



DUGESIANA

Revista de Entomología



Volumen 31 número 2

ISSN 2007-9133



Dugesiana, Año 31, No. 2, (julio-diciembre, segundo semestre 2024), es una publicación semestral, editada por la Universidad de Guadalajara, a través del Centro de Estudios en Zoología, por el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Ramón Padilla Sánchez # 2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco, Tel. 3337771150 ext. 33218, <http://dugesiana.cucba.udg.mx/index.php/DUG>, glenusmx@gmail.com. Editor responsable: José Luis Navarrete-Heredia. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2009-062310115100-203, ISSN: 2007-9133, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: José Luis Navarrete-Heredia, Editor y Ana Laura González-Hernández, Asistente Editorial. Fecha de la última modificación 1 de julio 2024.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara.

Ácaros (Arachnida: Acari) guanobios de cuevas en México

Guanobious Mites (Arachnida: Acari) from caves in Mexico

Margarita Ojeda^{1*}, Carmen Guzmán-Cornejo², Laura Del Castillo-Martínez² e Ignacio M. Vázquez-Rojas²

¹ Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México

² Laboratorio de Acarología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México

*Autor de correspondencia: Margarita Ojeda, margojeda@gmail.com; ORCID:0000-0001-6430-3455

ORCID:0000-0002-9719-1530, Carmen Guzmán Cornejo

ORCID ID: 0009-0005-5065-6803, Laura Del Castillo

ORCID: 0000-0003- 3570-4860, Ignacio M. Vázquez Rojas

RESUMEN

En la mayoría de las cuevas, la principal fuente de materia orgánica es aportada por los murciélagos, a través del guano, que está influenciado por su tipo de alimentación. En él viven una gran variedad de organismos, como bacterias, hongos, ácaros, colémbolos, y otros artrópodos, muchos de ellos adaptados al medio cavernícola. Especialmente varias familias de ácaros con distintos hábitos alimenticios son frecuentes en el guano y cada una de ellas tiene un papel en el ciclo de nutrientes que se lleva a cabo dentro de las cavernas.

Como parte de un proyecto de investigación sobre argásidos en cuevas de México, durante 2010-2016, se realizaron colectas de guano de murciélago en 15 cuevas en siete estados del país. En este trabajo, se presentan los registros de 90 taxones de Acari, incluidos en cuatro órdenes, 52 familias, 27 géneros y 11 especies determinadas a la fecha, asociadas al guano de cuevas del centro y sur de México con un origen geológico diverso. Los distintos grupos de ácaros llevan a cabo papeles particulares en la red trófica dentro de las cuevas, debido a sus diversos hábitos alimenticios. La información presentada provee datos para conocer la diversidad de ácaros guanobios y su papel dentro de las cuevas.

Palabras clave: Guano, troglobios, troglóxenos, registros, rol ecológico.

ABSTRACT

In most caves, the main source of organic matter is provided by bats, through guano, which is influenced by their type of diet. A wide variety of organisms live in it, such as bacteria, fungi, mites, springtails, and other arthropods, many of them adapted to the cave environment, especially several families of mites with different eating habits are frequent in the guano and each of them has a role in the nutrient cycling that takes place within the caves. As part of a research project on argasid ticks in caves in Mexico, during 2010-2016, bat guano collections were carried out in 15 caves in seven states of the country. Herein, the records of 90 Acari taxa are presented, included in four orders, 52 families, 27 genera and 11 species determined to date, associated with guano from caves in central and southern Mexico with a diverse geological origin. Different groups of mites carry out particular roles in the food web within caves, due to their diverse feeding habits. The information presented provides data to understand the diversity of guanobia mites and their role within the caves.

Keywords: Guano, troglobites, troglóxenos, records, ecological role

Las cuevas pueden ser definidas como cavidades subterráneas en una variedad de estratos, que albergan miles de especies adaptadas en distintos grados, y que en algunos sitios son tales que son consideradas como Hotspots de biodiversidad (Medellín *et al.* 2017; Pipan *et al.* 2020). Son habitadas por diferentes organismos y microorganismos, siendo los murciélagos una parte integral del ecosistema (Palacios-Vargas 2001; Sakoui *et al.* 2020). En los ambientes cavernícolas las redes alimentarias que se establecen son de dos tipos: la quimiolitoautotrófica (basada en bacterias), y la determinada por el material muerto de plantas y animales o detritus; que junto al ensamblaje de

los descomponedores y depredadores conforman el intrincado flujo de energía en estos sitios (Venarsky y Huntsman 2018). El material que forma el detritus es principalmente aportado de fuentes exógenas (Pellegrini y Ferreira 2013; Ferreira 2019); materiales que pueden llegar a través de ríos, o arroyos, como materia orgánica disuelta que se filtra a través de grietas o raíces de los árboles (Howarth 1972; Ferreira 2019). Además, hay otros materiales como las heces de diversos animales como aves y murciélagos, que son una fuente alterna y en ocasiones única en el ecosistema (Moulds 2005; Ferreira 2019). En general en las cuevas tropicales, el guano es la fuente más importante de nutrientes

(Gnaschini y Trajano 2000; Trajano y Carvalho 2017), de esta forma los murciélagos actúan como enlaces móviles que conectan los ambientes cavernícolas con el mundo exterior.

Las comunidades de organismos que residen en el guano de los murciélagos son variadas y aunque estos vertebrados son representativos de estos ambientes, no todos son cavernícolas; por ejemplo, en México solo cerca de la mitad de las especies (138) se distribuyen en cuevas (Medellín *et al.* 2017). En general el guano está compuesto de fosfatos y sulfatos de potasio, amonio, sodio, y calcio entre otros elementos (Ferreira *et al.* 2017), y un aporte importante de quitina y quitosano (Kaya *et al.* 2014). Sin embargo, esta composición varía de acuerdo con la dieta de las especies de murciélagos que lo aportan (Sakoui *et al.* 2020), de tal forma que en general se conocen tres tipos de guano: 1) frugívoro contiene semillas de diversos tamaños no digeridas y algunas veces con restos de pulpa; 2) hematófago de consistencia pastosa, color rojizo cuando está fresco, y negro y polvoso cuando viejo, y 3) insectívoro que contiene fragmentos de cutícula de los artrópodos consumidos (Ferreira y Martins 1999). Asimismo, la heterogeneidad de las condiciones químicas de los depósitos de guano se deben a variaciones en el tiempo. El guano fresco es generalmente más alcalino y húmedo, mientras que con los años se vuelve más seco y ácido (Pellegrini y Ferreira 2013). Los murciélagos pueden producir grandes cantidades de guano y tienen una fuerte influencia en el patrón de distribución de las poblaciones de animales cavernícolas, las cuales pueden albergar comunidades diversas de bacterias, hongos, protozoos, nematodos, ácaros, coleópteros, dípteros, lepidópteros, colémbolos y arañas; siendo los ácaros los organismos más abundantes en este sustrato (Harris 1970; Ferreira y Martins 1999; Pellegrini y Ferreira 2013).

México cuenta con más de 7,000 cuevas de diferentes tamaños, formas, origen y composición (Lazcano 1983). A pesar de que los estudios de fauna cavernícola en México se remontan a la segunda mitad del siglo XIX, con la descripción de especies cavernícolas por el naturalista Austriaco Dominik Bilimek, y posteriormente por investigadores internacionales y nacionales. Se tiene registros de alrededor de 1,900 especies de artrópodos de estos ambientes, 250 son ácaros y los relacionados con el guano corresponden a cerca de 160 especies (Palacios-Vargas 2008; Hoffmann *et al.* 2004).

Los animales de las cuevas han desarrollado una serie de adaptaciones de comportamiento, morfológicas y fisiológicas, que incluyen reducción o pérdida de ojos, despigmentación, atenuación de apéndices, adelgazamiento de la cutícula, disminución del metabolismo y pérdida de los ritmos circadianos (Barr y Holsinger 1985). Las adaptaciones reproductivas incluyen estrategias adaptativas estacionales de tipo 'K', fecundidad reducida y tiempos de generación aumentados (Poulson 1977; Poulson y Culver 1969; Carchini *et al.* 1994). Así como, adaptaciones en el comportamiento (Christiansen 2012). Howarth (1983) considerando

la clasificación Schiner-Racovitza, menciona que los cavernícolas terrestres se pueden clasificar según su grado de adaptación y dependencia de las cavernas; los troglóbios son especies obligadas que no pueden sobrevivir en ambientes epigeos. Los troglófilos son especies facultativas que viven y se reproducen en cuevas, pero también pueden sobrevivir en microhábitats oscuros y húmedos similares en la superficie. Los troglótenos pasan sólo una parte de su ciclo de vida en cuevas y regresan periódicamente a la superficie para alimentarse. Finalmente, los accidentales son especies que se encuentran en cuevas pero que no pueden sobrevivir ni reproducirse allí. Sin embargo, los conceptos fundamentales de esta clasificación están en discusión y han surgido nuevas propuestas (Trajano 2012; Trajano y Carvalho 2017). Para efectos de esta contribución seguiremos la presentada por Howarth (1983).

Como parte de un proyecto de investigación sobre argásidos en cuevas de México, se realizaron colectas de guano de murciélago en 15 cuevas del sur y centro del país con el objetivo de estudiar los ácaros presentes en este biotopo para conocer la riqueza y su papel en la cadena trófica que se establece en este ambiente tan particular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante 2010-2016 se visitaron un total de 15 cuevas de siete estados de la República Mexicana (Cuadro 1). Dentro de cada una de las cuevas se ubicó el sitio con acumulación de guano, los que variaron en tamaño, forma, profundidad y ubicación con respecto a la entrada. Se tomó una muestra de aproximadamente 300 gr. (sin considerar el tipo de guano), y fueron guardadas en una caja de plástico dentro de una hielera hasta su procesamiento con embudos de Berlese-Tullgren portátiles (BioQuip Products, Inc., Gardena, CA). Se colocaron en los embudos durante un día o en algunos casos, fueron directamente tamizadas, usando dos tamices superpuestos de 0.232 y 0.165 pulgadas de malla. El material obtenido se preservó en viales con etanol al 96%. Adicionalmente se colocaron redes de niebla dentro de las cuevas (por una hora) con la finalidad de capturar murciélagos y saber qué especies se encontraban habitando en estos ambientes. Los murciélagos capturados fueron colocados en costales de manta para posteriormente ser identificados con la clave de campo de Medellín *et al.* (2008). En el laboratorio, los ácaros fueron separados por grupos taxonómicos a nivel de orden; posteriormente se hicieron preparaciones semipermanentes aclarándose con lactofenol y montándose en líquido de Hoyer. Los ácaros fueron determinados con ayuda de un microscopio óptico (Zeiss AxioScope 1) y claves especializadas (Krantz y Walter 2009; Balogh y Balogh 1988, 1990; Dindal 1990). Los ácaros se depositaron en la Colección de Ácaros del Laboratorio de Acarología "Anita Hoffman", Facultad de Ciencias (LAFC), Universidad Nacional Autónoma de México.

RESULTADOS

Se identificaron un total de cuatro órdenes de Acari,

pertencientes a 90 taxones distribuidos en 52 familias, 27 géneros y 11 especies (Cuadro 3). Las cuevas con mayor riqueza fueron: el Palapo, Colima (18 taxones), La Chepa, Chiapas (18) y Río Coy, San Luis Potosí (15); mientras que las de menor riqueza: Agua Blanca, Tabasco (1 taxón), Kahua, Yucatán (1), el Aguacatillo, San Luis Potosí (2) y Cueva Chocantes, Yucatán (2). En el cuadro 2 se muestran las especies de murciélagos recolectadas en cada cueva, así como los reportes de otros autores, e información sobre el tipo de guano analizado.

Las familias mejor representadas en las cuevas estudiadas fueron: Laelapidae, Trombiculidae y Guanolichidae (*Neoguanolichus* sp.), en 5 cuevas, y Lardoglyphidae y Urodinychidae (*Uroobovella* sp.) en cuatro. Los Acari-formes estuvieron representados por Trombidiformes de 8 familias, siendo Trombiculidae la que estuvo presente en más cuevas (5). Para los Astigmatina, las familias Guanolichidae, Lardoglyphidae, Scatoglyphidae, Rhizoglyphidae y Acaridae, son las que se encontraron con mayor frecuencia en las cuevas estudiadas. Los oribátidos estuvieron pobremente representados en las 15 cuevas, sólo en la cueva El Palapo se observó un gran número de familias (ocho). Entre los Parasitiformes, el orden Mesostigmata, las familias Laelapidae, Diploginiidae, Dinychidae, Parasitidae y Sejidae se observaron en un mayor número de cuevas. Finalmente, el orden Ixodida estuvo representado sólo por tres especies de garrapatas blandas (Argasidae) de los géneros *Antricola* y *Ornithodoros*.

Con respecto al tipo de guano (frugívoro, hematófago o insectívoro), de acuerdo a observaciones y muestreos en algunas de las cuevas, así como la recopilación de información bibliográfica para las cuevas estudiadas y su relación con la diversidad de ácaros encontrados, podemos decir que, seis de las cuevas que en su mayoría albergan a murciélagos insectívoros es donde se observó una mayor diversidad, teniendo como ejemplo a las cuevas La Chepa, río Coy y el Palapo que fue donde se registraron el mayor número de familias.

DISCUSIÓN

Debido a los diferentes recursos alimentarios disponibles en las distintas cuevas, y la variedad de preferencias alimenticias de las distintas especies de ácaros habitantes en ellas, las redes tróficas en cada una de ellas suele ser muy compleja. De manera general, se pueden definir cuatro niveles tróficos: 1) Productores primarios, las fuentes de energía que pueden ser el guano, bacterias y el suelo de la cueva, 2) consumidores primarios compuestos de hongos y bacterias presentes en suelo, guano y paredes, o descomponedores primarios, 3) consumidores secundarios o descomponedores secundarios que promueven el proceso de ciclaje y descomposición, y 4) los depredadores; todos ellos que interactúan y dan como resultado los flujos energéticos en el sistema (Palacios-Vargas 2009; Palacios-Vargas *et al.* 2011). Las principales fuentes de alimentos son: los detritos vegetales que aporta la vegetación circundante, y

la otra muy importante, es el guano de los murciélagos, en donde colonias de bacterias y hongos se desarrollan siendo un complemento invaluable que junto a los materiales vegetales, aportan la base para el establecimiento de diversos organismos, y así la red trófica en el guano. Hongos y bacterias son consumidas como fuente de alimento por muchas especies de ácaros e insectos colémbolos, la mayoría de ellos presas de hormigas y coleópteros, así como de otros arácnidos como arañas, pseudoscorpiones y algunos grupos de ácaros.

En cuanto a los hábitos o preferencias alimenticias de las familias presentes en las cuevas estudiadas, podemos mencionar que, Laelapidae y Dinychidae son ácaros depredadores (Krantz y Walter 2009); los trombicúlidos (trombiculidae) tanto deutoninfas como adultos son también depredadores siendo su principal fuente de alimento los huevos de insectos. De los Astigmatina las familias mejor representadas: Guanolichidae, Lardoglyphidae, Scatoglyphidae, Rhizoglyphidae y Acaridae, son típicamente micófitas, características de hábitats efímeros y/o discontinuos, como son las cuevas, lo que explica su presencia y abundancia en el guano (Krantz y Walter 2009). En especial las especies de Guanolichidae son habitantes exclusivos del guano de murciélago en cuevas. Por su parte, los oribátidos, un grupo responsable y bien documentado por su participación en la descomposición e incorporación de la materia orgánica en los suelos, fueron poco abundantes y diversos en las cuevas de este estudio. Solo en la cueva El Palapo se registraron diez familias, en su mayoría, son ácaros saprobios, que consumen el material orgánico en descomposición, aunque algunos se alimentan de hongos, tanto hifas como esporas, cumpliendo con una función importante para estos últimos ya que ayudan a su dispersión (Krantz y Walter 2009), y esto explica su presencia, ya que en esta cavidad hay un fuerte aporte de material vegetal.

Entre los Parasitiformes, los mesostigmados, Laelapidae, Diploginiidae, Dinychidae, Parasitidae y Sejidae son ácaros de hábitos, en su mayoría depredadores que se alimentan de otros ácaros como los astigmatinos que son muy abundantes en el guano; sin embargo, también hay algunos que pueden consumir hongos y otros elementos del material presente en dicho sustrato. Dentro de los ácaros Trombidiformes: Trombidiidae, Cunaxidae y Neotrombidiidae, presentan una amplia variedad de hábitos alimenticios, desde saprobios hasta depredadores, y simbioses comensales, foréticos y algunos parásitos (Krantz y Walter 2009).

Finalmente, las garrapatas blandas (*Antricola* y *Ornithodoros*), sus larvas suelen encontrarse parasitando a murciélagos que habitan en estos ambientes, y pueden llegar a encontrarse también en el guano (Labruna *et al.* 2012; Guzmán-Cornejo *et al.* 2017), como se observó en este estudio.

En el guano de los murciélagos viven ácaros y colémbolos muy similares a los que se encuentran en los detritos vegetales, pero con algunas especies muy especializadas como guanófilas, ya que el aporte de los murciélagos será distinto tanto por sus hábitos alimenticios específicos, como

por el número de individuos de cada colonia, por ejemplo, el guano de *Desmodus* (hematófago) contiene más carbono, nitrógeno y fósforo, que el de *Pteropus*, un frugívoro. Estas diferencias en la composición del guano sugieren que éste puede afectar la estructura del ecosistema y su dinámica de manera diferente (Emerson y Roark 2007). El guano de la mayoría de las cuevas analizadas correspondió a murciélagos insectívoros y frugívoros, y aunque el muestreo en cada una de ellas fue puntual, esto nos ha permitido tener un primer acercamiento de la riqueza de ácaros en cada una de ellas. Cuevas como la Chepa, en Chiapas y la del río Coy en San Luis Potosí, probablemente incluyen poblaciones abundantes de murciélagos, mientras que en la cueva del Parque Ecológico el Palapo, en Colima esta se caracterizó por ser un espacio más pequeño tipo oquedad, con dos aberturas hacia el exterior, lo que probablemente permita un arrastre de materia orgánica externa, que se vió reflejado en el número de oribátidos encontrados. Muestreos a lo largo de un ciclo y considerando varios puntos de colecta, son necesarios para poder entender la dinámica poblacional en cada una de las cuevas estudiadas. Sin embargo, a pesar de las limitaciones en los muestreos, la riqueza de ácaros asociados con estos ambientes suele ser muy alta.

Las cuevas debido a su rareza y distribución restringida son hábitats similares a islas (Poulson y White 1969), y los animales que viven en ellas, son particularmente vulnerables a perturbaciones ambientales temporales o locales. Diversos autores han señalado que muchos de los organismos adaptados a las cavernas se encuentran en peligro de extinción (Medellín *et al.* 2000; Howarth 1983; Arita 1993). Por lo que, el conocimiento de la diversidad y abundancia de las comunidades cavernícolas es esencial para detectar fluctuaciones poblacionales y monitorear las poblaciones con fines de conservación, especialmente las de las especies que habitan el guano un sustrato vital para el flujo de energía y parte fundamental de la red trófica de las cuevas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es en reconocimiento a la Dra. Gabriela Castaño-Meneses, a su labor en las investigaciones enfocadas al conocimiento sobre la biología, ecología y taxonomía de sobre la fauna edáfica y otros ambientes similares como son las cuevas, hábitats explorados por la Dra. Castaño a lo largo de su trayectoria profesional.

Agradecemos al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Nacional Autónoma de México (PAPIIT-UNAM No. IN214114).

LITERATURA CITADA

- Arita, H. 1993. Conservation biology of Mexican cave bats. *Journal of Mammalogy* 74:693-702.
- Balogh, J. and P. Balogh. 1988. *Oribatid Mites of the Neotropical Region I. The soil mites of the world*. Vol 2 (ed. Balogh J.) Elsevier, Amsterdam.
- Balogh, J. and P. Balogh. 1990. Oribatid Mites of the Neotropical Region II. The soil mites of the world. Vol 3 (ed. Balogh J.) Elsevier, Amsterdam.
- Barr, T.C. and J.R. Holsinger. 1985. Speciation in Cave Faunas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16: 313-337.
- Carchini, G., M. Rampini and V. Sbordoni. 1994. Life cycle and population ecology of the cave cricket Dolichopoda geniculata (Costa) from Valmarino cave (Central Italy). *International Journal of Speleology* 23(3/4):203-218. DOI: 10.5038/1827-806X.23.3.6
- Christiansen, K.A. 2012. Morphological adaptations (pp. 517-528). In: White, W. B. and D. C. Culver (Eds), *Encyclopedia of caves*. Elsevier, Amsterdam.
- Dindal, D.L. 1990. *Soil Biology Guide*. Wiley, New York.
- Elliott, W. R. and J.R. Reddell. 1973. A checklist of the cave fauna of Mexico. VI. Valle de los Fantasma Region, San Luis Potosí. *Association of Mexican Cave Studies Bulletin*. 5:191-201.
- Emerson J.K. and A.M. Roark. 2007. Composition of guano produced by frugivorous, sanguivorous, and insectivorous bats. *Acta Chiropterologica*, 9(1): 261-267, 2007
- Ferreira, L.R. 2019. Guano communities. (pp. 474-484). In: William, W.B., D.C. Culver and T. Pipan (Eds). *Encyclopedia of caves*. Elsevier, Amsterdam.
- Ferreira, L.R. and P.R. Martins. 1999. Guano de Morcegos; fonte de vida em cavernas. *Ciencia Hoje*, 25 (146): 34-40.
- Ferreira, R.L., X. Prous and R.P. Martins. 2007. Structure of bat guano communities in a dry Brazilian cave: *Tropical Zoology* 20: 55-74.
- Gnasplini, P. and E. Trajano. 2000. Guano communities in tropical caves (pp. 251-268). In: Wilkens, H., D. C. Culver and W. F. Humphreys (Eds.) *Ecosystems of the world. Subterranean ecosystems*. Amsterdam, Elsevier.
- Guerrero, R. and J. B. Morales-Malacara. Streblidae (Diptera: Calyptratae) parásitos de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) cavernícolas del centro y sur de México, con descripción de una especie nueva del género *Trichobius*. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ser. Zool.* 67: 357-373.
- Guzmán-Cornejo, C., García-Prieto, L., Rebollo-Hernández, A., Venzal, J. M., Nava, S., and S. Sánchez-Montes. 2017. Molecular evidence and additional morphological characters to distinguish *Ornithodoros brodyi* and *Ornithodoros yumatensis* (Ixodida: Argasidae) in their different developmental stages. *Acta Parasitologica*, 62(2), 432-448.
- Harris, J.A. 1970. Bat-guano cave environment. *Science*, 169: 1342-1343.
- Hoffmann, A., G. López-Campos e I.M. Vázquez-Rojas. 2004. Los Artrópodos de las cavernas de México (pp. 229-326). In: Llorente Bousquets, J.E., J.J. Morrone, O. Yañez Ordoñez e I. Vargas (Eds.) *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. IV. Universidad Nacional Autónoma de México y Conabio, México, D.

- F.
- Howarth, F.G. 1972. Cavernicoles in lava tubes on the Island of Hawaii. *Science*, 175: 325-326
- Howarth, F.G. 1983. Ecology of cave arthropods. *Annual Review of Entomology* 28: 365-389.
- Jones, J. K., JR., J. D. Smith and H.H. Genoways. 1973. Annotated checklist of mammals of the Yucatan Peninsula, México. I. Chiroptera. *Occasional Papers Museum of Texas Tech University* 13:1-31.
- Kaya, M., O. Seyyar, T. Baran and T. Turkes. 2014. Bat guano as new and attractive chitin and chitosan source. *Frontiers in Zoology*, 11: 1-10.
- Krantz W. and D.E. Walter. 2009. A manual of Acarology. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas.
- Labruna, M.B., S. Nava, C. Guzmán-Cornejo and J.M. Venzal. 2012. Maternal care in the soft tick *Antricola marginatus*. *Journal of parasitology*, 98 (4): 876-877
- Lazcano S.C. 1983. México paraíso de la espeleología. *Gaceta UNAM (Sexta Época)*, 1(41): 21.
- López-Wilchis, R., A. Méndez-Rodríguez, J. Juste, J.L. García-Mudarra, F. Salgado-Mejía and L.M. Guevara-Chumacero. 2021. The Big Naked-backed Bat, *Pteronotus gymnotus*, Chiroptera, Mormoopidae, in its northernmost geographic distribution range. *Therya* 12: 449-459.
- Medellín, R.A., H.T. Arita and O. Sánchez. 2008. *Identificación de los Murciélagos de México, Clave de Campo*. Instituto de Ecología, UNAM, México, Ciudad de México.
- Medellín, R., M. Equihua, and M. Amín. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforest. *Conservation Biology* 14:1666-1675.
- Medellín, R.A., R. Wiederholt and L. Lopez-Hoffman. 2017. Conservation relevance of bat caves for biodiversity and ecosystem services. *Biological Conservation*. 211: 45-50.
- Mitchell, R.W. and J.R. Reddell. 1973. Studies on the Cavernicole Fauna of Mexico and Adjacent Regions Vol. 5. Association for Mexican Cave Studies, Bulletin. University of South Florida, USA.
- Moulds, T.A. 2005. Guanophilic invertebrate ecology and conservation in caves. Cave and Karst Management in Australasia 16. Proceedings of the 16th ACKA Conference, Westport, NZ.
- Palacios-Vargas, J.G. 2001. La Biodiversidad de los ácaros cavernícolas en México. En: Vargas, M., O.J. Polaco y G. Zuñiga (Eds.). Contribuciones Entomológicas. Homenaje a la doctora Isabel Bassols Batalla. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- Palacios-Vargas, J.G. 2009. Los estudios bioespeleológicos de la cueva de las Sardinas y sus perspectivas. *Mundos Subterráneos*, 20.
- Palacios-Vargas, J.G., G. Castaño-Meneses and D.A. Estrada. 2011. Diversity and dynamics of microarthropods from different biotopes of Las Sardinas cave (Mexico). *Subterranean Biology*, 9:113-126. <https://doi.org/10.3897/subtbiol.9.2514>
- Pellegrini, T.G. and R.L. Ferreira. 2013. Structure and interactions in a cave guano-soil continuum community. *European Journal of Soil Biology*, 57: 19-26.
- Poulson, T.L. 1977. A tale of two spiders. *Cave Resolution Foundation Annual Report*. 245-248. DOI:10.1098/rspb.2017.0193
- Poulson, T.L. and D.C. Culver. 1969. Diversity in terrestrial cave communities. *Ecology* 50: 153-158.
- Poulson, T. L. and W.B. White. 1969. The cave environment. *Science* 165: 971-981.
- Sakoui, S., R. Derdak, B. Addoum, A. Serrano-Delgado, A.Soukri, B. El Khalfi. 2020. The Life Hidden Inside Caves: Ecological and Economic Importance of Bat Guano. *International Journal of Ecology* (5), DOI: 10.1155/2020/9872532
- Trajano, E. 2012. Ecological classification of subterranean organisms (pp. 275-277). In W. White and D. Culver (Eds.). *Encyclopedia of Caves*. Academic Press, Waltham. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383832-2.00035-9>
- Trajano, E. and M. Carvalho. 2017. Towards a biologically meaningful classification of subterranean organisms: a critical analysis of the Schiner-Racovitza system from a historical perspective, difficulties of its application and implications for conservation. *Subterranean Biology* (22), 1-26.
- Vázquez-Pérez, E.U., J.A. Roque-Velázquez y E. Velázquez-Velázquez. 2010. Diversidad alfa y beta en murciélagos cavernícolas de la Depresión Central, Chiapas, México. *Lacandonia* 4: 47-54.
- Venarsky, M.P. and B.M. Huntsman. 2018. Food webs in caves (pp. 309-328). In: Moldovan, O., L. Kováč and S. Halse (Eds.). *Cave Ecology*. Springer, Amsterdam.

Reibido: 30 de abril 2024

Aceptado: 6 de junio 2024

Cuadro 1. Cuevas estudiadas mostrando ubicación, fecha de recolecta del guano y datos abióticos.

Estado/Cueva	Municipio	Coordenadas	Fecha de colecta	Altura msnm	Humedad relativa %	Temperatura °C
Chiapas						
Cueva de la Chepa	Tuxtla Gutiérrez	16°46'42'' N, 93°08'55'' O	29-III-2014	781	74	36
Cueva del Naranja	Cintalapa	16°51'16'' N, 93°42'16'' O	30-III-2014	769	100	24
Cueva Cerro Hueco	Tuxtla Gutiérrez	16°43'16'' N, 93°05'24'' O	31-III-2014	563	78	20
Cueva del Guano	San Fernando	16°48'37.31'' N 93°10'30.3'' O	2-IV-2014	777	94	22
Colima						
Cueva del Parque Eco-lógico el Palapo	Coquimatlán	19°11'57'' N, 103°54'53'' O	23-VI-2015	238	-	-
Nayarit						
Cueva Cerro de las Viejas	Santiago Ixcuintla	22°51'56'' N, 105°09'0.96'' O	18-VI-2015	-	-	-
Quintana Roo						
Cueva del Sereque (Ac-tún tsuub)	Lázaro Cárdenas	20°48'15'' N, 87°28'34'' O	6-X-2014	14	92	27
San Luis Potosí						
Cueva del Aguacatillo	Mantetzulel	21°38'0.996''N, 99°39'42.6'' O	6-IX-2015	108	98	23
Cueva del Río Coy	Tanlajás	21°43'54.3'' N 98°58'33.64'' O	3-X-2016	74	98	23
Cueva Chica	Ciudad Valles	21°51'35.35'' N 98°56'11.9'' O	4-X-2016	63	98	25
Tabasco						
Cueva Agua Blanca	Macuspana	17°37'11'' N 92°28'12'' O	30-IX-2014	193	89	24
Cueva de las Sardinas	Tapijulapa	17°26'32.53'' N 92°46'31.19'' O	12-VI-2010	91	85	32.3
Yucatán						
Cueva de Calcehtok	Opichén	20°33'02'' N, 89°54'43'' O	14-VI-2010	62	-	-
Cuevas Chocantes	Tecax	20°12'10'' N, 89°17'58'' O	2-X-2014	91	91	30
Cueva Kahua	Kahua	20°37'36'' N, 89°24'85'' O	5-X-2014	-	-	-

Cuadro 2. Especies de murciélagos capturados durante este estudio y registros obtenidos de la literatura para cada una de las cuevas analizadas.

Cueva	Especies de murciélagos capturados durante este estudio	Registro de murciélagos en literatura	Tipo de guano analizado	Referencias
Chiapas				
Cueva de la chepa	<i>Natalus mexicanus</i>	<i>Artibeus intermedius</i> , <i>Balantiopteryx plicata</i> , <i>Mormoops megalophylla</i> , <i>Glossophaga soricina</i> , <i>Natalus stramineus</i> ,	Insectívoro	Vázquez-Pérez <i>et al.</i> 2010
Cueva del naranjo	<i>Artibeus intermedius</i> <i>Desmodus rotundus</i>	-	Insectívoro-Frugívoro	-
Cueva cerro hueco	<i>Artibeus jamaicensis</i>	<i>Artibeus</i> sp., <i>Artibeus jamaicensis</i> , <i>Glossophaga soricina</i> , <i>Mormoops megalophylla</i> , <i>Glossophaga soricina</i> , <i>Pteronotus parnellii</i> ,	Frugívoro	Guerrero y Morales-Malacara 1996 Vázquez-Pérez <i>et al.</i> 2010
Cueva del guano	<i>Artibeus jamaicensis</i> <i>Desmodus rotundus</i>		Frugívoro	
Colima				
Cueva del parque ecológico el Palapo	<i>Macrotus waterhousii</i> <i>Glossophaga</i> sp. <i>Desmodus rotundus</i>	-	Insectívoro	-
Nayarit				
Cueva cerro de las viejas	<i>Pteronotus psilotis</i> (=Pt. <i>personatus</i>)	-	Insectívoro	-
Quintana Roo				
Cueva del sereque (Actún tsuub)	<i>Carollia sowelli</i> <i>Glossophaga soricina</i>	-	Frugívoro-Insectívoro	-
San Luis Potosí				
Cueva del aguacatillo	-	-	Frugívoro	-
Cueva del nacimiento del Río Coy	<i>Artibeus jamaicensis</i> , <i>Mormoops megalophylla</i> <i>Glossophaga soricina</i>	<i>Artibeus lituratus</i> , <i>Desmodus rotundus</i> , <i>Pteronotus parnellii</i> , <i>Pteronotus psilotis</i> (=Pt. <i>personatus</i>), <i>Natalus stramineus</i>	Frugívoro	Elliot y Reddell 1973
Cueva chica	<i>Mormoops megalophylla</i>	-	Insectívoro	-
Tabasco				
Cueva agua blanca	-	<i>Pteronotus gymnonotus</i> , <i>Pteronotus fulvus</i> (=Pt. <i>davyi</i>),	Insectívoro	López-Wilchis <i>et al.</i> 2021

Cueva de las sardinas	-	<i>M. megalophylla</i> , <i>Pteronotus davyi</i> , <i>Pteronotus parnellii</i> , <i>Pteronotus psilotis</i> (=Pt. personatus), <i>Pteronotus gymnonotus</i> , <i>Balantiopteryx</i> , <i>Carollia</i> sp., <i>Desmodus rotundus</i>	Insectívoro	Palacios- Vargas 2009
Yucatán				
Cueva de calcehtok	-	<i>Pteropteryx macrotis</i> , <i>Desmodus rotundus</i>	Insectívoro	Jones <i>et al.</i> 1973
Cuevas chocantes	-	-	Frugívoro	
Cueva Kahua	-	<i>Diphylia ecaudata</i>	Insectívoro	Jones <i>et al.</i> 1973

Cuadro 3. Listado de taxones de ácaros colectados en 15 cuevas de siete estados de la República Mexicana. Chiapas: Cche= Cueva de la chepa; CN= Cueva del Naranja; CCH= Cueva de Cerro Hueco; CG= Cueva del Guano. Colima: CP= Cueva del Parque Ecológico el Palapo. Nayarit: CCV= Cueva Cerro de las viejas. Quintana Roo: Cse= Cueva del sereque. San Luis Potosí: CA= Cueva del aguacatillo; CRC= Cueva del nacimiento del Río Coy; Cchi= Cueva chica. Tabasco: CAB= Cueva agua blanca; Csa= Cueva de las sardinas. Yucatán= CC= Cueva Calcehtok; Ccho= Cueva chocantes; CK= Cueva Kahua. *Superfamilias.

Orden/ Familia/ Género/Especie	C c h e	C N	C C H	C G	C P	C C V	C se	C A	C R C	C chi	C A B	C sa	C C	C cho	C K
IXODIDA															
Argasidae															
<i>Antricola mexicanus</i>						X						X			
<i>Antricola marginatus</i>													X		
<i>Ornithodoros yumatensis</i>				X											
MESOSTIGMATA															
Ascidae			X												
Dermanysidae			X												
Diarthropthalidae									X						
Dinychidae			X		X		X								
Diplogyniidae							X					X	X		
Ichthyostomatogasteridae									X						
Laelapidae					X		X	X				X	X		
Macrochelidae			X												
<i>Geholapsis</i>									X						
Metagynuridae			X												
Parasitidae			X				X		X						
Podocinidae															
<i>Podocinum sagax</i>							X								
Polyaspididae									X						
<i>Polyaspis</i>									X						
Rhodacaridae					X									X	
Sejidae	X	X													
gen. sp. 1	X														
gen. sp. 2	X														
gen sp. 3	X									X					

Trachyuropodidae									X										
Trematuridae		X																	
Trigonuropodidae	X																		
Uropodidae			X																
<i>Deraiphoras</i>									X										
<i>Trichouropoda</i>									X										
<i>Trichocylliba</i>			X						X										
Urodinychidae																			
<i>Uroobovella</i>		X	X	X											X				
TROMBIDIFORMES																			
Caligonelidae				X															
Cheyletidae					X														
Cunaxidae	X				X										X				
Neotrombidiidae																			
<i>Discotrombidium villasiense</i>	X													X				X	
Rhagidiidae					X				X										
Stigmaeidae																			
<i>Storchia</i>				X					X										
Trombidiidae														X	X	X			
gen. sp. 1	X																		
gen. sp. 2	X																		
gen. sp. 3	X																		
gen. sp. 4	X																		
Trombiculidae	X				X								X		X				X
<i>Pentagonectum</i> sp.	X																		
SARCOPTIFORMES																			
Acaridae			X										X						
Carpoglyphidae						X													
Glyciphagidae										X									
Guanolichidae	X	X				X								X	X				
<i>Neoguanolichus</i> sp.	X	X				X								X	X				
Histiostomatidae																			
<i>Histiostoma</i>													X						X
Lardoglyphidae		X		X	X	X													
Lemaniellidae		X		X															
Rizoglyphidae	X				X														
Scatoglyphidae	X									X									
Adelphacaridae																			
<i>Adelphacarus</i>					X														
Camisiidae					X														
Haplozetidae													X						
<i>Paraxylobates</i>										X									
Hypochthoniidae																			
<i>Eohypochthonius crassitiger</i>					X					X									
Lohmannidae																			
<i>Torpacarus ornitens</i>					X														

Malaconothridae															
<i>Malaconothrus mollisetosus</i>												X			
Oppidae															
<i>Amerioppia</i>		X			X										
<i>Ramusella</i>						X									
Cymbaeremaeidae															
<i>Scaphereameus</i>					X										
Oribatulidae															
<i>Areozotes</i>							X								
Punctoribatidae															
<i>Allozetes</i>					X										
Schelorbitidae															
<i>Monoschelorbitates</i>	X											X			
Sphaerochthoniidae															
<i>Sphaerochthonius phyllophorus</i>					X										
<i>Sphaerochthonius splendidus</i>	X														
Trhypochthoniidae															
<i>Trhypochthoniellus</i>							X								
<i>Trhypochthonius</i>										X					
Eremuloidea*															
<i>Eremuloidea</i>					X										
Oppioidea*															
<i>Oppioidea</i>										X					
	18	7	10	6	18	5	7	2	15	7	1	10	6	2	1