritívoros, omnívoros y depredadores, que ocupan diferentes zonas de las cuevas y que pueden tener poblaciones muy abundantes, como es el caso de blátidos, isópodos, diplópodos, quilópodos, ortópteros, coleópteros, heterópteros, amblipigios, pseudoscorpiones,

Tabla 15.3. Principales grupos de invertebrados terrestres presentes en cuevas de calor.

Zonas ecológicas	Principales grupos de invertebrados terrestres
Salones vestibulares y galerías oscuras “frías”.	Araneídos, escorpiones, opiliones, esquizómidos, amblipigios, isópodos diplópodos, blátidos, dípteros tipúlidos, estréblidos y nictéribidos, tisanuros, ácaros oribátidos y uropódidos, ortópteros y formícidos.
Salones de transición aledaños a la trampa térmica.	Araneídos, isópodos, esquizómidos, formícidos, quilópodos, dermápteros, microlepidópteros, blátidos, heterópteros, dípteros tipúlidos, nictéribidos, estréblidos y guasasas, diplópodos, amblipigios, coleópteros, ortópteros, pseudoscorpiones, ácaros prostigmatos, astigmatos mesostigmatos y argásidos.
Parte intermedia y profunda de los salones de calor.	Ácaros argásidos y prostigmatos, dípteros estréblidos, tenebriónidos y blátidos.

himenópteros, microlepidópteros, opiliones, dermápteros y araneídos, entre otros (Tabla 15.3).

MÉTODOS DE INVENTARIO Y MONITOREO

Antes de empezar el trabajo de campo se deben tener en cuenta cuáles son los objetivos y las características del sitio de estudio, porque en dependencia de estos así van a ser los métodos y materiales a utilizar. Si es un inventario de fauna se pueden recolectar todas las especies que se observen en las distintas zonas de la cueva (umbral, penumbra u oscuridad) y en los diferentes sustratos (suelo, bajo piedras, materia vegetal, pared, etc.). Para un estudio ecológico o un monitoreo, se pueden definir parcelas dentro de la cueva y recolectar en un tiempo definido previamente, repitiendo varias veces los muestreos para lograr mejores resultados. Además, debemos tener en cuenta el número de personas involucradas en el muestreo, pues el equipo de trabajo debe ser de pocas personas y de preferencia siempre el mismo, lo cual reduce las posibles alteraciones a estos frágiles ecosistemas y los sesgos relacionados con la experiencia de los recolectores. Durante las recolectas es provechoso anotar cuanto detalle sea posible sobre los ejemplares, tales como tipos de asociaciones, cópula, presencia de huevos, larvas, estadios ninfales, etc.

Es importante destacar que muchas de las especies que habitan en las cavernas presentan

una distribución restringida y poseen bajas densidades, por lo que pueden sufrir afectaciones en el tamaño de sus poblaciones, incluso una total extinción si estos ecosistemas son seriamente afectados por acciones humanas. Es por ello que si fuese necesaria la recolecta de ejemplares para su posterior identificación, la muestra debe ser la mínima. El número de animales que se pueden recolectar depende del grupo zoológico en cuestión, por ejemplo, si queremos recolectar crustáceos, que casi siempre se encuentran en grandes cantidades, una veintena de ejemplares probablemente no afecten el tamaño total de la población. Por otro lado, si utilizamos trampas con cebo para recolectar coleópteros carábidos es probable que gran cantidad de ejemplares caigan en la trampa, por lo que un tiempo prolongado de utilización de esta trampa podría afectar la población (Hunt y Millar, 2001). En sentido general, una serie de hasta cinco ejemplares sería suficiente para identificar una especie e incluso describirla si es nueva para la ciencia. También es importante conocer que las especies troglobias no solo habitan en cavernas aisladas, sino que se pueden distribuir a través de cavernas que se comunican con otros espeleo-accidentes, por lo que es aconsejable muestrear en varias cavernas cercanas (si existiesen) y no en una sola para lograr una mayor representatividad (Juberthie y Delay, 1981; Howarth, 1983).

En el caso de las cuevas de calor la caracterización de la fauna de invertebrados resulta

compleja y trabajosa, debido a los numerosos microhábitats, la severas condiciones ambientales, la elevada riqueza de especies y densidad de individuos. Sin embargo, el inventario de especies se facilita, pues la mayoría presentan poblaciones numerosas, lo cual es ventajoso incluso para la localización de las de menor tamaño.

INSTRUMENTAL PARA RECOLECTAR INVERTEBRADOS TERRESTRES Y ACUÁTICOS

Pinza metálica de punta estriada (8 a 15 cm de largo). Útil para la recolección de arácnidos, insectos y miriápodos (Fig. 15.4A).

Pinza metálica suave (10 cm de largo). Útil para la recolección de arácnidos pequeños de cuerpo blando, así como para el trabajo de laboratorio con estos especímenes (Fig. 15.4B).

Pincel (25 cm de largo). Embebido en etanol 75 - 80 %, es útil para la recolecta de arácnidos pequeños, insectos y miriápodos. Se le aplica directamente al espécimen para alargarlo, se espera unos segundos antes de retirarlo y luego, con la punta de sus cerdas se recoge y se introduce en el correspondiente frasco con etanol 75 - 80 % (Fig. 15.4C).

Bandejas plásticas (de diferentes tamaños). Necesarias para verter el contenido de la red o jamo dentro de ellas, se deben llenar de agua para poder revisar las muestras acuáticas. Aunque también se utilizan para revisar el guano de las cuevas en busca de invertebrados terrestres (Fig. 15.4D).

Linterna de mano o frontal con filtro de luz. Imprescindible para iluminarse en ambientes cavernícolas donde predomina la ausencia de luz. Los filtros son útiles para el trabajo con algunas especies sin provocarles perturbación. La linterna frontal tiene la ventaja de dejar las manos libres al recolector (Fig. 15.4E).

Goteros. Útiles para recolectar los crustáceos de pequeño tamaño que caen en las bandejas (Fig. 15.4F).

Libreta de campo, etiquetas de papel, lápiz o pluma estilográfica con tinta indeleble (tinta china). Necesarios para recoger datos de campo y elaborar las etiquetas que acompañarán los especímenes de cada recolecta (Fig. 15.4G).

Frasco contenedor. Útil para preservar especímenes vivos tanto terrestres como acuáticos, si el tipo de estudio así lo requiere o para preservar en alcohol especímenes de gran tamaño (Fig. 15.4H).

Frascos con alcohol etílico. Necesarios para la preservación de los especímenes recolectados durante el trabajo de campo; la concentración del alcohol puede ser al 75 - 80 % o al 99 %, siendo este último el indicado para estudios genéticos (Fig. 15.4I).

Red o jamo (de diferentes tamaños de malla). Se utiliza para recolectar invertebrados acuáticos como anfípodos y otros crustáceos (Fig. 15.4J).

Microscopio estereoscópico. Se utiliza en el laboratorio para observar e identificar los invertebrados de pequeño tamaño, tanto terrestres como acuáticos (Fig. 15.4K).

Lupas con aumento 10× - 20×. Necesarias para las observaciones y recolecta *in situ* de los invertebrados de pequeño tamaño.

MÉTODOS PARA RECOLECTAR INVERTEBRADOS TERRESTRES

Estos métodos se dividen en activos y pasivos. Los activos son los ejecutados por uno o varios investigadores, mientras que los pasivos son trampas o cebos que se ubican para recolectar los especímenes.

MÉTODOS DE RECOLECTA ACTIVOS

RECOLECTA POR SIMPLE INSPECCIÓN. Es el método más utilizado y más efectivo, ya que se puede recolectar la mayor cantidad de especies con ayuda de las pinzas o pinceles, cuidando que el número de individuos no sea muy grande. Resulta muy aconsejable buscar



Figura 15.4. Instrumental a emplear en los muestreos y estudio de los invertebrados de las cuevas. A. pinza metálica de punta estriada (8 a 15 cm de largo); B. Pinza metálica suave (10 cm de largo); C. Pincel (25 cm de largo); D. Bandeja plástica; E. Linterna frontal; F. Gotero; G. Libreta de campo, etiquetas de papel, lápiz o pluma estilográfica con tinta indeleble (tinta china); H. Frasco contenedor; I. Frascos con etanol; J. Red o jamo y K. Microscopio estereoscópico.

en sitios donde haya deposición de detritus y debajo de las piedras, siempre volviendo a ponerlas en su lugar para afectar lo menos posible el hábitat. En estos sitios se pueden encontrar coleópteros, grillos, colémbolos, arañas, opiliones, pseudoescorpiones, amblipigios, esquizómidos, palpígrados, vinarillos, ricinúleos, quilópodos y diplópodos, entre otros. También se deben observar detenidamente las paredes y sus grietas, donde se refugian grillos, arañas, quilópodos, etc. Para la recolecta en paredes y techos con puntales altos puede utilizarse una escalera construida *in situ* de 4 m de longitud como altura tope por seguridad. En los casos de galerías muy estrechas (gateras o laminadores), donde es necesario arrastrarse para avanzar y en grietas ampliadas, es suficiente realizar las reco-

lectas en los pisos, en ambas paredes y en los techos si el puntal lo permite. Es importante tener cuidado a la hora de desplazarnos por la cueva, pues podemos pisar individuos que deambulan por el suelo y que pueden pertenecer a especies troglobias con distribución restringida: *e. g. Pseudocellus silvai* (Arachnida: Ricinulei), conocida únicamente de la galería final de Cueva del Pirata, Cayo Caguanes, Sancti Spíritus.

BARRIDO DE SUPERFICIES. Este método es válido para recolectar especímenes de gran tamaño, como amblipigios, arañas, ortópteros, escorpiones, etc., que se hallen en techos o paredes planos o poco accidentados, hasta alturas de 3 m. Se utiliza una escobilla de cerdas blandas ajustada a un mango plegable o telescópico (semejante al de los jamos) cuya longitud puede llegar hasta los 2 m, y un jamo entomológico de boca amplia (\varnothing 50 cm) o una red de golpeo desmontable (\varnothing 1 m), según sea conveniente. Consiste en realizar el barrido y la captura en el jamo de los ejemplares ubicados en hoyos angostos en el techo, o en la red para los ejemplares que se encuentran en hoyos ampliados, techos y paredes planos. Se puede alcanzar alturas mayores mediante el uso de una escalera.

En el caso de las cavernas que tengan raíces de árboles en su interior, éstas se deben inspeccionar cuidadosamente, pues pueden albergar gran cantidad de especies. Si son muchas raíces, de manera tal que resulta muy tediosa la búsqueda a simple vista, se puede poner un pedazo de tela debajo de ellas para que al sacudir las caigan los especímenes.

CAPTURAS DE INSECTOS AL VUELO CON JAMO ENTOMOLÓGICO. En las zonas vestibulares de las cuevas puede resultar útil el empleo de jamos entomológicos para la recolecta de insectos, tales como dípteros, lepidópteros, hemípteros, coleópteros, entre otros, auxiliándonos de una lámpara de luz blanca para atraerlos.

RECOLECTA DE INVERTEBRADOS DEL GUANO DE MURCIÉLAGO. Para recolectar especies que habitan en el guano de murciélago, se

pueden recoger muestras de guano en bolsas plásticas herméticas, con el objetivo de revisarlo posteriormente fuera de la cueva en bandejas, con ayuda de lupas de 10× y 20×. El guano humectado hasta un 35 % se puede filtrar con un tamiz de un diámetro de poro en correspondencia con el tamaño del grupo zoológico que se desea obtener. Se debe tener cuidado de no dejar el guano mucho tiempo en la bolsa cerrada, pues los invertebrados pueden morir, lo cual dificulta la recolecta para su estudio y posterior conservación de los especímenes.

RECOLECTA DE ECTOPARÁSITOS DE MURCIÉLAGOS. El jameo es el método más utilizado para la captura de murciélagos en el interior de las cuevas. Puede realizarse batiendo al aire el jamo o colocándolo en techos y paredes donde los murciélagos reposan. En las trampas térmicas algunas especies se pueden capturar con mayor facilidad. El uso de redes de niebla dentro de las cuevas es útil para capturar especies poco gregarias en salones espaciosos. Las trampas de arpa en las entradas de las cuevas es un método eficaz durante la salida o retorno de los murciélagos. En el exterior de las cuevas los murciélagos pueden ser capturados con trampas de arpa o redes, emplazadas en los corredores de la vegetación, cauces de arroyos y caminos (Silva, 1979, Kunz y Kurta, 1988; ver capítulo de mamíferos en este mismo volumen). Las redes no deben ser ubicadas cerca de las entradas de las cuevas de calor debido a que la densidad de murciélagos durante el éxodo puede dañarlas; éstas deben revisarse frecuentemente para evitar la acumulación de capturas y los murciélagos deben ser manipulados con guantes.

Una vez capturados los murciélagos, antes de su revisión para extraer los ectoparásitos, pueden mantenerse individualmente en bolsas de tela. Luego, se debe proceder a la revisión del cuerpo de los murciélagos, principalmente el pelaje, las orejas, la piel y la superficie ventral de la base de los patagios. Los ácaros ectoparásitos (Fig. 15.5A), tanto las larvas como los adultos, generalmente se encuentran firmemente anclados al pelaje y



Figura 15.5. Ectoparásitos de murciélagos: A. larvas y adultos de garrapatas (Arachnida: Ixodida: Argasidae), B. adultos de estréblidos (Insecta: Diptera: Streblidae). © C. A. Mancina (A).

la piel del hospedero y para su remoción podría ser necesario el empleo de pinzas finas. Sin embargo, los adultos de los dípteros estréblidos (Fig. 15.5B) tienen una movilidad extraordinaria y para su recolecta es necesario aletargarlos con alguna sustancia química, usualmente éter etílico o cloroformo. Estas sustancias pueden rociarse sobre el cuerpo de los murciélagos colocados dentro de una bolsa (Patterson *et al.*, 2008). Otra manera de realizar la remoción de los ectoparásitos grandes es cubrir con un paño fino humedecido con éter o cloroformo el cuerpo del hospedero dejando libre sus vías respiratorias (Longueira, ob. pers.). Los dípteros hallados se pueden recolectar con un pincel humedecido.

Las bolsas empleadas para guardar los murciélagos capturados también deben rociarse

con el narcótico para extraer los dípteros que hayan quedado. Los ectoparásitos se colocan en frascos con líquido conservante, uno por cada especie y ejemplar de hospedero. Se debe tener cuidado en el traslado y manipulación del éter y el cloroformo, pues son compuestos químicos extremadamente volátiles, tóxicos e inflamables.

La mayoría de los ectoparásitos pueden ser conservados en una solución de etanol 75 % y 5 % de glicerina (Whitaker, 1988). Estos frascos deben etiquetarse con los datos del hospedero (*e. g.* especie, sexo, edad relativa, etc), región del hospedero donde fue recolectado, localidad, fecha, etc.

MÉTODOS DE RECOLECTA PASIVOS

Los métodos pasivos más utilizados en ambientes cavernícolas son los cebos, las trampas de caída con cebos, las trampas de caída para capturar animales vivos y las trampas de hojarasca húmeda (Hunt y Millar, 2001). La mayor ventaja que tienen algunos de estos métodos es que se pueden dejar colocadas durante un tiempo sin necesidad de la presencia del investigador. Su mayor desventaja consiste en que si se dejan por largos períodos pueden ocasionar daños en algunas poblaciones de invertebrados cavernícolas. Con estos métodos se pueden capturar una gran variedad de insectos (*e. g.* coleópteros, grillos, colémbolos, etc.), miriápodos y arácnidos (*e. g.* arañas, opiliones, pseudoescorpiones, esquizómidos, amblipigios, etc.).

CEBOS. Se pueden utilizar pequeños pedazos de carne, queso o fruta madura, aunque se pueden usar otros en dependencia de lo que se tenga en el momento de la recolecta. Se depositan varios cebos en diferentes lugares dentro de la cueva y se dejan por varios días, luego se revisan los sitios con cuidado para recolectar los animales atraídos por los cebos. Se debe tener cuidado de colocar los cebos en lugares donde se protejan de las inundaciones y marcar los sitios para luego poder encontrarlos con facilidad. Además, es conveniente colocarlos debajo de piedras o troncos que provean refugios a los organismos atraídos

por el cebo y también proteger los cebos del ataque de ratas o ratones. Los sitios se pueden revisar cada dos o cinco días, pues si se dejan por mucho tiempo se puede correr el riesgo de que los cebos sean comidos por completo y los animales se diseminen nuevamente.

TRAMPA DE CAÍDA CON CEBOS (Fig. 15.6). Consiste en un recipiente plástico que se entierra completamente y se deja a nivel del suelo con un líquido preservante en el fondo, que puede ser alcohol etílico 75 – 80 % con una pequeña cantidad de detergente líquido para disminuir la tensión superficial y que las muestras vayan al fondo (Alegre y Barba, obs. pers.). El cebo se debe colocar de manera tal que no contamine el líquido preservante y a su vez evite el escape del animal, por lo que se debe ubicar dentro de un recipiente más pequeño inmerso en el líquido preservante y con un peso tal que no flote. A las trampas se les debe colocar una piedra encima, siempre dejando una abertura para que puedan pasar los animales que van a ser capturados. Se deben colocar dispersas por toda el área de la cueva y deben ser revisadas al menos cada cuatro o cinco días.

TRAMPA DE CAÍDA PARA CAPTURAR ANIMALES VIVOS. Este tipo de trampa permite ser más selectivo a la hora de capturar una especie en particular. Al no contener ningún líquido preservante en el fondo, nos permite recolectar los especímenes necesarios para el



Figura 15.6. Trampa de caída con cebo, modificado de Hunt y Millar (2001).

estudio, dejando en libertad el resto. Se deben utilizar recipientes grandes que permitan introducirle pequeñas piedras que ayudan a los invertebrados a refugiarse y protegerse de sus depredadores que también pueden caer junto con ellos. Los recipientes deben taparse con una piedra y en caso de no encontrar una con el tamaño necesario, colocaríamos una tapa de madera o plástico en su lugar, siempre dejando espacio para permitir el paso de los invertebrados. Este método tiene la desventaja de que se necesitan grandes áreas en el suelo para ser colocadas y se puede alterar el hábitat, además de que, por su gran tamaño, son algo incómodas de manejar dentro de la cueva.

TRAMPA DE HOJARASCA HÚMEDA. Consiste en llenar de hojarasca húmeda una bolsa con pequeños orificios y ponerla en el suelo de la cueva por un período de tiempo que permita que los invertebrados utilicen el material como refugio y luego poder recolectarlos. En realidad no constituye una trampa como tal, sino que provee de refugio o sustrato a los organismos que la utilizan. La hojarasca que se usa es recogida en el bosque y debidamente limpiada para no transportar especies epigeas hacia la cueva. Los paquetes de hojarasca se deben revisar periódicamente, así como rehumedecerlas si estuvieran secas, aunque en muchas cuevas de Cuba la humedad relativa es elevada y esto las mantendría bastante hidratadas. Se puede revisar la hojarasca en una bandeja dentro de la misma cueva y recolectar las especies de interés, mientras que el resto se puede liberar. Es necesario contar con muy buena iluminación para evitar que pequeños invertebrados escapen. Las muestras también se pueden revisar fuera de la cueva, pero para eso se deben poner los paquetes en bolsas cerradas herméticamente para que no se escapen los especímenes. Estas trampas han sido utilizadas con buenos resultados en estudios de invertebrados de cuevas de Australia (Weinstein y Slaney, 1995).

CAPTURAS DE INSECTOS AL VUELO CON TRAMPAS DE LUZ. Se utilizan uno o varios frascos plásticos (\varnothing 5 cm y profundidad de 10 cm) horadados en ambos extremos, con tapas

y pequeñas lámparas portables de luz blanca. En uno de los extremos abierto se coloca la lámpara encendida y por el otro penetran los ejemplares, luego se retira la lámpara y se cierran ambos extremos. Los animales pueden ser sacrificados mediante el empleo de éter o cloroformo, o directamente en etanol.

MÉTODOS PARA RECOLECTAR INVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Para recolectar los invertebrados acuáticos que habitan en los ambientes hipogeos, es necesario primeramente seleccionar los sitios de muestreo. Si se pretenden estudiar los invertebrados exclusivos de las cuevas, se deben escoger lugares con agua acumulada o ríos subterráneos, con agua originada por la percolación de esta y que no provenga de alguna fuente de la superficie. Esto se puede identificar luego de estudiar los mapas cartográficos de la cueva o caminando por la superficie encima de la cueva para encontrar la posible fuente. Los métodos de recolecta también se pueden dividir en activos y pasivos.

MÉTODOS DE RECOLECTA ACTIVOS

SIMPLE INSPECCIÓN CON JAMO O RED. Es el más utilizado por los bioespeleólogos, donde el instrumento clave es el jamo o la red manual. Esta debe tener un paso de red lo suficientemente pequeño para la recolecta de invertebrados acuáticos. Se jamea recogiendo la materia orgánica que se encuentre, así como pequeñas piedras y ayudándonos de una bandeja donde se vierte el contenido del jamo para revisar cuidadosamente la muestra. En el caso de los anfípodos y otras especies de crustáceos resulta muy difícil su recolección debido a su pequeño tamaño y rápido movimiento, por lo que se recomienda el uso de una pipeta o un gotero que pueda succionarlos. Los jamos con mallas de 250 micrones permiten recolectar organismos muy pequeños como copépodos y ostrácodos, que luego tendrán que ser separados en el laboratorio. Para la revisión del material se colocará la muestra de agua en una placa Petri bajo un microscopio estereoscópico y los organismos extraídos se preservarán en

alcohol etílico al 75 - 80 %. Cuando se termina de recolectar en un sitio se debe tener la precaución de dejar bien limpio el jamo, para así evitar el intercambio de especímenes con otros sitios de muestreo.

MÉTODOS DE RECOLECTA PASIVOS

TRAMPAS ACUÁTICAS CON CEBOS (Fig. 15.7). Se pueden fabricar de manera rústica a partir de una botella plástica de un litro y medio. Se abren agujeros en el fondo de la botella para que permita el paso del agua por toda la extensión de la trampa y se les pega una malla, mientras que la parte de la boca se recorta a modo de embudo y se invierte de posición. El cebo se introduce en el interior de la botella; para evitar que éste se desintegre dentro del agua se puede poner en el interior de una bolsita de malla. Se puede utilizar un pequeño pedazo de carne, queso u otro alimento, probando para ver cuál es el que ofrece mejores resultados. Las trampas se deben poner por un período de cinco días, pues la materia orgánica podría tupidar los orificios de estas. Luego la muestra se puede revisar en una bandeja para recolectar los especímenes capturados y preservarlos en alcohol etílico al 75 - 80 % (excepto las planarias, que se fijan en formol al 10 % y luego se transfieren a alcohol etílico al 75 - 80 %).

TRAMPAS ACUÁTICAS DE HOJARASCA. Utiliza el mismo principio que las terrestres, lo que en este caso se ubican en los reservorios de agua por algunas semanas para que sean colonizadas por los invertebrados que allí ha-

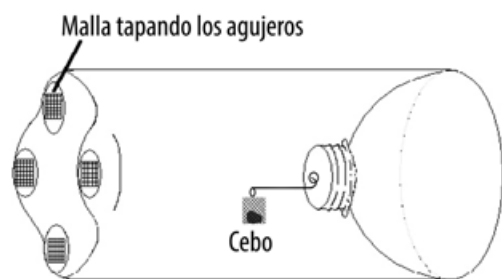


Figura 15.7. Trampa acuática con cebo; modificado de Hunt y Millar (2001).

bitan. Hay que tener cuidado de no dejar el paquete por mucho tiempo, para evitar que la hojarasca se desintegre por completo. Se debe fijar el paquete en algún sitio, ya sea con piedras o con un pedazo de sogas o alambre.

REDES A LA DERIVA. No son más que redes que han sido ampliamente utilizadas para muestrear invertebrados acuáticos en los lugares donde hay corrientes fuertes de agua, ya sea a la entrada de la cueva o en otros lugares dentro de ella. Sin embargo, si se desea estudiar específicamente los invertebrados exclusivos de las cuevas, la fuente de agua debe ser producto de la percolación y no la proveniente de la superficie. El tamaño de la malla a utilizar dependerá una vez más del grupo zoológico que se está estudiando. Si se deja la red colocada por más de 24 horas, hay que revisarla a menudo, porque puede tupidarse con la materia orgánica.

MÉTODOS DE MUESTREO

Los métodos de muestreo siempre van a depender de los objetivos del estudio que se quiere realizar dentro de una cueva, así como del grupo zoológico que va a ser objeto de la investigación. Estos se pueden ejecutar combinando métodos de recolecta activos y pasivos.

MUESTREO POR UNIDAD DE ESFUERZO. Es uno de los métodos más utilizados que permite estimar la riqueza y abundancia relativa de las especies. Consiste en contar o recolectar los especímenes en un intervalo de tiempo definido por el investigador, en las diferentes zonas de la cueva (umbral, penumbra y oscuridad) y en los distintos sustratos (suelo, bajo piedras, pared, etc.). Los estudios de abundancia que impliquen la recolección y sacrificio de especímenes, no deberían incluir especies troglobias, pues la recolección sin límites de estas podría afectar el tamaño de sus poblaciones.

MUESTREO POR UNIDAD DE ÁREA. Mediante transectos o parcelas de área conocida, además del inventario de especies, se puede estimar la densidad de las poblaciones para

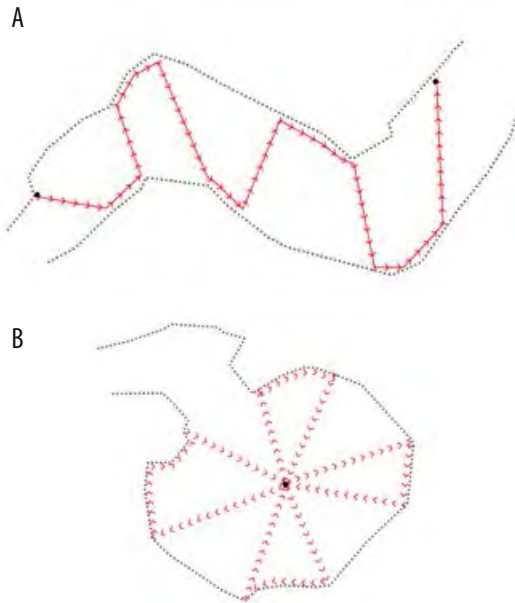


Figura 15.8. Esquemas en planta de una galería (A) y un salón (B) de la cueva con dos diseños de transectos para la recolección sobre el piso y las paredes.

diferentes especies o grupos taxonómicos (e. g. individuos/m²). Los transectos podrán realizarse en diferentes direcciones tratando de seguir las superficies de pisos, paredes y techos cavernarios. En salones espaciosos los transectos podrían realizarse de forma radial, combinado con la inspección de las paredes y techos en cuevas con puntales altos, se po-



Figura 15.9. Parcela sobre el guano en una cueva de calor. © R. Domínguez.

drían utilizar escaleras, ubicando los puntos de muestreo suficientemente separados.

Las parcelas pueden emplearse para muestrear la diversidad asociada al suelo y paredes. Para muestrear el sustrato (e. g. guano de murciélago u otro tipo de sedimento) estas podrían ser construidas a manera de marcos cuadrados, de madera o aluminio de 25 × 25 cm, y enterradas hasta 5 cm dejando al menos 1 cm por encima del sustrato (Fig. 15.9) para que no escapen los especímenes (Longueira, 2004b). Para facilitar el muestreo se pudieran em-



Figura 15.10. Fotografías que pueden ser utilizadas para realizar conteos de individuos por unidad de área en superficies cavernarias, A. *Byrsotria fumigata* (Insecta: Blattodea: Blaberidae), B. *Cubaris murina* (Malacostraca: Isopoda: Armadillidae) y C. *Antricola marginatus* (Arachnida: Ixodida: Argasidae). © A. Longueira (A), © T. M. Rodríguez-Cabrera (B) y © R. Domínguez (C).

plear tamizadores de diversos diámetros. Para muestrear parcelas en las paredes, se podrían tomar como límites de referencia los propios accidentes de la superficie o utilizar marcadores. Para estimar el número de individuos, además del conteo directo, se podrían auxiliar de fotografías digitales, las que posteriormente podrán ser analizadas (Fig. 15.10).

MÉTODO DE MARCAJE-LIBERACIÓN-RECAPTURA. Es una técnica útil para determinar el tamaño de la población de algunas especies en los ambientes hipogeos. Solo es aconsejable para especies de invertebrados cuyo tamaño permita la realización de marcas visibles y en animales adultos para evitar que al mudar se pierdan dichas marcas. El tiempo transcurrido entre la primera captura y la siguiente debe ser el suficiente para permitir que los organismos marcados se integren al resto de la población y para que no ocurran migraciones, muertes, ni nacimientos, pues esto distorsionaría los resultados. Las marcas se realizan con pinturas acrílicas resistentes que no dañen a los individuos y se utiliza un sistema de marcaje que garantice el reconocimiento individual de los especímenes. Con este fin, usualmente se utilizan colores diferentes o marcas en distintas partes del cuerpo. En Brasil se ha utilizado con éxito esta técnica para el estudio de poblaciones de opiliones, tanto troglóxenos como troglóbios (Gnaspini, 1996; Pinto da Rocha, 1996a; 1996b; Willemart y Gnaspini, 2004; Ferreira *et al.*, 2005). A través de esta técnica también se puede conocer la distribución espacial y las migraciones de los individuos dentro de los diferentes sectores de la cueva. Los datos obtenidos a través de esta técnica se pueden analizar con algoritmos matemáticos específicos según las tasas de recaptura alcanzadas.

CARACTERIZACIÓN DE LAS LOCALIDADES Y SITIOS DE RECOLECTAS

Las entradas de la cueva se deben ubicar geográficamente y para mayor exactitud se sugiere utilizar un GPS. Es recomendable realizar el croquis de la cueva señalando los accidentes más notables, como taludes, pendientes fuertes, claraboyas, dolinas y pozos,



Figura 15.11. A. Araña del género *Loxosceles*, B. hembra de *Antricola marginatus* portando larvas. © R. Domínguez (A) y © T. M. Rodríguez-Cabrera (B).

formaciones secundarias, conos de clastos y acumulaciones de sedimentos y agua. Para la caracterización microclimática de los lugares de recolectas, deben ser medidas algunas variables como la temperatura y humedad relativa del aire, empleando *data loggers* para registros continuos. Debe anotarse siempre la localidad, estación de observación, fecha y horas de las observaciones.

INVERTEBRADOS CAVERNÍCOLAS DE IMPORTANCIA MÉDICA

En las cuevas cubanas podemos encontrar especies de animales que debemos tratar con especial cuidado, como son los escorpiones de los géneros *Rhopalurus*, *Centrurionides* y *Tityopsis* y algunas arañas migalomorfas, cuyas picadas resultan dolorosas, o cuyos pelos

pueden irritar las mucosas. También se encuentran las llamadas arañas violín, pertenecientes al género *Loxosceles* (Fig. 15.11A), que habitan bajo piedras o en las paredes y que con su picadura pueden ocasionar la necrosis local (Pérez-González, 1999). Por otro lado, las larvas de la garrapata *Antricola marginatus* (Fig. 15.11B) son capaces de anclarse a la piel y producir lesiones (Cerny, 1967; Longueira, ob. pers.).

AMENAZAS Y CONSERVACIÓN DE LA FAUNA DE INVERTEBRADOS CAVERNÍCOLAS

Los ambientes subterráneos presentan características geomorfológicas e hidrológicas especiales, además de una biocenosis muy particular que los convierte en únicos dentro de los ecosistemas terrestres. Muchas de las especies que habitan exclusivamente en cuevas son endémicos locales numéricamente raros, lo cual los hace muy vulnerable a cualquier cambio o perturbación humana (Culver y Pipan, 2009).

En Cuba no existen muchos trabajos que definan las amenazas y medidas para la conservación de los invertebrados cavernícolas y sus hábitats. Cruz y Socarrás (1992) discutieron acerca de las alteraciones humanas que posiblemente afectaron varias cuevas de calor de Cuba, entre ellas el espeleoturismo, las construcciones humanas cercanas a las cuevas, las especies invasoras como la cucaracha (*Periplaneta americana*) y la extracción del guano de murciélago en grandes cantidades, esta última con una alta incidencia en gran número de cuevas calientes estudiadas. Armas (2000) señaló como amenazas para la conservación de la espeleofauna de las Antillas Mayores, el uso de explosivos en los yacimientos mineros y los insecticidas por la agricultura.

Longueira (2006) evaluó el estado de conservación de la fauna de las cuevas de calor de Cuba y las afectaciones antrópicas a las que se han visto sometidas, además de las ya comentadas, debido a la deforestación, la contaminación por desechos industriales y domésticos, la construcción de embalses y viales y las adaptaciones para uso humano.

Teruel (2012) evaluó el estado de conservación de varios esquizómidos (Arachnida) de la parte oriental de Cuba, donde incluye varias especies troglobias, las amenazas potenciales que podrían afectar a sus poblaciones y las categorías de amenaza según los criterios de la UICN (2012). El estado de conservación del opilión troglobio *Jimenziella decui* (Arachnida) del oriente cubano fue analizado por Alegre y Barba (2010; 2014), quienes discutieron sobre las posibles amenazas para la especie y su hábitat, Alegre *et al.* (2016) incluyeron a dicho arácnido en el Libro Rojo de los invertebrados terrestres de Cuba.

Las cuevas de calor constituyen uno de los ecosistemas cársticos subterráneos más destacados en Cuba. El incremento de las visitas a estas cuevas, junto a la invasión de especies exóticas (gatos, roedores, cucarachas, hormigas, etc.), son factores importantes en la declinación de las poblaciones que en ellas residen. En los últimos 50 años han desaparecido por diversas causas antrópicas más del 20 % del total de las cuevas de calor en Cuba y es posible que al menos tres especies de las garrapatas del género *Antricola* estén extintas, pues no han sido halladas desde hace más de 30 años. En total, 18 especies de invertebrados exclusivos de las cuevas de calor en Cuba (ácaros, colémbolos y coleópteros) tienen una propuesta de categoría de amenaza (Longueira, 2006), donde tres especies de garrapatas (*Antricola habanensis* Cruz, 1976, *A. martelorum* Cruz, 1978, *A. silvai* Černý, 1967) fueron incluidas en el Libro Rojo de los invertebrados terrestres de Cuba (Cuervo y Longueira, 2016).

Un conocimiento más completo sobre la biología y ecología de las especies que componen la fauna cavernícola de invertebrados del archipiélago cubano, permitirá trazar estrategias más integrales y mejor concebidas para su conservación. Además, es necesaria la concientización de la sociedad acerca de la importancia de la conservación de estos ecosistemas para la biodiversidad.

EQUIPAMIENTO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EL TRABAJO DENTRO DE LAS CUEVAS

Para realizar cualquier incursión dentro de una caverna es necesario ir provisto con el equipamiento adecuado. Dentro de los elementos más importantes podemos señalar:

Casco: Útil para proteger la cabeza de ser golpeada al caminar por galerías pequeñas o estrechas con formaciones secundarias o en caso de posibles caídas (Fig. 15.12A).

Equipamiento para progresión vertical: Compuesto por cuerdas, arneses, mosquetones, bloqueadores, entre otros (Fig. 15.12B). Se utilizan para acceder a cuevas y galerías que se encuentren en accesos difíciles.

Chaleco salvavidas: Necesario cuando se va a trabajar con fauna acuática en cuerpos de agua (Fig. 15.12C).

Señales lumínicas o balizas: Muy útiles para señalar el camino dentro de la cueva y evitar perdernos, además sirven para marcar los lugares donde se está desarrollando la investigación (Fig. 15.12D).

Tapaboca o nasobuco: Necesario para el trabajo dentro de cuevas de calor (Fig. 15.12E).



Figura 15.12. Equipamiento utilizado en espeleología: A. Casco, B. Equipos para progresión vertical, C. Chaleco salvavidas, D. Señales lumínicas o balizas, E. Tapaboca o nasobuco y F. Guantes.

Guantes: Importantes para protegernos las manos en cuevas con topografía peligrosa y agreste (Fig. 15.12F).

Pequeñas linternas de mano con luz blanca auxiliares de los frontales: Ventajosas en las cuevas de calor para alejar los insectos, evitando el contacto con ojos y vías respiratorias.

En los ambientes hipogeos la ausencia de iluminación, la existencia de diferentes formaciones secundarias y otros accidentes geográficos, hacen que debemos tener un cuidado especial cuando estamos investigando dentro de una cueva. Entre las medidas de seguridad más recomendadas se encuentran:

1. Llevar siempre más de una fuente de iluminación (dos o tres), con baterías de repuesto que le permitan trabajar el tiempo necesario, siempre cuidando de no botar las baterías descargadas dentro de la cueva. De ser posible, alguna de las fuentes de luz deben ser resistentes al agua dado la alta humedad relativa presente en muchas cuevas en Cuba.

2. Utilizar ropa adecuada que cubra piernas y brazos, así como calzado apropiado para las condiciones del terreno que muchas veces es fangoso, resbaladizo y agreste, con formaciones secundarias que pueden desgarrar la piel.

3. Para cualquier exploración es recomendable ir acompañados de una o más personas, pues en caso de ocurrir algún accidente contar con ayuda para salir de la caverna. También se recomienda que otras personas, ya sean campesinos o vecinos de la zona donde se encuentra la cueva, tengan conocimiento de la hora de entrada y el tiempo que va a demorar el trabajo en el interior de esta.

4. Se recomienda llevar siempre un botiquín con primeros auxilios para cualquier situación de emergencia que se presente y algo ligero de comida como barras de alimentos energéticos, (e. g. chocolate, maní, etc) y agua.

5. Siempre se debe utilizar chaleco salvavidas en cuevas con cuerpos de agua.

6. Si por casualidad se agotaran todas las fuentes de luz, debemos permanecer calmados en un lugar seguro, protegiéndonos de la hipotermia hasta que llegue el rescate.

Otro de los riesgos a los que nos enfrentamos dentro de las cuevas es la presencia de patógenos típicos de estos ambientes. En los sedimentos se pueden desarrollar esporas del hongo *Histoplasma capsulatum*, que pueden provocar afectaciones respiratorias. También han sido aislados, en el guano de murciélago de las cuevas de calor, cepas de algunas especies de bacterias y hongos que pueden provocar enfermedades en los humanos (Longueira y Rosado, 2000). Algunos mamíferos que habitan las cuevas como ratas y murciélagos pueden ser portadores de la leptospirosis y la rabia. Es recomendable que las personas que estén frecuentemente en contacto con este medio estén vacunadas contra estas enfermedades, usen guantes, nasobuco y se desinfecten las manos al terminar los trabajos. Por otra parte, dentro de las cuevas calientes, nos enfrentamos a altas temperaturas que pueden provocar un golpe de calor y las elevadas concentraciones de CO₂ en el aire pueden producir intoxicación severa (Longueira, ob. pers.).

LITERATURA CITADA

- Alayo, R. y L. F. de Armas. 1992. Himenópteros (Insecta: Hymenoptera) de las cuevas cubanas. *Reporte de Investigación del Instituto de Ecología y Sistemática, serie Zoología.*, 18: 1-14.
- Alegre Barroso, A. y R. Barba Díaz. 2010. *Jimenezziella decui* Avram, 1970: un opilión cubano amenazado (Arachnida: Opiliones). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 47: 455-456.
- Alegre Barroso, A. y R. Barba Díaz. 2014. Estado de conservación de *Jimenezziella decui*, una especie cavernícola de Cuba (Opiliones: Laniatores). *Revista Ibérica de Aracnología* 25: 43-57.
- Alegre, A., R. Barba, J. C. Lobaina y N. Hernández. 2016. *Jimenezziella decui* Avram, 1970. Pp. 210-211. En: *Libro Rojo de Invertebrados Terrestres de Cuba* (M. M. Hidalgo-Gato, J. Espinosa y R. Rodríguez-León, Eds.). Editorial Academia, La Habana, 244 pp.
- Armas, L. F. de. 2000. La artropodofauna cavernícola de las Antillas Mayores. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* (S.E.A.), 27: 134-138.
- Armas, L. F. de. 2007. El mundo subterráneo. Pp. 276-287. En: *Biodiversidad de Cuba* (H. González Alonso, Ed.). Editorial Polymita, Guatemala, 321 pp.
- Armas, L. F. de y G. Alayón García. 1984. Sinopsis de los arácnidos cavernícolas de Cuba (excepto ácaros). *Poeyana* 276: 1-25.
- Armas, L. F. de, R. Novo Carbó y M. E. Palacios Lemagne. 1989. Notas sobre la fauna de la Cueva de la Ventana, península de Guanahacabibes, Cuba. *Reporte de Investigación del Instituto de Ecología y Sistemática, serie Zoología*, 9: 1-8.
- Barr, T. C. 1968. Cave ecology and the evolution of troglobites. *Evolutionary Biology* 2: 35-102.
- Bolívar Pieltain, C. 1944. Exploración biológica de algunas cavernas de Cuba. *Ciencia* 4(11-12): 301-304.
- Cerny, V. 1967. Two new species of argasid ticks (Ixodoidea, Argasidae) from Cuba. *Folia Parasitologica* 14 (2): 141-148.
- Cruz, J. de la. 1969. Nueva especie de ácaro (Acarina: Listrophoridae) parásito de murciélagos cubanos. *Poeyana* 62: 1-8.
- Cruz, J. de la. 1973a. Notas sobre las garrapatas del género *Antricola* Cooley y Kohls, 1942 (Ixodiformes, Argasidae), con la descripción de una nueva especie. *Academia de Ciencias de Cuba, Serie Espeleología Carsológica* 44: 1-13.
- Cruz, J. de la. 1973b. Nueva especie de ácaro del género *Geckobia* Megnin, 1978 (Acarina: Pterygosomidae) parásito de *Tarentola americana* (Gray) de Cuba. *Poeyana* 102: 1-6.
- Cruz, J. de la. 1974. Notas adicionales a la fauna de garrapatas (Ixodoidea) de Cuba. II. Nuevo status para *Parantricola* Cerny, 1966. *Poeyana* 130: 1-4.
- Cruz, J. de la. 1976. Notas adicionales a la fauna de garrapatas (Ixodoidea) de Cuba. V. Una nueva especie del género *Antricola* Cooley y Kohls, 1942 (Argasidae). *Poeyana* 151: 1-8.
- Cruz, J. de la. 1978. Notas adicionales a la fauna de garrapatas (Ixodoidea) de Cuba. VI. Cuatro nuevas especies del género *Antricola* Cooley et Kohls, 1942 (Argasidae: Ornithodorinae). *Poeyana* 184: 1-17.
- Cruz, J. de la y A. A. Socarrás. 1992. Garrapatas (Acarina: Argasidae) de las cuevas de calor de Cuba. *Reporte de Investigación del Instituto de Ecología y Sistemática, serie Zoología* 19: 1-22.

- Culver D. C. y T. Pipan. 2009. *The biology of caves and other subterranean habitats*. Oxford University Press, Oxford, 256 p.
- Cuervo Pineda, N. y A. R. Longueira Loyola. 2016. *Antricola habanensis* Cruz, 1976 (Carios); *Antricola martelorum* Cruz, 1978 (Carios); *Antricola silvai* Cerny, 1967. Pp. 214-218. En: *Libro Rojo de Invertebrados Terrestres de Cuba* (Hidalgo-Gato, M. M., J. Espinosa y R. Rodríguez-León, Eds.), Editorial Academia, La Habana.
- Ferreira, R. L., E. M. Kawamura, G. B. Pontes, S. S. Pinheiro Almeida, V. A. Araújo, y V. R. Cardoso Teixeira. 2005. Ecología populacional de *Goniosoma* sp. (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae) em uma caverna ferruginosa do município de Ouro Preto, MG. *Revista Brasileira de Zoociências Juiz de Fora* 7 (2): 203-216.
- Galán, C. 1993. Fauna hipógea de Guipúzcoa: su ecología, biogeografía y evolución. *Munibe* 45: 1-163.
- Gnaspini, P. 1996. Population ecology of *Goniosoma spelaum*, a cavernicolous harvestman from southeastern Brazil (Arachnida: Opiliones: Gonyleptidae). *Journal of Zoology* 239: 417-435.
- Harvey, M. S., R. Barba-Díaz, W. B. Muchmore y A. Pérez-González. 2007. *Pseudalbiorix*, a new genus of Ideoroncidae (Pseudoscorpiones, Neobisioidea) from Central America. *Journal of Arachnology* 34: 610-624.
- Howarth, F. G. 1983. Ecology of cave arthropods. *Annual Review of Entomology* 28: 365-389.
- Hunt, M. e I. Millar. 2001. Cave invertebrate collecting guide. *Department of Conservation technical series* 26: 1-29.
- Juberthie, C. y B. Delay. 1981. Ecological and biological implications of the existence of a "superficial underground compartment" Pp. 203-206. En: *Proceedings of the 8th International Congress of Speleology* (Beck, B. F., Ed.). Bowling Green, Kentucky, Vol. 2.
- Kunz, T. H. y A. Kurta. 1988. Capture methods and holding devices. Pp. 1-29. En: *Ecological and behavioral methods for study of bats* (Thomas H. Kunz, Ed.) Smithsonian Institution Press.
- Ladle R. J., J. V. L. Firmino, A. C. M. Malhado y A. Rodríguez-Durán. 2012. Unexplored diversity and conservation potential of Neotropical hot caves. *Conservation Biology* 26: 978-982.
- Longueira Loyola, A. R. 2004 a. *Las cuevas de calor de Cuba: sistemas subterráneos complejos en el trópico americano*. Memorias II Seminario Biental Internacional sobre la Teoría de la Complejidad. La Habana.
- Longueira Loyola, A. R. 2004 b. Ecoetología de argásidos guanobios en cuevas de calor de Cuba. Memorias Congreso de Ecología Tropical y Biodiversidad. Convención Trópico 2004, La Habana.
- Longueira Loyola, A. R. 2006. Composición, distribución y conservación de la fauna exclusiva de las cuevas de calor de Cuba. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Medio Ambiente y Desarrollo, Mención Biodiversidad y Medio Ambiente. Centro de Estudios del Medio Ambiente (CEMA), Universidad de La Habana, 145 pp.
- Longueira Loyola, A. R. e I. Rosado. 2000. Patógenos hallados en el guano de murciélago de tres cuevas de calor de Cuba. Congreso Internacional 60 Aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba. Camagüey. Resúmenes: 88.
- Orghidan, T., A. Núñez Jiménez, V. Decou, St. Negrea y N. Viña Bayés (Eds). 1977. *Résultats des expéditions biospéologiques cubano-roumaines à Cuba*. Editora Academiei Republicii Socialiste România, Bucarest. Vol. 2.
- Orghidan, T., A. Núñez Jiménez, V. Decou, St. Negrea y N. Viña Bayés (Eds). 1981. *Résultats des expéditions biospéologiques cubano-roumaines à Cuba*. Editora Academiei Republicii Socialiste România, Bucarest. Vol. 3.
- Orghidan, T., A. Núñez Jiménez, V. Decou, St. Negrea y N. Viña Bayés (Eds). 1983. *Résultats des expéditions biospéologiques cubano-roumaines à Cuba*. Editora Academiei Republicii Socialiste România, Bucarest. Vol. 4.
- Patterson, B., C. Dick y K. Dittmar. 2008. Parasitism by bat flies (Diptera: Streblidae) on neotropical bats: effects of host body size, distribution, and abundance. *Parasitology Research* 103: 1091-1100.
- Peck, S. B., A. Ruiz-Baliú y G. F. Garcés. 1998. The Cave-inhabiting Beetles of Cuba (Insecta: Coleoptera): Diversity, Distribution and Ecology. *Journal of Cave and Karst Studies* 60(3): 156-166.
- Pérez-González, A. 1999. El género *Loxosceles* (Araneae, Sicariidae) en Cuba. *Troglobio* (La Habana), 1: 2.
- Pérez-González, A. y J. Yager. 2001. The Cuban troglobites. En: *Mapping Subterranean Biodiversity*. *Karst Waters Institute Special Publication* 6: 71-74.
- Pinto-da-Rocha, R., 1996 a, Biological notes on and population size of *Pachylospeleus strinatii* Silhavy, 1974 in the Gruta das Areias de Cima, Iporanga, south-eastern Brazil (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Bulletin of the British Arachnological Society* 10: 189-192.

- Pinto-da-Rocha, R. 1996 b, Description of the male of *Daguerreia inermis* Soares & Soares, with biological notes on population size in the Gruta da Lancinha, Paraná, Brazil (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Revista Brasileira de Zoología* 13: 833–842.
- Racovitza, E. G. 1907. Essai sur les problemes biospeologiques. *Arch Zool Exp Gen (Biospeol I)*, 4e serie. 6:371–488.
- Racovitza, E. G. 2006. Essay on biospeological problems. Pp: 127–183. En: *Essay on biospeological problems*—French, English, Romanian version, (O. T. Moldovan, Ed. Emil George Racovitza. (D. C. Culver and O. T. Moldovan, trans.). Casa Cartii de Ştiinţa. Cluj-Napoca, Romania.
- Schiner, J.R. 1854. Fauna der Adelsberger, Luegger, and Magdalenen Grotte. Pp: 231–272. En: *Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina, and Laas* (A. Schmidt, Ed.). Braunmüller. Vienna. Austria.
- Silva Taboada, G. 1974. Sinopsis de la espeleofauna cubana. *Academia de Ciencias de Cuba, Serie Espeleología Carsológica* 43: 1–65.
- Silva Taboada, G. 1979. *Los murciélagos de Cuba*. Editorial Academia, La Habana, 423 pp.
- Silva Taboada, G. 1988. *Sinopsis de la espeleofauna cubana*. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana, 144 pp.
- Silvestri, F. 1929. Descrizione di un nuovo genere cavernicolo di Polydesmidae (Myriapoda: Diplopoda) di Cuba. *Bolletino del Laboratorio di Zoologia di Genova* 23: 6–9.
- Sket, B. 2008. Can we agree on an ecological classification of subterranean animals? *Journal of Natural History* 42: 1549–63.
- Teruel, R. 2012. Estatus de conservación del orden Schizomida (Arthropoda: Arachnida) en Cuba oriental. *Revista Ibérica de Aracnología* 21: 38–40.
- IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2012. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. Gland, Switzerland and Cambridge, U.K.: IUCN. Available at www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria
- Weinstein, P. y D. Slaney. 1995. Invertebrate faunal survey of Rope Ladder Cave, Northern Queensland: a comparative study of sampling methods. *Journal of Australian Entomological Society* 34: 233–236.
- Willemart, R. H. y P. Gnaschini. 2004. Breeding biology of the cavernicolous harvestman *Goniosoma albiscriptum* (Arachnida, Opiliones, Laniatores): sites of oviposition, egg batches characteristics and subsocial behavior. *Invertebrate Reproduction and Development* 45: 15–28.
- Whitaker; J. O. Jr. 1988. Collecting and preserving ectoparasites for ecological study. Pp. 459 – 474. En: *Ecological behavioral methods for the study of bats* (T. H. Kunz, Ed.). Smithsonian Institution Press. Washington, D. C.



Conglomerado de cucarachas (*Byrsotria* sp.) en una cueva



Phrynus marginemaculatus (familia Phrynidae)