

Mundos Subterráneos

Número 27-28, noviembre 2017-2018

ISSN 0188-6215



Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas, A. C.



**Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas, A. C.
Mesa Directiva 2017-2019**

Fátima del Rosario Tec Pool
PRESIDENTE INTERINA

Adrián Miguel-Nieto
SECRETARIO

Alicia María Dávila García
TESORERA

Rogelio Hernández Vergara
Luis Omar Calva Pérez
VOCALES

COMISIONES

Turismo: Mónica Grissel Ponce González

Rescate: Dante Salomo Suárez
Marcelo González Rodríguez

Científica: Carlos Augusto Evia Cervantes

Registro Mexicano de Cuevas: Ángel García Carlos

COMITÉ EDITORIAL

Editora general: Argelia Tiburcio Sánchez

Editora adjunta: Susana Alejandra Mendoza Contreras

Editor adjunto: Luis Omar Calva Pérez

Editor de diseño: Adrián Miguel-Nieto

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

Eleonora Trajano (Brasil)

José Ayrton Labegalini (Brasil)

Franco Urbani (Venezuela)

MUNDOS SUBTERRÁNEOS

Publicación oficial de la Asociación Civil UMAE, Certificado de Licitud de Título No. 5658, Certificado de Contenido No. 4373. Registro No. 864-91. Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización escrita del Comité Editorial. Los artículos son responsabilidad exclusiva de sus autores.

Fotografía de portada: *Sima del Niño Caído*, Reserva Ecológica Moxquivil, Chiapas.
Autor: O. R. Sánchez Morales, 2014. Grupo Espeleológico Jaguar, A. C.

PRESENTACIÓN

El primer número de *Mundos Subterráneos* fue publicado en el año de 1990, fruto del extraordinario esfuerzo de José G. Palacios Vargas, Guadalupe Pineda, Alejandro Carrillo, Marina Montes y Víctor Granados. El objetivo de la revista ha sido siempre el mismo: ser el medio de difusión y divulgación de los resultados de trabajos científicos y técnicos dentro de la interesante y cautivadora actividad espeleológica.

Durante más de un cuarto de siglo, la revista ha tenido el sello indiscutible del Dr. José Palacios, quien nos ha introducido al fascinante mundo de las cuevas y sus habitantes con una publicación anual, en la que han colaborado distinguidos investigadores y espeleólogos de la comunidad nacional e internacional.

El pasado mes de abril, *Mundos Subterráneos* renovó a su equipo editorial como parte de los cambios propuestos por la actual mesa directiva de la Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas (UMAE). El cambio del comité editorial se llevó a cabo a través de una convocatoria a los miembros de la UMAE para relevar a los editores anteriores, que llevaban en funciones más de veinte años. Esta transformación no significa en absoluto una ruptura, ya que la transición entre los equipos editoriales se ha realizado sin ningún problema gracias a la inestimable colaboración de todas las personas implicadas.

Es necesario resaltar y agradecer el enorme trabajo realizado por el Dr. José Palacios, quien fue fundador de la UMAE, así como la persona que ideó y llevó a cabo la noble labor de dirigir esta revista durante tantos años. El nuevo equipo editorial espera continuar con esta labor y expandir el reconocimiento de la revista a nivel nacional e internacional.

Este número es fruto de la transición antes mencionada, en la cual hemos buscado elevar la calidad del contenido de los artículos por medio de un proceso de arbitraje y evaluación más rigurosa de los trabajos, tarea en la que han colaborado distinguidos especialistas. Esperamos que los autores valoren este esfuerzo, acepten las críticas de los revisores y realicen los cambios sugeridos para que los lectores encuentren artículos con información actual, oportuna y relevante en el ámbito de la espeleología.

El reconocimiento que la revista ha ganado a lo largo de los años la ha colocado como un referente de consulta del acontecer espeleológico. Los trabajos relacionados con el campo de la Zoología son citados en el *Zoological Records*, y la publicación es distribuida a las bibliotecas de la FEALC y la UIS; además es intercambiada con diversas asociaciones espeleológicas.

En esta nueva etapa, la revista continúa con el propósito que le dio origen, ser el medio oficial de la UMAE para la divulgación de trabajos de aquellos interesados en publicar artículos sobre diversos campos de la espeleología. Para ello, estamos en un proceso de cambio de los siguientes aspectos:

1. *Edición digital.* Consideramos que es impostergable la transición a la edición digital, ya que el soporte electrónico de las revistas no sólo permite su difusión universal, sino que también ofrece inmensas posibilidades al lector. El equipo actual quiere convertir la *edición digital* en una herramienta moderna y potente que facilite al lector la gestión personalizada de todo el material de la revista *Mundos Subterráneos* que atraiga a los lectores por sus contenidos. En este momento estamos en fase de rediseño del sitio web y cuando tengamos el proyecto definido, lo compartiremos en detalle con los lectores. *Mundos Subterráneos* en soporte papel va a seguir coexistiendo con la edición electrónica, aunque previsiblemente el número de copias se irá reduciendo de acuerdo con las preferencias de nuestros lectores.
2. *Comité Editorial:* se ha renovado totalmente. Se ha pedido a todos los miembros del Comité Editorial a que se comprometan por un periodo de dos años en el proceso editorial. De igual forma se ha logrado la incorporación de destacados espeleólogos e investigadores nacionales e internacionales en el proceso de arbitraje. La calidad de la revista depende directamente de la calidad de las revisiones y es un pilar fundamental de las decisiones editoriales.

En conclusión, en esta primera «Página del editor» queremos transmitir nuestro deseo de seguir haciendo la mejor revista de espeleología con enfoque científico que sea posible, a la par de la implementación de diferentes aspectos organizativos para los próximos dos años. Esperamos que este proyecto sea de su interés y agradeceremos cualquier sugerencia que deseen aportar.

Comité Editorial

INDICE

HERPETOFAUNA PRESENTE EN CAVERNAS Y CENOTES DE YUCATÁN Pedro E. Nahuat-Cervera, Roberto C. Barrientos-Medina	1
GRUPO PIONERO ESPELEOLÓGICO DE SONORA: BIÓLOGOS EXPLORANDO NUEVOS RINCONES DE MÉXICO Omar Calva, Clément J. M. Ronzon	14
CUEVAS DE LA RESERVA ECOLÓGICA MOXVIQUIL, SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS Kaleb Zárate Gálvez, Diana Hermida Villarreal	27
CONEXIÓN DE DOS SISTEMAS SUBTERRÁNEOS A 19 AÑOS DE DISTANCIA EN LA SIERRA NEGRA DE PUEBLA Ángel García Carlos	41
EXPLORACIÓN EN JUNGAPEO DE JUÁREZ, MICHOACÁN Susana Alejandra Mendoza, Alan O. Nieves Mendoza, Alonso Márquez Rubio, Erika González Hernández	47
DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TURÍSTICO DE LA CUEVA DE LA MORA, EN EL MUNICIPIO DE NACO SONORA Eduardo Alfredo Gracia Escalante, Omar Calva	54
KENNETH A. CHRISTIANSEN (1924-2017) <i>IN MEMORIAM</i> José Guadalupe Palacios Vargas	64
UNIÓN MEXICANA DE AGRUPACIONES ESPELEOLÓGICAS, A. C. (MIEMBROS DE LAS MESAS DIRECTIVAS 1990-2018) José Guadalupe Palacios Vargas	72
NORMAS EDITORIALES	76

HERPETOFAUNA PRESENTE EN CAVERNAS Y CENOTES DE YUCATÁN

Pedro E. Nahuat-Cervera¹, Roberto C. Barrientos-Medina^{2*}

¹Licenciatura en Biología y ²Departamento de Ecología, Cuerpo Académico de Ecología Tropical. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Km. 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil. Mérida, Yucatán, México.

*rcarlos@correo.uady.mx.

Resumen

En el presente trabajo se presenta un análisis de los patrones de riqueza, frecuencia de aparición, composición, distribución, así como el estado de conservación de 51 especies de anfibios y reptiles en 54 localidades del estado de Yucatán. Los resultados indican una baja riqueza de especies en los ecosistemas considerados en el análisis (1-6 especies). Las especies *Coleonyx elegans*, *Tropidodipsas sartorii*, *Lithobates brownorum*, *Thecadactylus rapicauda*, *Coniophanes schmidtii*, *Rhinophrynus dorsalis* y *Bolitoglossa yucatanana* destacan por su frecuencia de aparición. Los cenotes y cuevas de la reserva Cuxtal conforman un grupo particular por la composición de la herpetofauna, en particular por las serpientes. En el rubro de la conservación, se destacan los casos de *Cachryx defensor* y *Craugastor yucatanensis*. Se discute la relevancia de los resultados para el

conocimiento de la herpetofauna de la región.

Palabras clave: Anfibios, reptiles, cenotes, cuevas, Yucatán.

Abstract

In the present work, an analysis of the wealth patterns, frequency of publication, composition, distribution, as well as the state of conservation of 51 species of amphibians and reptiles in 54 localities of the state of Yucatan is presented. The results indicate a low species richness in the ecosystems considered in the analysis (1-6 species). The species *Coleonyx elegans*, *Tropidodipsas sartorii*, *Lithobates brownorum*, *Thecadactylus rapicauda*, *Coniophanes schmidtii*, *Rhinophrynus dorsalis* and *Bolitoglossa yucatanana* are highlighted for their frequency of occurrence. The cenotes and caves of the Cuxtal reserve conform a distinct group, due to their species composition, particularly snakes. The cases of *Cachryx defensor* and *Craugastor yucatanensis* are highlighted by their characteristics and conservation status. The relevance of the results for the knowledge of the herpetofauna of this region is discussed.

Keywords: Amphibians, reptiles, sinkholes, caves, Yucatan

Introducción

La península de Yucatán es una plataforma calcárea en la que, debido a la acción del agua carbonatada sobre el material parental, se originan distintas formas cársticas conocidas como cenotes, cavernas y sartenejas (Schmitter-Soto y col., 2002).

Como la ausencia de corrientes superficiales es aún más evidente en el estado de Yucatán, los cenotes y cavernas juegan un papel importante como biotopos para la fauna, en particular la vinculada con los ambientes acuáticos (Ilfie 1993, Romeu 1997). Si a lo anterior aunamos la importancia cultural de estos sistemas cársticos (Antochiw 2017, Barba-Minecke & Escalante 2017), resulta relevante el estudio del componente biótico que se puede encontrar en ellos dada su función de islas de biodiversidad (Bojórquez 2017).

A pesar de lo anterior, y contrario a lo que sucede con otros grupos como invertebrados y peces (Álvarez y col., 2017), el conocimiento de los anfibios y reptiles asociados a las manifestaciones cársticas de Yucatán es escaso, a pesar del interés en el estudio de la herpetofauna ligada a los cenotes y cuevas de Yucatán (Ives 1892, Cope 1895, Barbour & Cole 1906, Gaige 1936, Smith 1938).

Dado que únicamente se cuenta con registros aislados y listas parciales, el presente trabajo tiene como objetivo actualizar el conocimiento de las especies de reptiles y anfibios presentes en cenotes y cavernas del estado de Yucatán, presentando información biológica y ecológica relevante que sirva de base para el desarrollo de líneas de investigación que permitan tanto incrementar nuestro conocimiento de este importante componente biótico como la implementación de políticas adecuadas para la conservación de tanto de especies como de ambientes.

Materiales y métodos

Para la conformación de una lista de especies y localidades, se partió en primera

instancia de registros obtenidos por el primer autor (PENC), para lo cual se realizaron salidas ocasionales del año 2015 al 2018 a diferentes cavernas y cenotes de la península de Yucatán, con un esfuerzo total de muestreo aproximado de 300 horas/hombre. Los registros se obtuvieron mediante la técnica de encuentros visuales (EV), la cual consiste en una búsqueda libre y sin restricciones (Aguirre-León, 2011) en los microhábitats disponibles para observar y registrar especies de reptiles y anfibios. Estos recorridos se realizaron dentro y a los alrededores de las cavernas y cenotes, y se emplearon linternas y equipo herpetológico, como ganchos y redes, para realizar inspecciones minuciosas en los sitios y la captura e identificación de ejemplares. Los ejemplares encontrados se identificaron mediante guías de campo especializadas para la herpetofauna de la Península de Yucatán (Lee 2000, Köhler 2008, 2011) y se registraron en una bitácora de campo, anotando el número del ejemplar, la especie y la localidad donde se encontró. Un ejemplar de cada especie fue fotografiado a manera de evidencia.

A estos registros actuales se añadieron registros históricos, partiendo en primer lugar de trabajos de revisión (Reddell 1971, Reddell 1977, Reddell, 1981 y Palacios-Vargas y col. 2014-2015), para luego profundizar en la literatura disponible (Cope 1865, Ives 1891, Barbour & Cole 1906, Fowler 1913, Gaige 1936, Andrews 1937, Smith 1938, Maslin 1963, Duellman 1966, McCoy 1969, Reddell 1977, Dundee y col. 1986, Brito-Castillo 1998, Lee 1996 y 2000, Chnaid 1999, Ortiz-Medina y col. 2016) y en los registros de museos zoológicos disponibles en bases de datos: Red Mundial de Información Sobre Biodiversidad (REMIB, <https://goo.gl/WHDejc>), Enciclovida

(<https://goo.gl/ChmwsN>) y VertNet 2016 (<https://goo.gl/P6Zbbv>).

Con todos los registros obtenidos, se creó una base de datos ordenada por especie, en la cual se incluyeron los siguientes campos: localidades en las que ha sido registrada, tipo de ambiente (cenote o cueva), distribución en la península de Yucatán y grado de vulnerabilidad (de acuerdo con González-Sánchez y col., 2017), así como su categoría de riesgo con base en lo indicado por la NOM-SEMARNAT-059-2010 (DOF, 2010).

Finalmente, se creó una matriz de presencia-ausencia de 51 filas (especies) y 54 columnas (localidades), la cual se sometió a distintos análisis multivariados con la intención de detectar patrones geográficos o ecológicos relevantes. En primer lugar, se empleó un análisis de coordenadas principales (PCO), para determinar la semejanza entre localidades en términos de la composición de especies de anfibios y reptiles, utilizando como medida de asociación el índice de Jaccard. En segundo lugar, se determinó la asociación entre las especies de la herpetofauna con base en sus coocurrencias en las localidades, empleando el índice de Sorensen como medida de asociación y el algoritmo *neighbor joining* como medida de agrupamiento. Todos los cálculos se realizaron con el programa PAST (Hammer y col., 2001), versión 3.20.

Resultados

La herpetofauna presente en cenotes y cuevas en Yucatán comprenden un total de cuatro órdenes, 29 familias, 45 géneros y 51 especies (Tabla 1, la lista completa de especies se encuentra en el Apéndice I).

Tabla 1. Diversidad táxica de la herpetofauna asociada a cenotes y cuevas en Yucatán.

	Anfibios	Reptiles	Total
Órdenes	2	2	4
Familias	9	20	29
Géneros	12	32	44
Especies	13	38	51

En términos de la riqueza de especies, 20 localidades contienen entre 3 y 6 especies (Figura 1). Destacan en este rubro el Cenote Sagrado, el Cenote Xtolok, las Grutas de Balancanché y la Cueva Xpukil.

En términos de su frecuencia de aparición, en las localidades consideradas, sobresalen *Coleonyx elegans*, *Tropidodipsas sartorii*, *Lithobatebrownorum*, *Thecadactylus rapicauda*, *Coniophanes schmidti*, *Rhinophrynus dorsalis* y *Bolitoglossa yucatanana* (Figura 2).

La proporción de especies que sólo han sido reportadas de cuevas es ligeramente mayor de la que ha sido reportada exclusivamente de cenotes o de ambos sistemas (Figura 3).

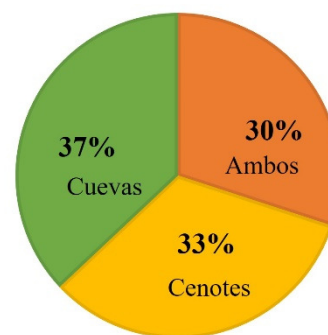


Figura 3. Porcentaje de especies registradas en cenotes, en cuevas o en ambos sistemas.

En términos de su distribución en la península, la mayoría de las especies son

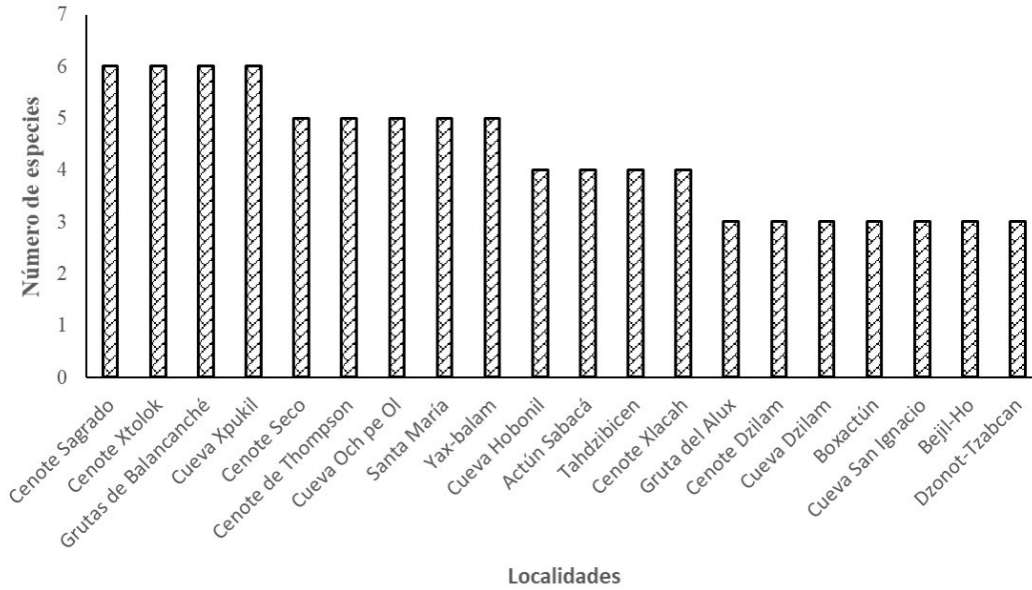


Figura 1. Cenotes y cuevas con mayor riqueza (3-6 especies) en el estado de Yucatán.

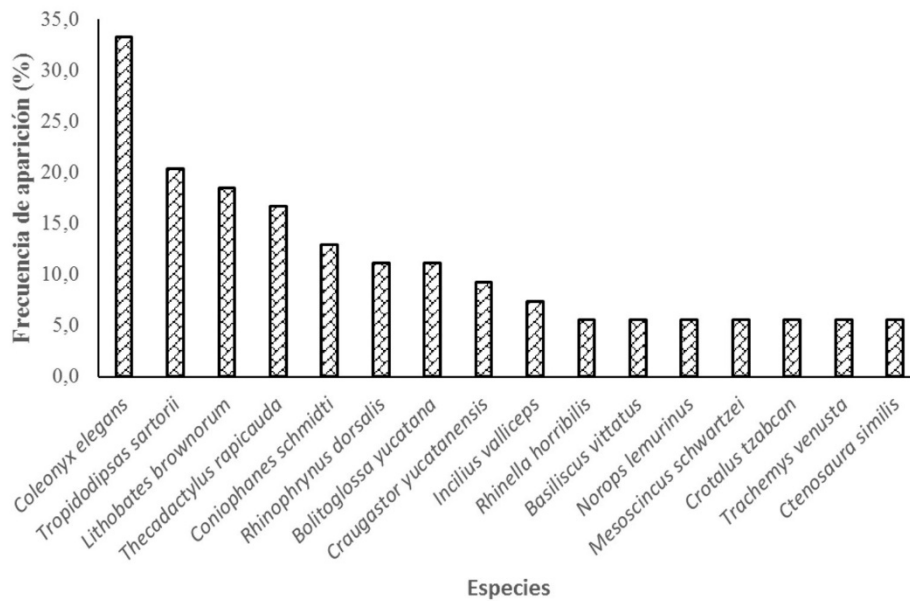


Figura 2. Especies con mayor frecuencia de aparición en cenotes y cuevas de Yucatán.

nativas (n= 50) y una se considera invasora (*Norops sagrei*). Dentro de las nativas, tres se consideran de distribución restringida al carso yucateco (*Epictia vindumi*, *Lepidophyma flavimaculatum* y *Phyllodactylus tuberculatus*) y cinco

endémicas de la península de Yucatán (*Cachryx defensor*, *Craugastor yucatanensis*, *Holcosus gaigae*, *Kinosternon creaseri* y *Pseudelaphe phaescens*). En la Figura 4 se ilustran la mayoría de estas especies endémicas.



Figura 4. Algunas de las especies endémicas de la península de Yucatán registradas en los cenotes y cuevas de estado de Yucatán: A) *Craugastor yucatanensis*, B) *Holcosus gaigae*, C) *Kinosternon creaseri* y D) *Pseudelaphe phaescens*. Fotografías de Pedro E. Nahuat-Cervera.

En el caso del análisis de composición, el PCO arrojó que las dos primeras coordenadas principales explican el 25.15% de la variación de los datos. Se distinguen cuatro grupos de sitios, entre los cuales destaca el conformado por la mayoría de las localidades de la reserva municipal de Cuxtal (municipio de Mérida), ubicado en el cuadrante izquierdo inferior del diagrama.

En términos de su aparición conjunta, de acuerdo con el dendrograma generado por el algoritmo de clasificación, se reconocen tres grupos de grandes de especies (Figura 5).

Aunque la mayoría de las especies tiene un nivel de vulnerabilidad bajo (n=26), el resto de las especies presenta

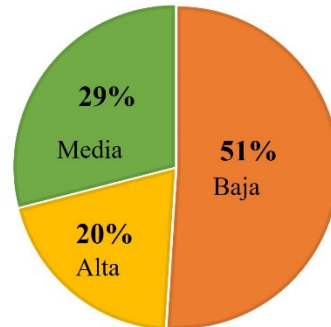


Figura 6. Proporción (%) de especies por nivel de vulnerabilidad, de acuerdo con González-Sánchez *et al.*, 2017.

vulnerabilidades de intermedias a altas (Figura 6).

Finalmente, 18 de las especies de anfibios y reptiles se encuentran en alguna categoría de riesgo, destacando el caso de *Cachryx defensor* (enlistada como en peligro de extinción).

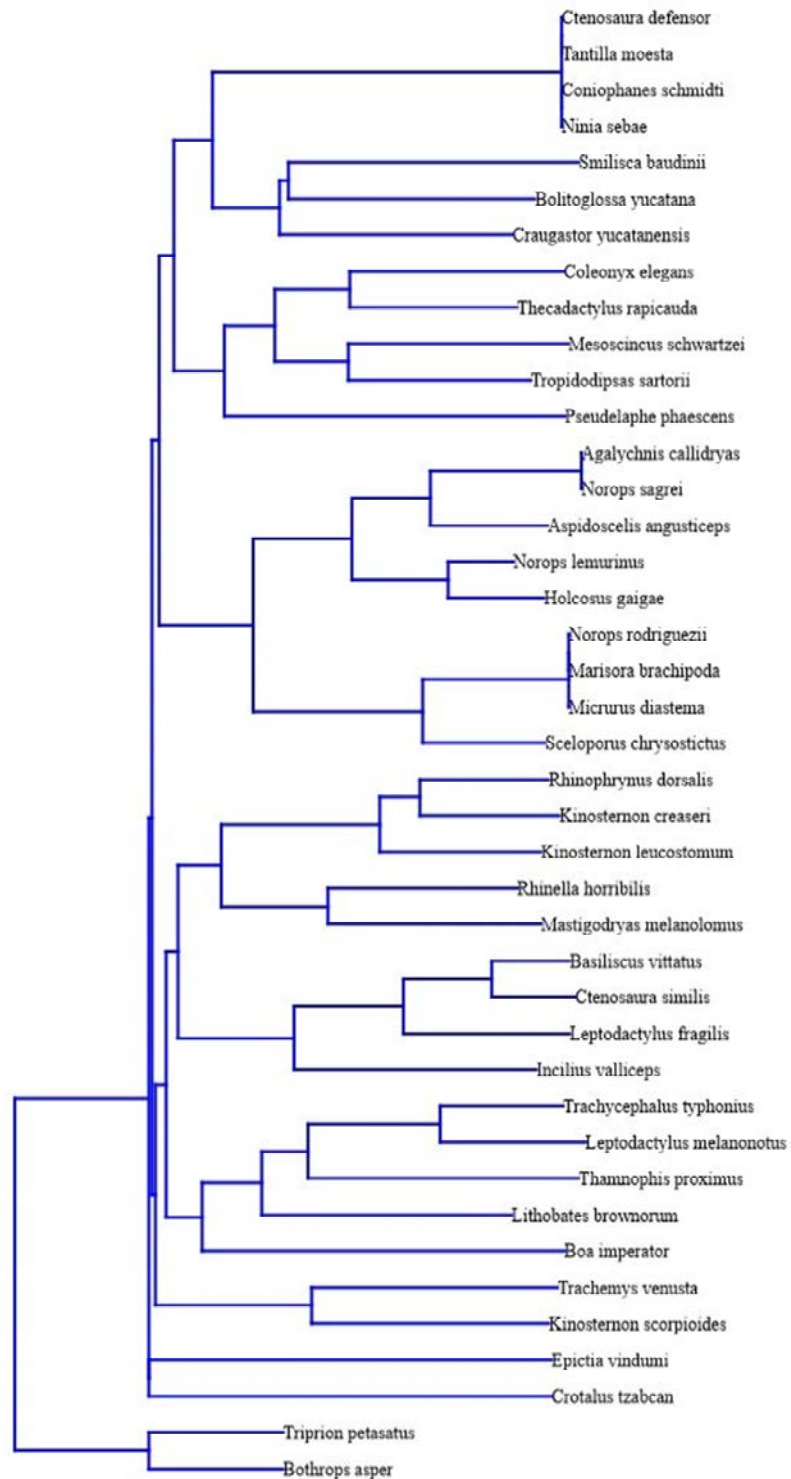


Figura 5. Dendrograma de asociación de las especies de reptiles, en términos de su aparición conjunta en cenotes y grutas de Yucatán, de acuerdo con el índice de Sorensen y el método de agrupamiento neighbour joining

Discusión

Aunque se conoce, en términos generales, la riqueza y la composición de las especies de anfibios y reptiles tanto de la península de Yucatán (Charruau y col., 2015, González-Sánchez y col., 2017) como de México (Flores-Villela & García-Vázquez 2014, Parra-Olea y col. 2014), todavía se desconocen muchos aspectos de la biología y ecología de este importante grupo faunístico.

Esto se ejemplifica con bastante claridad con las especies de anfibios y reptiles registradas en cenotes y cuevas de Yucatán. Aunque el interés en su estudio data de finales del siglo XIX (Cope 1895), la mayor parte de la información se limita a aspectos taxonómicos y de distribución de las especies, conocimiento que se encuentra fragmentado, disperso y al alcance únicamente de los especialistas en el grupo.

En este sentido, la información presentada en este trabajo representa un avance en el conocimiento de la herpetofauna asociada a los cenotes y cuevas de Yucatán. Por ejemplo, con los datos de riqueza obtenidos, el 72.5% de las familias, el 47.8% de los géneros y el 34.5% de las especies reportadas para la porción mexicana de la península de Yucatán (González-Sánchez y col., 2017) se encuentran representados en la herpetofauna de cenotes y grutas de Yucatán. A nivel estatal, las especies de anfibios y reptiles reportadas en este trabajo corresponden al 72.2% y al 43.7%, respectivamente (Chablé 2010 a y b).

Si bien la riqueza de la herpetofauna en cenotes y cuevas no es alta (1-6 especies), los datos aquí presentados

indican que entre los sistemas más diversos se encuentran áreas de importancia turística y cultural (como los cenotes y cuevas de la zona de Chichén Itzá), áreas naturales protegidas (como los cenotes y cuevas de las reservas de Cuxtal y Dzilam) o con ambas características (Cenote Xlacah, Parque Nacional de Dzibilchaltún). El caso de la reserva de Cuxtal es particularmente importante, pues además de su riqueza de especies, la mayoría de sus cenotes y cuevas se separan del resto de los sistemas considerados por la composición de la herpetofauna, principalmente por la presencia de serpientes (*Coniophanes schmidtii*, *Crotalus tzabcan* y *Tropidodipsas sartorii*).

Entre las especies con mayor frecuencia de aparición en estos sistemas, y a pesar de que la proporción de especies no se encuentran grandes diferencias entre cenotes y cuevas, algunas especies pueden considerarse como asociadas a estos ecosistemas. Para los anfibios, estas especies son *Bolitoglossa yucatanensis*, *Craugastor yucatanensis*, *Lithobates brownorum* y *Rhinella horribilis*, mientras que para los reptiles son *Coleonyx elegans*, *Thecadactylus rapicauda*, *Trachemys venusta* y *Tropidodipsas sartorii*.

En términos de la conservación, es necesario destacar los casos de *Craugastor yucatanensis* y *Cachryx defensor*, ambas endémicas de la península de Yucatán, con nivel alto de vulnerabilidad y registradas tanto en cenotes como cuevas. La rana ladadora yucateca (*C. yucatanensis*), de acuerdo con la normatividad ambiental mexicana, se encuentra sujeta a protección especial mientras que la iguana yucateca de cola espinosa (*C. defensor*) aparece como en peligro de extinción. Ambas especies ejemplifican la fragilidad de la

herpetofauna de la región, que se encuentra amenazada por factores como el creciente desarrollo urbano, la contaminación ambiental y la presencia de especies introducidas y altamente exitosas (Charruau y col., 2015), como *Norops sagrei*.

Los resultados antes señalados, si bien son parciales y limitados por la naturaleza misma del trabajo realizado, representan una línea de base de la cual partir para profundizar en el conocimiento de la biología y ecología de la herpetofauna asociada a los cenotes y cuevas de Yucatán. Se hace evidente la necesidad de incrementar los esfuerzos de muestreo, bajo esquemas sistemáticos de recolecta, que abarquen no sólo sitios con relevancia cultural y económica, como lo ejemplifica el caso de Cuxtal y de otras áreas naturales protegidas. Sólo cuando mejore nuestro conocimiento de las especies de anfibios y reptiles que habitan en este tipo particular de ecosistemas se podrá contar con información valiosa para el desarrollo y aplicación de políticas encaminadas a la conservación tanto de las especies como de los ambientes cársticos de Yucatán.

Literatura citada

- Aguirre-León, G.** 2011. Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. En: Gallina, S. y López-González, C. (Eds.) *Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen 1*. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología A.C. Querétaro, México. pp. 61-85.
- Álvarez, F., Arroyave, J. & Sosa Rodríguez, E.** 2017. La increíble fauna de las cuevas inundadas de Yucatán. En: *Cenotes y grutas de Yucatán. Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente*, Gobierno del Estado de Yucatán. pp. 93-105.
- Andrews, E. W.** 1937. Notes on snakes from the Yucatan Peninsula. *Zoological Series of Field Museum of Natural History*, 20(25): 355-359.
- Ántochiew, M.** 2017. Cenotes y grutas de Yucatán. En: *Cenotes y grutas de Yucatán. Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente*, Gobierno del Estado de Yucatán. pp. 21-61.
- Barba-Minecke & Escalante Posse, R. M.** 2017. Patrimonio cultural sumergido en los cenotes de Yucatán. En: *Cenotes y grutas de Yucatán. Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente*, Gobierno del Estado de Yucatán. pp. 107-117.
- Barbour, T. & Cole, L. J.** 1906. Vertebrata from Yucatan: Reptilia, Amphibia and Pisces. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 1(1): 146-159.
- Brito-Castillo, L. F.** 1998. Los anfibios y reptiles de la reserva de Dzilam, Yucatán, México. Tesis Profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Bojórquez Acevedo, M.** 2017. El hábitat grutas y cuevas de Yucatán. En: *Cenotes y grutas de Yucatán. Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente*, Gobierno del Estado de Yucatán. pp. 175-183.
- Chablé Santos, J.** 2010a. Anfibios. En: Durán, R. & Méndez, M. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM,

- CONABIO, SEDUMA. Mérida. pp. 258-259.
- Chablé Santos, J.** 2010b. Reptiles. En: Durán, R. & Méndez, M. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. Mérida. pp. 260-261.
- Charruau, P., Cedeño-Vázquez, J. R. & Gunther K.** 2015. Amphibians and reptiles. En: Islebe, G. A., Calme, S., León-Cortés, J. L. & Schmook, B. (eds.), *Biodiversity and Conservation of the Yucatan Peninsula*. pp. 257-293.
- Chnaid Gamboa, D.** 1999. *Cavernas y cenotes de la Reserva Ecológica Cuxtal*. Dirección de Desarrollo Urbano, Ayuntamiento de Mérida.
- Cope, E. D.** 1865. Third contribution to the Herpetology of tropical America. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 17: 185-198.
- Diario Oficial de la Federación (DOF).** 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Fecha de última consulta: 15/10/2017. Disponible en: <https://goo.gl/AK56Dd>
- Duellman, W. E.** 1965. *Amphibians and reptiles from the Yucatan Peninsula, Mexico*. University of Kansas Publications. Museum of Natural History, 15(12): 577-614.
- Dundee, H. A., White, D. A. & Rico-Gray, V.** 1986. Observations on the distribution and biology of some Yucatan Peninsula amphibians and reptiles. Bulletin of the Maryland Herpetological Society, 22(2): 37-50.
- Flores-Villela, O. & García-Vázquez, U. O.** 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Suplemento 85: S467-S475.
- Fowler, H. W.** 1913. Amphibians and reptiles from Ecuador, Venezuela, and Yucatan. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 65: 153-176.
- Gaige, H. T.** 1936. *Some reptiles and amphibians from Yucatán and Campeche, Mexico*. Carnegie Institution of Washington Publication, 457: 289-304.
- González-Sánchez, V. H., Johnson, J. D., García-Padilla, E., Matas-Silva, V., DeSantis, D. L. & Wilson, L. D.** 2017. The herpetofauna of the Mexican Yucatan Peninsula: composition, distribution and conservation status. *Mesoamerican Herpetology*, 4(2): 264-380.
- Hammer Ø, Harper DAT and Ryan PD.** 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. Fecha de última consulta: 15/10/2017. Disponible en: <https://goo.gl/sdmC3U>
- Iliffe, T. M.** 1993. Fauna troglobia acuática de la península de Yucatán. En: Salazar-Vallejo S.I. y González, N.E. (eds.) *Biodiversidad Marina y Costera*

- de México. CONABIO, CIQRO. Chetumal, Quintana Roo. pp. 673-686.
- Ives, J. E.** 1891. Reptiles and batrachians from northern Yucatan and Mexico. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 43:458-463.
- Köhler, G.** 2008. *Reptiles of Central America*. 2nd Edition. Herpeton Verlag, Offenbach, Germany.
- Khöler, G.** 2011. *Amphibians of Central America*. 1st Edition. Herpeton Verlag, Offenbach, Germany.
- Lee, J. C.** 1996. *The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula*. Cornell University Press. Ithaca, NY.
- Lee, J. C.** 2000. *A field guide to the amphibians and reptiles of the Mayan world: The lowlands of Mexico, northern Guatemala and Belize*. Cornell University Press.
- Maslin, T. P.** 1963. Notes on a collection of herpetozoa from the Yucatan Peninsula of Mexico. *University of Colorado Studies Series in Biology*, 9: 1-20.
- McCoy, C. J.** 1969. Snakes of the Genus *Coniophanes* (Colubridae) from the Yucatan Peninsula, México. *Copeia*, 1969(4): 847-849.
- Ortiz-Medina, J. A., Chan-Espinoza, D. E. & García-Padilla, E.** 2016. *Craugastor yucatanensis*. *Mesoamerican Herpetology*, 3(1): 172.
- Palacios-Vargas, J. G., Juberthie, C. & Reddell, J. R.** 2014-2015. Encyclopaedia Biospeologica Vol. Ila, México. *Mundos Subterráneos*, 25-26: 1-101.
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O. & Mendoza-Almeralla, C.** 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Suplemento 85: S460-S466.
- Reddell, J.** 1971. *A preliminary bibliography of Mexican cave biology, with a checklist of published records*. Association for Mexican Cave Studies Bulletin 3.
- Reddell, J.** 1977. A preliminary survey of the caves of the Yucatan peninsula. *Association for Mexican Cave Studies Bulletin*, 6: 215-296.
- Reddell, J.** 1981. A review of the cavernicole fauna of Mexico, Guatemala, and Belize. *The Texas Memorial Museum Bulletin* 27.
- Romeu, E.** 1997. Los cenotes, ventanas a la biodiversidad del subsuelo. *Biodiversitas*, (13): 5-10.
- Schmitter-Soto, J. J., Comín, F. A., Escobar-Briones, E., Herrera-Silveira, J., Alcocer, J., Suárez-Morales, E., Elías-Gutiérrez, M., Díaz-Arce, V., Marín, L.E. & Steinich, B.** 2002. Hydrogeochemical and biological characteristics of cenotes in the Yucatan Península (SE Mexico). *Hydrobiologia* 467: 215-228.
- Smith, H.M.** 1938. Notes on reptiles and amphibians from Yucatan and Campeche, Mexico. *Occasional Papers of the Museum of Zoology*, 388: 1-22.

Apéndice I. Lista de especies y localidades de la herpetofauna asociada a cenotes y cuevas del estado de Yucatán, México. Se incluyen características de las especies como el tipo de ambiente, nivel de vulnerabilidad y distribución (de acuerdo con González-Sánchez y col., 2017, al igual que el orden de aparición de las familias) y categoría de riesgo (de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010).

Familia	Especie	Ambiente	Vulnerabilidad	Distribución	Riesgo	Localidades
Bufonidae	<i>Incilius valliceps</i>	Cavernas y cenotes	Baja	Nativa		Cenote Xtolok Cenote Yunku Cenote Luchil
Bufonidae	<i>Rhinella horribilis</i>	Cenotes	Baja	Nativa		Cenote Sagrado Cenote Xtolok Cenote Halal
Craugastoridae	<i>Craugastor yucatanensis</i>	Cavernas y cenotes	Alta	Endémica	Protección especial	Cenote Xtolok Cueva Xpukil Cenote Chooj ha Cueva Aktun Sabac ha Cueva Och pe hol
Hylidae	<i>Smilisca baudinii</i>	Cenotes	Baja	Nativa		Cueva Aktun Sabac ha
Hylidae	<i>Trachycephalus typhonius</i>	Cavernas y cenotes	Baja	Nativa		Cenote de Dzilam, Cueva de Dzilam
Hylidae	<i>Triprion petasatus</i>	Cenotes	Media	Nativa	Protección especial	Cenote Santa Elena, Cenote Tamanché
Microhylidae	<i>Hypopachus variolosus</i>	Cenotes	Baja	Nativa		
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus fragilis</i>	Cenotes	Baja	Nativa		Cenote Xcalah
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	Cavernas	Baja	Nativa		Cueva de Dzilam
Phyllomedusidae	<i>Agalychnis callidryas</i>	Cenotes	Media	Nativa		Cenote de Thompson
Ranidae	<i>Lithobates brownorum</i>	Cavernas y cenotes	Baja	Nativa	Protección especial	Cenote de Chichen Itzá Cenote Sagrado Cenote Xtolok Cenote Miramar Cenote de Dzilam Cueva de Dzilam Cenote de Homún Box Aktun Santa María Yax-balam
Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Cenotes	Baja	Nativa		Cenote Xcalah Cenote D, Aktun beh

Apendice I. continuación

Familia	Especie	Ambiente	Vulnerabilidad	Distribución	Riesgo	Localidades
Dactyloidae	<i>Norops lemurinus</i>	Cenotes	Baja	Nativa		Cenote Seco Cenote Thompson Cenote Xtolok,
Dactyloidae	<i>Norops rodriguezii</i>	Cavernas	Media	Nativa		Grutas de Balancanché Cueva Sotuta
Dactyloidae	<i>Norops sagrei</i>	Cenotes	Baja	No nativa		Cenote Thompson
Dactyloidae	<i>Norops tropidonotus</i>	Cenotes	Baja	Nativa		
Eublepharidae	<i>Coleonyx elegans</i>	Cavernas y cenotes	Baja	Nativa	Amenazado	Cueva Chakxix Cueva Góngora Cueva Puz Cueva El camino de San Roque I Cueva Ziz Cueva Xkyc Cueva Tzab-Nah Gruta del Alux Cueva Hobonil Cueva Och pe hol Cueva San Ignacio Bejil Ho Hoyo ac, Sah-cab Santa María Dzonot-Tzabcan Tahdzibichén Yax-Balam
Iguanidae	<i>Cachryx defensor</i>	Cavernas y cenotes	Alta	Endémica	Peligro de extinción	Cueva Xpukil Dzonot tzabcan
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Cavernas y cenotes	Baja	Nativa	Amenazado	Cenote D Cueva del Zopilote negro
Mabuyidae	<i>Marisora brachypoda</i>	Cavernas	Baja	Nativa		Grutas de Balancanché
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Cavernas y cenotes	Media	Nativa		Cenote Seco Grutas de Balancanché
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus serrifer</i>	Cavernas	Baja	Nativa		
Phyllodactylidae	<i>Phyllodactylus tuberculosus</i>	Cavernas	Baja	Nativa		
Rhinoprhyndae	<i>Rhinoprhyndus dorsalis</i>	Cenotes	Baja	Nativa	Protección especial	Cenote Sagrado Box Aktun, Dzonot-tila Santa María Tahdzibichén, Yax-Balam
Plethodontidae	<i>Bolitoglossa yucatanana</i>	Cavernas y cenotes	Alta	Nativa	Protección especial	Cenote sagrado Cenote Seco Cenote Chooj ha Cenote Kopomá Cueva Aktun Sabac ha Tahdzibichén

Apendice I. continuación

Familia	Especie	Ambiente	Vulnerabilidad	Distribución	Riesgo	Localidades
Dipsadidae	<i>Coniophanes schmidti</i>	Cavernas y cenotes	Media	Nativa		Cueva Xpukil Box aktun Cueva San Ignacio Hoyo ac Santa María Tahdzibichén Yax-Balam
Dipsadidae	<i>Dipsas brevifacies</i>	Cavernas	Alta	Nativa	Protección especial	
Dipsadidae	<i>Leptodeira frenata</i>	Cavernas	Media	Nativa		
Dipsadidae	<i>Ninia sebae</i>	Cavernas	Baja	Nativa		Cueva Xpukil
Viperidae	<i>Bothrops asper</i>	Cavernas	Media	Nativa		Cueva de Santa Elena
Viperidae	<i>Crotalus tzabcan</i>	Cavernas y cenotes	Alta	Nativa		Cenote Muna Bejil Ho Dzonot Tzabcan
Emydidae	<i>Trachemys venusta</i>	Cenotes	Alta	Nativa		Cenote Xcolar Cenote Libre Unión
Kinosternidae	<i>Kinosternon creaseri</i>	Cavernas	Alta	Endémica		Cenote Buctzotz Cenote Scan Yui Cenote Sagrado
Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>	Cenotes	Media	Nativa	Protección especial	Cenote Sagrado Cenote Tizimín
Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Cenotes	Media	Nativa	Protección especial	Cenote Tizimín Cenote Libre Unión

GRUPO PIONERO ESPELEOLÓGICO DE SONORA: BIÓLOGOS EXPLORANDO NUEVOS RINCONES DE MÉXICO

Omar Calva¹, Clément J. M. Ronzon²

¹Posgrado en Biociencias de la Universidad de Sonora; ²Desarrollador Web de Nearsoft Inc. ^{1,2}Hermosillo, Sonora, México.

omarcavla13@gmail.com¹&
clem.rz@gmail.com²

Resumen

México es reconocido a nivel internacional por las extraordinarias cavidades que se encuentran en su territorio. La mayoría de estas cuevas se encuentran en la parte central y meridional del país, mientras que los estados del noroeste han sido vistos como sitios no favorables para descubrimientos significativos, Sonora entre ellos por ser considerado una zona desértica. Sin embargo, la historia de la espeleología en este estado comienza a partir de 1920, con la localización de diversos refugios de murciélagos, hallazgos que motivaron una búsqueda más exhaustiva de estos recintos. Uno de los descubrimientos más importantes fue la cueva El Tigre, visitada desde 1962 por distintos grupos e investigadores debido a gran la cantidad de murciélagos que la habitan. Después de décadas de escasos y efímeros estudios en las cavidades sonorenses, un grupo de interesados retoma las exploraciones en el 2012, formalizando en el 2016 la creación del primer grupo de espeleología del

estado, el Grupo Pionero Espeleológico de Sonora (G-PES).

Palabras clave: cuevas, espeleología, topografía, fauna, murciélagos, Sonora.

Abstract

Mexico is worldwide recognized by the extraordinary caves found in its territory. Most of these caves are in the central and southern part of the country; however, the northwest states are seen as non-favorable sites for significant discoveries, Sonora among them, considered desert ecosystem zone. Nevertheless, the history of speleology in this state began in 1920 with the location of several bat shelters, findings that motivated a more exhaustive search of these enclosures. One of the most significant findings was El Tigre cave, visited since 1962 for researchers and interested groups due to the large number of bats inhabiting it. After decades of rare and ephemeral studies in Sonora's caves, a gathering of interested people comes to the explorations back in 2012, to formalize in 2016 the creation of the first speleology group in the State, known as Grupo Pionero Espeleológico de Sonora (G-PES).

Keywords: caves, speleology, survey, fauna, bats, Sonora.

Introducción

México es considerado un paraíso de la espeleología debido a la gran variedad de cavidades naturales que se encuentran dentro de su territorio, en las que pueden apreciarse diferentes formaciones y una de las faunas más diversas que se han descrito en el mundo (Reddell, 1981; Lazcano, 1983; Hoffmann y col., 1986; Palacios-Vargas, y

col., 2014). Sin embargo, existe una marcada centralización en las exploraciones e investigaciones dentro de los ambientes subterráneos.

Desde hace más de 70 años, en nuestro país se han registrado 1,200 cuevas y 2,000 especies de vertebrados e invertebrados (Lazcano, 1983; Hoffmann y col., 2004; Palacios-Vargas y col., 2014), número que en ambas categorías incrementa con el paso de los años. Tales inventarios se concentran en el centro y sureste de México, principalmente debido al alto porcentaje de rocas calizas que poseen estas regiones, además de la presencia de numerosas agrupaciones espeleológicas y los diversos Centros e Institutos de Investigación en dichas zonas (Mitchell y Reddell, 1973; Reddell, 1977; Palacios-Vargas y col., 1985; Palacios-Vargas, 1993; Aguilar-Morales y Ruíz-Castillo, 1995; Hoffmann y col., 2004; Reddell, 2005; Reddell, 2006; Bribiesca-Contreras y Solís Marín, 2014; Palacios-Vargas y col., 2014).

Sonora, al localizarse en el noroeste de México, es uno de los estados con limitada contribución en el área de la espeleología (Calva & Castillo-Gámez, 2014; Calva, 2017). A nivel nacional, nuestro estado está catalogado como zona árida con una superficie cubierta de matorrales desérticos y, a pesar de que el 40% del territorio cumple con esta descripción, el estado posee una gran cantidad de ecosistemas como selvas caducifolias, bosques de pino-encino, pastizales y manglares, lo que le otorga una vasta riqueza natural (Molina-Freaner y Van Devender, 2010). La ya mencionada variedad de ecosistemas, así como una evolución geológica heterogénea, lo beneficia como sitio idóneo para la

formación de cavidades y la presencia de especies dentro de ellas (Hoffmann y col., 1986; González-León, 2010; Molina-Freaner y Van Devender, 2010); no obstante, el interés por los ambientes subterráneos de Sonora no existía. Fue en el 2012 cuando los co-fundadores del G-PES comenzaron con la exploración de cuevas y, a partir de este acontecimiento, inician en Sonora las primeras investigaciones con enfoque espeleológico que, además de la exploración y registro de nuevas cavidades, así como la corroboración de datos generados previamente por otras agrupaciones, la creación de inventarios biológicos es una de las actividades prioritarias.

Considerando lo anterior, el objetivo de esta publicación es informar acerca de los resultados más sobresalientes que el G-PES ha obtenido desde su comienzo hasta su formalización.

Antecedentes

Sonora era una región rezagada en la espeleología porque no existía una institución o un grupo especializado en esta ciencia, además, predominaba la creencia de que el paisaje desértico que conforma gran parte del territorio del estado reducía las posibilidades de contar con ambientes subterráneos similares a los que se encuentra en el centro y sureste del país: Sonora representa el 1.2% de las cuevas y fauna registradas en México (Calva y Castillo, 2014, Calva, 2017).

Aunque la espeleología sonorenses es muy reciente, existen algunos mapas de cuevas localizadas en el estado y breves referencias sobre fauna albergada en ellas. La publicación más antigua que sobre este tema se conoce es la tesis doctoral de Caire

(1978), estudio sobre la zoogeografía de Sonora en donde se mencionan los refugios de murciélagos localizados entre 1920 y 1930, que corresponden a los primeros registros de cuevas sonorenses.

Después de varios años, Villa y Cockrum (1962), enfocándose en la migración del murciélago guanero *Tadarida brasiliensis mexicana*, exploran e investigan la cueva El Tigre, ubicada en la localidad de Carbó, Sonora; un año después, Cockrum y Bradshaw (1963) emplean la información generada para relatar breves reseñas acerca de algunos mamíferos de Sonora. Posteriormente, Mitchell (1964) realiza la primera descripción del entorno físico de una cueva en el estado, reportando durante un año entero (1961-1962) datos puntuales sobre la temperatura, humedad relativa y concentración de amonio dentro de esta cavidad, sin embargo, su mapa fue

elaborado hasta 1992 por la Association for Mexican Cave Studies (AMCS).

Hoffmann y colaboradores (2004), en su capítulo “Los artrópodos de las cavernas de México”, mencionan cuatro cavidades con registro de artrópodos en el estado de Sonora, la cueva El Tigre, apareciendo de nueva cuenta como referencia, la cueva La Higuera y dos minas abandonadas, Minas Nuevas y Mina La Aduana. Palacios-Vargas y colaboradores (2014) realizaron una enciclopedia biospeleológica en donde aparecen mencionadas varias cuevas sonorenses con registros de murciélagos, pero desafortunadamente no especifican a qué cuevas se refieren o la localidad en donde se encuentran.

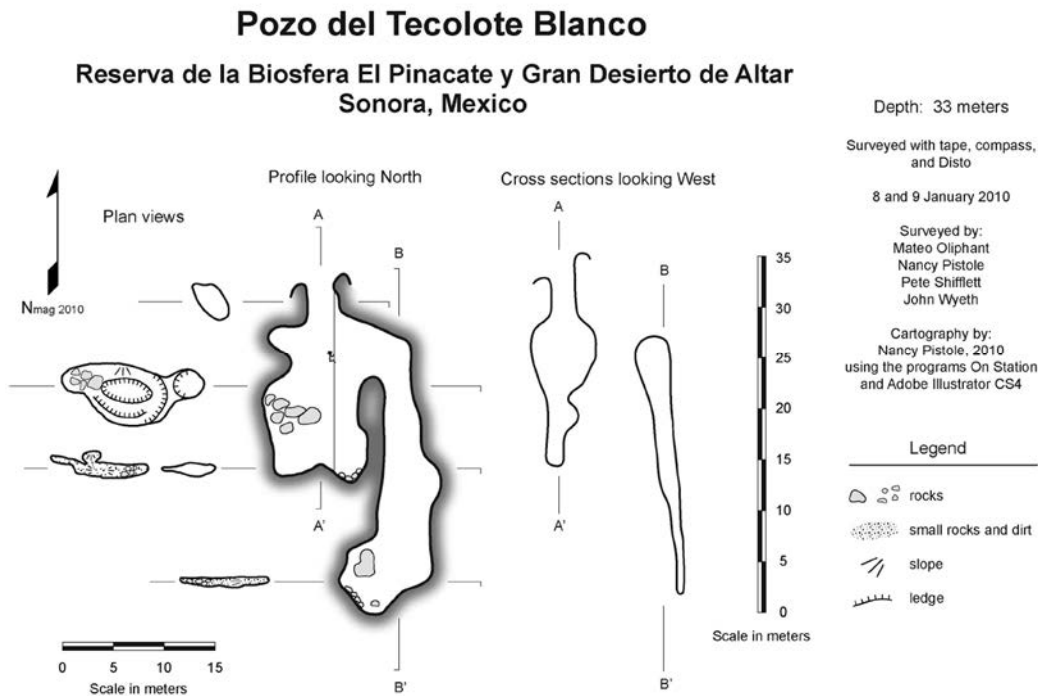


Figura 1. Mapa del Pozo del Tecolote Blanco de la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, creado por la AMCS (Southern California Grotto, 2010).

Tabla 1. Listado de las cavidades subterráneas del estado de Sonora previo a las exploraciones de G-PES. La información incluye datos de extensión y profundidad, de topografía, del grupo o asociación encargada de la exploración y reportes sobre la presencia de fauna en la cueva.

Cavidad	Municipio/Localidad	Mapa	Año	Extensión	Profundidad	Fauna	Grupo
El Tigre	Carbó	Si	1992	206 m	41m	Presente	AMCS
La Higuera	San Miguel de Horcasitas	No	2004	-	-	Presente	Hoffmann y colaboradores
Mina Nuevas	Álamos	No	2004	-	-	Presente	Hoffmann y colaboradores
Mina La Aduana	Álamos	No	2004	-	-	Presente	Hoffmann y colaboradores
Cueva Santa Martha	Hermosillo	Si	2006	292 m	37 m	Presente	AMCS
Gruta de la Pintada	Hermosillo	No	-	-	-	No datos	AMCS
Cueva Salitre	Sahuaripa	No	-	-	-	No datos	AMCS
Cueva de Tres Ríos	Nácori Chico	No	-	-	-	No datos	AMCS
Calaveras Cave	Biosfera del Pinacate y Gran Desierto de Altar	Si	2010	153 m	15 m	No datos	AMCS
Cholla Cave	Biosfera del Pinacate y Gran Desierto de Altar	Si	2010	28 m	-	No datos	AMCS
3-Hole Cave	Biosfera del Pinacate y Gran Desierto de Altar	Si	2010	13 m	-	No datos	AMCS
Tecolote Blanco Cave	Biosfera del Pinacate y Gran Desierto de Altar	Si	2010	18 m	33 m	No datos	AMCS
Tequila Cave	Biosfera del Pinacate y Gran Desierto de Altar	Si	2010	95 m	5 m	No datos	AMCS
Mina La Aduana	Álamos	No	2004	-	-	Presente	Hoffmann y colaboradores Sergio Santana y Enrique Méndez
Cueva La Morita	Naco	Si	2011	100 m	-	No datos	

Son pocas las cuevas del estado que han sido topografiadas y la mayoría de estos mapas son producto del trabajo de grupos extranjeros. De acuerdo con la base de datos de la AMCS, Sonora cuenta con 10 mapas de cuevas, localizadas en la región central del estado y en la Biosfera del Pinacate y Gran Desierto de Altar, por

ejemplo, la cueva Pozo del Tecolote Blanco (Figura 1).

La cueva La Mora, ubicada en el municipio de Naco, Sonora, es la única cueva topografiada por espeleólogos mexicanos: Sergio Santana y Enrique Méndez, en el 2011. La Tabla 1 presenta el

total de cavidades sonorenses reportadas antes de la formación del G-PES.

Espeleología sonorense

Inicios previos

Antes de la formalización del G-PES se exploraron diferentes regiones del estado con el objetivo de analizar qué tipo de cavidades podrían encontrarse. En los inicios, los co-fundadores del G-PES, Clément Ronzon y Omar Calva, se adentraron a la exploración de varias cavidades utilizando bitácoras e información respecto a refugios de murciélagos y, en el 2013, iniciaron con la exploración de la región central de Sonora, en las localidades de Cobachi y Carbó.

La Cueva de Cobachi, conocida como la Cueva del Guano, es una oquedad cuya entrada mide más de 60 m de largo, presenta espeleotemas como estalactitas, estalagmitas y columnas, pero no cuenta con desarrollo vertical; es un refugio para el murciélago guanero, *Tadarida brasiliensis*. Fue la primera cavidad explorada por los pioneros del grupo y, debido a la falta de las herramientas necesarias, no se realizó un mapa.

Posteriormente se visitó el municipio de Carbó para localizar la icónica cueva El Tigre, ubicada a aproximadamente 18 km al sureste de Carbó. Durante esta expedición se recibieron informes sobre la presencia de una cueva cercana, así que ese mismo día se realizó la prospección de ambas cuevas, nombrando a la segunda cavidad como Cueva de la Mariana; su topografía se realiza a finales del 2013 e inicios del 2014, registrando una extensión aproximada de 500 m y una profundidad de

44 m (Figura 2). Un mapa de la cueva El Tigre se realizó en el 2015 y muestra la entrada, un pasillo correspondiente a la zona de penumbra y tres principales salas utilizadas por cuatro especies de murciélagos, destacándose el murciélago guanero, *Tadarida brasiliensis* (Calva, 2017). Al comparar el mapa nuevo con el que fuera elaborado por la AMCS en 1992, se obtuvo una diferencia de -50 m de extensión, mientras que la diferencia en el desarrollo vertical no fue significativa. A pesar de haber utilizado el mismo procedimiento para el levantamiento topográfico de la cueva, las discrepancias son quizá ocasionadas por los distintos instrumentos de medición utilizados en ambas ocasiones.

La cueva La Higuera, mencionada con anterioridad por Hoffmann y colaboradores (2004) en su capítulo “Los artrópodos de las cavernas de México”, en el que se describen tres especies de artrópodos, fue ubicada por los pioneros del G-PES en el 2014. Dicha cueva cuenta con un pozo de 10 m que funge como entrada, y dos secciones: la primera abarca dos grandes salas en donde se encontraron insectos y murciélagos perchando, mientras que la segunda sección corresponde a una serie de laberintos; cuenta con una extensión de 231 m y 36 m de desarrollo vertical. Su mapa fue creado en el 2016.

Durante los años 2014 y 2016, los estudios se enfocaron en los factores ambientales y biológicos que influyen en la diversidad faunística las cuevas El Tigre y de la Mariana, debido al desarrollo de la tesis de maestría del Biól. Omar Calva (Calva, 2017). En este período se descubrieron nuevas salas en la Cueva de la Mariana, lo que incrementó su desarrollo a más de 700 m y 49 m de profundidad,

convirtiéndose así en la cueva más larga y profunda conocida hasta el momento en el estado de Sonora, desplazando a la cueva Santa Martha y sus 292 m de extensión y 37 m de desarrollo vertical.

espeleológico, se generaron los mapas de dichas cavidades, que no superan los 100 m de desarrollo.

A inicios del 2016 se exploraron cuatro cavidades en distintas localidades,

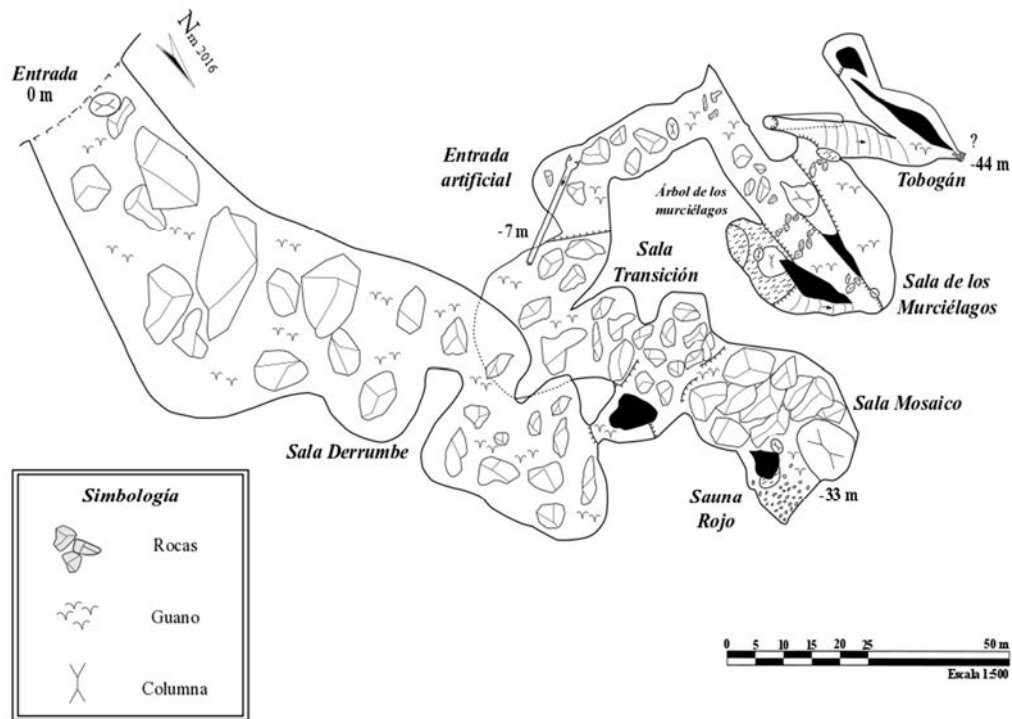


Figura 2. Mapa de planta de la Cueva de la Mariana, ubicada en San Miguel de Horcasitas, Sonora. Elaborado por M. E. Gaxiola, K. Hernández, O. Calva y C. Ronzon, previo a la formalización del G-PES.

En el 2015, el Biól. Omar Calva presentó la ponencia Las cuevas en el estado de Sonora, México en la 13ª edición del Congreso Nacional Mexicano de Espeleología, siendo la primera participación de un espeleólogo sonoreño en dicho evento. Con motivo del trabajo de tesis de Estefanía Ramírez y Raisa Preciado, estudiantes de la Licenciatura en Biología de la Universidad de Sonora, a finales de ese año se visitaron dos sitios nuevos para estudiar a las poblaciones del murciélago *Leptonycteris yerbabuena*, y debido al interés de incorporar más información desde el punto de vista

entre ellas la cueva La Higuera, mientras que en febrero de ese año se visitó el municipio de Moctezuma, con la finalidad de explorar una cavidad de origen volcánico, que se convertiría en el primer tubo de lava topografiado en el estado de Sonora. Dos meses después, se exploró una nueva cueva en el municipio de Bavispe, nombrada por los dueños como Los Nogales, cavidad con dos descensos, el primero de 34 m y el segundo de 11 m; se exploró además la cueva El Pinacate, un tubo de lava ubicado en la Reserva de la Biosfera del Pinacate y Gran Desierto de Altar, en el municipio de Puerto Peñasco,

una de las cavidades más relevantes para el estudio del murciélago *Leptonycteris yerbabuena*, ya que es una cueva de maternidad para dicha especie (Iñárritu-Castro, 2017). No fue hasta el 2017 cuando se realizó su mapa.

Hasta el momento, el 2016 ha el año más activo para la espeleología en Sonora, disminuyendo así los prejuicios sobre la escasez de cavidades en la región noroeste de México, y motivándonos a una práctica más allá de la aventura. Por esta razón nace la idea de crear una asociación para promover la espeleología sonoreense.

Grupo Pionero Espeleológico de Sonora

Durante las expediciones en Sonora, varias personas mostraron interés en los diferentes aspectos involucrados con el estudio de las cuevas, por lo que a finales del 2016 se crea de manera oficial el G-PES, organización no gubernamental sin fines de lucro, conformado por varios miembros especializados en áreas de la biología, ecología y exploración.

Los objetivos de la agrupación consisten en explorar e investigar los ambientes subterráneos en las distintas áreas de la espeleología, con un enfoque especial en los aspectos biológicos y ecológicos de dichos entornos. Para lograr estos objetivos, se realizan actividades como: 1) explorar y topografiar las cuevas que se ubiquen en el estado de Sonora; 2) fomentar proyectos científicos relacionados con las distintas áreas de investigación de la espeleología, principalmente los estudios biológicos, ecológicos y geológicos; 3) proteger y conservar los ambientes subterráneos por ser parte del patrimonio natural de México; 4) apoyar e involucrarse en cualquier proyecto relacionado con cuevas o cavernas, con el fin de tomar las

mejores decisiones con base a la normatividad y legislación establecida; 5) fomentar la divulgación de la espeleología sonoreense a nivel regional, nacional e internacional.

El grupo ha realizado talleres para el XI Congreso Estudiantil de Biología, organizado por estudiantes de la Licenciatura en Biología de la Universidad de Sonora, y el V Congreso de Ecología, realizado por los alumnos de Licenciatura en Ecología de la Universidad Estatal de Sonora. De manera individual, varios miembros han presentado ponencias en las ediciones XII y XIII del Congreso Nacional Mexicano de Espeleología y en la XV Semana de Cuevas, abordando temas sobre la importancia de las cuevas y la fauna que albergan. Cabe destacar la participación del grupo en el XIII Congreso Nacional Mexicano de Espeleología, realizado en el estado de Puebla, en donde por primera vez asiste una agrupación del estado de Sonora; seis de los ocho miembros que asistieron presentaron trabajos relacionados con investigaciones y actividades que el G-PES ha realizado. Otros eventos que contaron con la participación de miembros del grupo sonoreense son congresos locales como el XI Congreso Estudiantil de Biología, el V Congreso de Ecología, la XXXIX Semana Cultural de Geología y el VI Congreso de Ecología. Inclusive, a mediados del 2017, se tuvo intervención en el 17° Congreso Internacional de Espeleología con sede en Australia.

Uno de los años más relevantes como grupo ha sido precisamente el 2017, iniciando con la presentación de la tesis de maestría de Omar Calva, la primera investigación bioespeleológica realizada en Sonora. El trabajo describe una serie de

especies cavernícolas y explica el porqué de su preferencia por el hábitat subterráneo, interpretando los factores ambientales y biológicos que determinan la biodiversidad descrita. Este proyecto fue concluido gracias al apoyo de los actuales miembros de G-PES. En el mismo año, el G-PES queda afiliado a la Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas (UMAE), adquiriendo voz y voto en las decisiones referentes al desarrollo de la espeleología nacional. Posteriormente, se realizan los primeros mapas con el logo oficial del G-PES, el de la cueva La Mora y del tubo de lava El Pinacate (Figura 3).

Comprometidos con la concientización de la población acerca de la relevancia de los ambientes subterráneos y la importancia de su conservación, los miembros de G-PES han realizado recorridos a la cueva Santa Martha, ubicada en la capital de Sonora, la que, debido a su cercanía con la población, ha sido fuertemente vandalizada con grafiti y basura. Por tal motivo, la organización de campañas de limpieza en las cuevas de la región es una de las actividades más destacadas del grupo, particularmente las realizadas en Santa Martha, en la que se trabajó de manera conjunta con los miembros del Club de Mamíferos de la Universidad de Sonora.

Actualmente, el G-PES está conformado por 22 miembros activos, enfocados en áreas como exploración, topografía, biología, ecología y divulgación. Cuenta hasta el momento con una base de datos de 12 cavidades exploradas, siete de origen kárstico o de disolución, dos de origen volcánico y tres cavidades artificiales (Tabla 2).

La investigación dentro de las cavidades exploradas se sigue apoyando, como es el caso del tubo de lava Cerro Blanco, en donde José Romero, estudiante de la Licenciatura en Ecología de la Universidad Estatal de Sonora, realiza un trabajo de tesis que permitirá comprender la fauna que habita dentro de un ambiente subterráneo de origen volcánico, y la mina El Rubí, en la que Luis de la Fuente, egresado de la Licenciatura en Biología de la Universidad de Sonora, desarrolla un estudio sobre la diversidad faunística del sitio.

Fauna cavernícola

La mayoría de los miembros de la agrupación son biólogos y ecólogos, por lo que las investigaciones realizadas se han centrado en la fauna presente en cada una de las cavidades exploradas.

Uno de los principales enfoques es la identificación de los quirópteros que se albergan en las cuevas y, a pesar de que se asocia a todos los murciélagos como habitantes de ellas, solo la mitad de las 138 especies de México corresponden a dicha afirmación (Hoffmann y col., 1986; Medellín y col., 2008).

Las especies de murciélagos presentes en las cavidades exploradas en el estado de Sonora han adquirido relevancia por sus funciones ecológicas, tanto en el exterior como en el interior de las cuevas, pues son proveedores del recurso energético que ciertas especies de invertebrados utilizan, el guano, que suele ser, sobre todo en cavidades terrestres, el origen de la cadena alimenticia. Las poblaciones que se establecen a partir del guano sustentan al siguiente nivel de la red trófica (depredadores), el que a su vez es sustento de los niveles superiores.

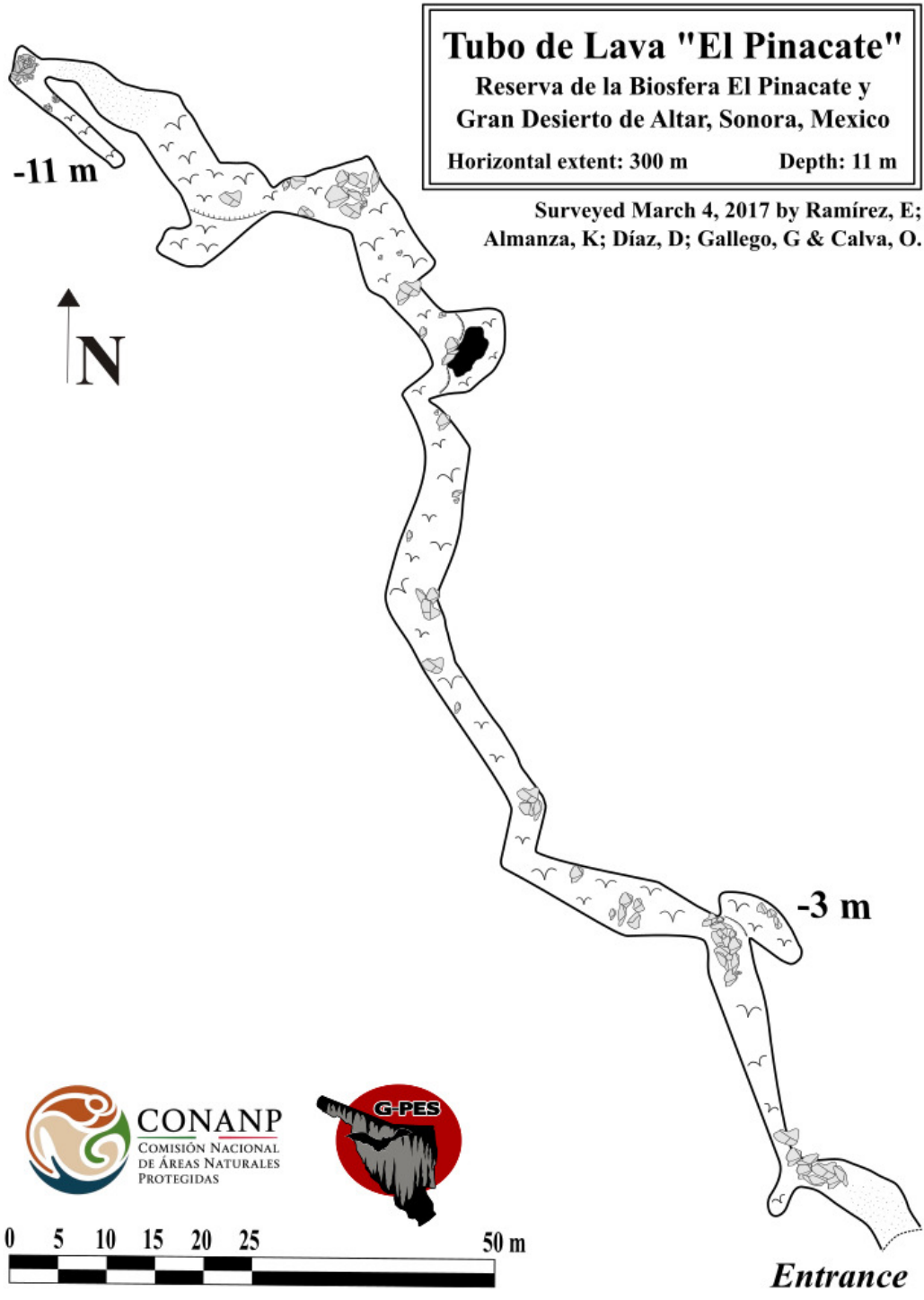


Figura 3. Mapa del tubo de lava El Pinacate de la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, creado por miembros del G-PES en el 2017.

Como ejemplo, O. Calva (2017) encontró, durante su trabajo de maestría, un total de 52 especies, pertenecientes a 51 géneros, 38 familias y 23 órdenes.

de la Mariana y más del millón de individuos para la cueva El Tigre en el verano (Calva, 2017; Calva & Castillo-Gómez, 2017). Este murciélago es el

Tabla 2. Listado de los ambientes subterráneos explorados por el G-PES. Se indica su localización, tipo de ambiente subterráneo (cueva [C], tubo de lava [T] y mina [M]), su extensión y desarrollo vertical, así como la existencia de mapa.

Cavidad	Municipio/Localidad	Tipo	Mapa	Extensión (m)	D. vertical (m)
Cueva de la Mariana	San Miguel de Horcasitas	C	Si	700	49
El Tigre	Carbó	C	Si	156	46
La Higuera	San Miguel de Horcasitas	C	Si	231	36
La Mora	Naco	C	Si	233	30
Los Nogales	Bavispe	C	No	-	-
Sierra Kino	Bahía de Kino	C	Si	40	13
Cobachi	Cobachi	C	No	-	-
Cerro Blanco	Moctezuma	T	Si	543	13
El Pinacate	Puerto Peñasco	T	Si	300	11
El Colorado	Bahía de Kino	M	Si	72	6
La Mexicana	Hermosillo	M	No	-	-
El Rubí	Tecoripa	M	Si	17	0

En la Cueva de la Mariana registró 43 especies de vertebrados e invertebrados, mientras que en la cueva El Tigre describió 28 especies. De las especies mencionadas, siete especies de murciélagos fueron descritas en la Cueva de la Mariana, *Tadarida brasiliensis*, *Mormoops megalophylla*, *Pteronotus davyi*, *Natalus mexicanus*, *Leptonycteris yerbabuenae*, *Macrotus californicus* y *Myotis velifer*, y cuatro en la cueva El Tigre, *Tadarida brasiliensis*, *Pteronotus davyi*, *Natalus mexicanus* y *Myotis velifer*.

Las poblaciones de murciélagos mencionadas anteriormente variaron de manera temporal y espacial, es decir que el número de murciélagos fluctuó con la estación del año y su ubicación dentro de la cueva no fue siempre la misma. Sin embargo, una de las especies más abundantes y permanentes en ambas cavidades correspondió al murciélago guanero *Tadarida brasiliensis*, alcanzando poblaciones de medio millón en la Cueva

principal proveedor de guano para las 15 especies dependientes de este sustrato, lo que corresponde a más del 30% del total de especies encontradas en ambas cuevas.

En Sonora se han descrito 38 especies de murciélagos, 20% de las cuales se pueden encontrar en la Cueva de la Mariana. Por lo menos cinco de las especies descritas utilizan esta cueva como refugio de maternidad, lo que, aunado a las funciones ecológicas de los murciélagos, permite que este recinto sea considerado como un santuario de murciélagos en medio del Desierto Sonorense.

Debido a los resultados anteriores, la identificación de las especies de murciélagos dentro de las cavidades en Sonora ha sido prioridad. Hasta el momento, 11 de las 12 cavidades exploradas por el G-PES registran presencia constante de murciélagos.

Conclusiones

La creación de G-PES es el reflejo del trabajo de cada uno de los miembros que se han comprometido con la conservación y estudio de los ambientes subterráneos. Aunque han pasado más de cinco años desde que se retomaron las exploraciones en nuestro estado, solo se ha descubierto una pequeña porción de las maravillas que pueden albergar las profundidades de Sonora. Los objetivos son claros y, a pesar de que todavía faltan áreas de estudio por incluir en las exploraciones e investigaciones, el principal enfoque es la conservación del ambiente subterráneo y de toda la diversidad biológica presente en ellos.

Agradecimientos

De ante mano, un agradecimiento especial a cada una de las instituciones que han apoyado al grupo durante la exploración de cuevas, en particular al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, a la Estación Regional del Noroeste de la UNAM y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar. Así mismo, a todos los municipios, ejidatarios y pobladores que nos han brindado las facilidades necesarias durante nuestro trabajo. Por último, a cada uno de los miembros del G-PES, porque sin ellos nada de esto sería posible.

Literatura citada

Aguilar-Morales, S. & Ruíz-Castillo, A. A. 1995. Una comunidad de murciélagos en una “cueva de calor” como factor determinante en el

sostenimiento de la diversidad animal cavernícola. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Ciudad de México, México.

Bribiesca-Contreras, G. & Solís-Marín, F. A. 2014. *Las cuevas anquihalinas: laboratorios de la naturaleza*. Universidad Nacional Autónoma de México. Coordinación de los Estudios de Posgrado. Ciudad de México, México.

Caire, W. 1978. The distribution and zoogeography of mammals of Sonora, Mexico. Tesis de doctorado. University of New Mexico, Albuquerque, E.U.A.

Calva, O. 2017. Factores ambientales y biológicos sobre la diversidad faunística presente en la Cueva de la Mariana y Cueva El Tigre en el estado de Sonora. Tesis de Maestría en Biociencias, Universidad de Sonora, Posgrado en Biociencias, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Hermosillo, Sonora. México.

Calva, O. & Castillo-Gámez, R. A. 2014. El medio subterráneo y los seres vivos: la Bioespeleología en México y Sonora. *Nuestra Tierra* 22:7-11.

Calva, O. & Castillo-Gámez, R. A. 2017. Faunal diversity on arid land caves in the Sonoran Desert, Mexico. 58-64 pp. En: K. Moore & S. White (eds.). Proceeding of the 17th International Congress of Speleology, Volume 1. July 22-28. Sydney, NSW, Australia.

Cockrum, E. L. & Bradshaw, G. R. 1963. Notes on mammals from

- Sonora, Mexico. *American Museum Novitates* 2138:1-10.
- González-León, C. M.** 2010. Evolución geológica y disposición del paisaje actual. 19-49 pp. *En:* F. Molina & T. R. Van Devender (eds.). *Diversidad biológica de Sonora*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Hoffmann, A., Palacios-Vargas, J. G. & Morales-Malacara, J. B.** 1986. *Manual de bioespeleología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, México)*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Hoffmann, A., López-Campos M. G. & Vázquez-Rojas, I. M.** 2004. Los artrópodos de las cavernas de México. 229-326 pp. *En:* J. E. Llorente, J. J. Morrone, O. Yáñez & I. Vargas. (Eds.), *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Iñárritu-Castro, B.** 2017. Interacción madre-cría del murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuena*) en cuevas de maternidad de Sonora y Guerrero, México.. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Lazcano, C.** 1983. México paraíso de la espeleología. *Gaceta UNAM*. VI época, 1(41): 21. Méx. D. F.
- Medellín, R., Arita, H. T. & Sánchez, O.** 2008. *Identificación de los murciélagos de México*. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Mitchell, H. A.** 1964. Investigations of the cave atmosphere of a Mexican bat colony. *Journal of Mammalogy* 45:568-577.
- Mitchell, R. W. & Reddell, J. R.** 1971. The invertebrate fauna of Texas caves. 35-90 pp. *En:* E. L. Lundelius & B. H. Slaughter (eds.). *Natural History of Texas Caves*. Dallas, USA.
- Molina Frenner, F. & Van Devender, T. R.** 2010. *Diversidad Biológica de Sonora*. Universidad Autónoma de México. México, D.F.
- Palacios-Vargas, J. G.** 1993. Evaluación de la fauna cavernícola terrestre de Yucatán, México. *Mémoires de Biospéologie* 20:157-163.
- Palacios-Vargas, J. G., Vasquez, I. M. & Morales-Malacara, J. B.** 1985. Aspectos faunísticos y ecológicos de la Gruta de Juxtlahuaca, Gro., México. *Mémoires de Biospéologie* 12:135-142.
- Palacios-Vargas, J. G., Juberthie, C. & Reddell, J. R.** 2014. Encyclopaedia Biospeologica. *Mundos Subterráneos*. Ciudad de México, México.
- Reddell, J. R.** 1977. A preliminary survey of the caves of the Yucatán Peninsula. *Association for Mexican Cave Studies Bulletin* 6:215-296.
- Reddell, J. R.** 1981. A review of a cavernicole fauna of Mexico,

Guatemala and Belize. Texas Memorial Museum, *University Texas at Austin Bulletin*, 27:1-327.

Reddell, J. R. 2005. *A preliminary bibliography of Mexican cave biology*. The Speleo Press. Austin, Texas, USA.

Reddell, J. R. 2006. *Further studies on the cavernicole fauna of Mexico and adjacent regions*. The Speleo Press. Austin, Texas, USA.

Southern California Grotto of the National Speleological Society. 2010. *Pinacate, Mexico, January 6-11, 2010*. The Explorer. CA, USA.

Villa, B. & Cockrum, E. L. 1962. Migration in the Guano Bat *Tadarida brasiliensis mexicana*. *Journal of Mammalogy* 43:(1)43-64.

CUEVAS DE LA RESERVA ECOLÓGICA MOXVIQUIL, SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS

Kaleb Zárate Gálvez, Diana Hermida
Villarreal

Grupo Espeleológico Jaguar A. C.

grupospeleologicojaguar@gmail.com,
grupospeleologicojaguar@yahoo.com.mx,

Resumen

Dentro de los límites de la Reserva Ecológica Moxquivil se exploraron y documentaron siete cavidades durante dos temporadas de exploración, en los años 2014 y 2015. La Cueva del Agua posee el mayor desarrollo y es un colector hídrico importante que podría tener relación con un ojo de agua cercano a la reserva. En estas exploraciones también se realizaron estudios biospeleológicos.

Palabras clave: cuevas, San Cristóbal de las Casas, fauna cavernícola, biospeleología.

Abstract

Inside the borders of the Moxquivil Ecological Reserve, seven caves have been explored during two expeditions in the years 2014 and 2015. The Cueva del Agua it is the most developed and it is an important hydro-collector that may be connected to the water spring nearby. Biospeleology works have been done too.

Key words: caves, San Cristóbal de las Casas, cave-dwelling fauna, biospeleology.

Características físicas

Descripción Geográfica

El estado de Chiapas posee una amplia variedad de climas, topografías y tipos de suelos que, junto con su ubicación geográfica, otorgan a la región mayor similitud fisiográfica con la parte noroeste de América Central que con la del resto México, y puede considerarse como una continuación de los principales elementos orográficos del istmo centroamericano. Además, es uno de los estados con gran desarrollo de cársticidad debido a su litología y tectónica (Lugo-Hubp, 1990).

Se reconocen siete zonas fisiográficas en el estado de Chiapas, caracterizadas por su naturaleza morfológica: 1) Llanura Costera del Pacífico, 2) Sierra Madre de Chiapas, 3) Depresión Central (Macizo de Chiapas), 4) Altiplanicie Central, 5) Montañas del Oriente, 6) Montañas del Norte, 7) Llanuras Costeras del Golfo. El municipio de San Cristóbal de las Casas se ubica en la región fisiográfica número cuatro (Castro-Mora, 1999), la Altiplanicie Central, también conocida como Meseta de Chiapas, la cual está limitada al Norte por las Sierras Plegadas y al Sur por la Depresión Central; dicha región se constituye por rocas sedimentarias cretácicas que incluyen calizas, principalmente, lutitas, limolitas y areniscas, y rocas volcánicas del Cenozoico (Galván, 2016)

La Reserva Ecológica Moxquivil (REM) se ubica a la orilla norte de la ciudad de San Cristóbal de las Casas. El 70% de la superficie del municipio, incluyendo la extensión de la reserva, se conforma de áreas accidentadas, mientras

que el resto se constituye de áreas planas y semiplanas, donde el suelo, caracterizado por ser delgado y pedregoso, está compuesto de: suelo aluvial del período Cuaternario, roca toba intermedia, roca limonita-arenisca, roca volcánica clástica, las tres últimas procedentes del período Terciario, y piedra caliza del período Cretácico. La composición de suelo más abundante es la piedra caliza y la menos abundante es la roca toba intermedia. En las partes bajas de sus valles hay tierra negra, mientras que, en las vegas de sus ríos, se encuentran suelos arcillosos de color ocre y amarillo con aluviones oscuros (SEGOB, 2017).

La REM cuenta con aproximadamente 97 hectáreas, caracterizadas principalmente por laderas con pendientes abruptas y cubiertas por una vegetación de pino-encino (Figura 1). Aun así, existen pequeñas hondonadas en donde se abren algunos ingresos al subterráneo, como la Cueva del Agua. Al Norte, la REM colinda con terrenos del municipio de San Juan Chamula y, al Sur, colinda con la mancha urbana de la ciudad; en sus cercanías también se encuentra el sitio arqueológico homónimo perteneciente a la civilización maya. Esta reserva privada es administrada actualmente por Pronatura Sur A. C. y es un centro de formación para la sustentabilidad. (Romero-Aguilar, 2008).



Figura 1. Panorama del bosque de la REM.

Antecedentes

El municipio de San Cristóbal de las Casas ha sido objeto de muchas exploraciones espeleológicas en diversos periodos del siglo XX, principalmente por parte de exploradores e investigadores extranjeros. Uno de los aportes más notables de esa época es el descubrimiento y exploración de las Grutas de Rancho Nuevo.

En referente al conocimiento del medio subterráneo de la REM, debemos mencionar el trabajo de los italianos del Circolo Speleologico Romano (CSR), quienes ya en 1975 exploraron por primera vez la Cueva del Agua, a la cual ellos nombraron Sumidero de Casa Clark, en honor a los dueños del predio, Samuel Kelly Clark y Mary Batelle Clark; hay que recordar que en esas fechas la REM aún no existía. Dicha exploración no fue concluida sino hasta 1981, cuando los italianos regresaron nuevamente y también finalizaron su topografía (Gambari & Topani, 1986; Monteleone, 1986).

Después de esa fecha se desconocen otros trabajos espeleológicos en la reserva. Fue hasta mediados del 2009 cuando algunos miembros del Grupo Espeleológico Jaguar A. C. (GEJ) realizan una incursión de prospección en la Cueva del Agua (Sumidero de Casa Clark). En la primavera del 2013, una nueva visita permite a otros socios del GEJ demostrar la presencia de más cuevas dentro de la REM. Cabe aclarar que estas visitas del GEJ fueron prospectivas, por lo que, en años posteriores, en coordinación y con el apoyo de Pronatura Sur A. C. y personal de la REM, se organizan y realizan dos expediciones cortas para explorar y documentar las cuevas dentro de la reserva,

llevadas a cabo durante los años 2014 y 2015, respectivamente.

Como resultado de estas exploraciones, a la fecha se conocen siete cuevas: Cueva del Agua (Sumidero de Casa Clark), Cueva Murciélagos, Cueva del Ángel, Sima del Niño Caído, Cueva del Maguey, Cueva de Juan José y Cueva de Mauricio. Todas estas cuevas son parte importante de la ecología de la REM y, afortunadamente, se encuentran en cierto grado resguardadas por encontrarse dentro de ella.

Cueva del Agua (Sumidero de Casa Clark)

Coordenadas: N 16°45'33.6'', O 92°37'57.4''

Altitud: 2289 msnm

Desarrollo: 90 m

Desnivel: -66 m

Temperatura interior: 15°C

Exploración: CSR, 1975 (Argano, Sbordon, Vomero y Zullini); GEJ, 2009 (Gabriel Merino, Camilo Thompson y Kevin Smith); GEJ, 2013 (Claudia Valeria Sánchez, Chiara Pulvirenti, Jesús Martínez y Cecilio López).

Exploración y topografía: CSR, 1981 (Sbordon y Gambari); GEJ, 2014 (Omar R. Ortega Chavarría, Jaime E. Gómez Rodríguez, Diana Hermida Villarreal, Francisco Ballinas Zavaleta, Jazmín Nava Martínez, Oscar R. Sánchez Morales, Carolina Cefrorella y Kaleb Zárate Gálvez).

Última exploración: 17/Mayo/2014

Descripción

La Cueva del Agua (Figura 2) es un sumidero joven al cual vierten sus aguas dos afluentes temporales (uno proveniente del Este y otro del Oeste). El ingreso de la cueva se abre con una dolina profunda de derrumbe, en cuyo extremo norte existen paredes verticales (Figura 3); de manera cuidadosa, es posible descender sin ayuda de cuerdas.



Figura 3. Dolina de Acceso a la Cueva del Agua.

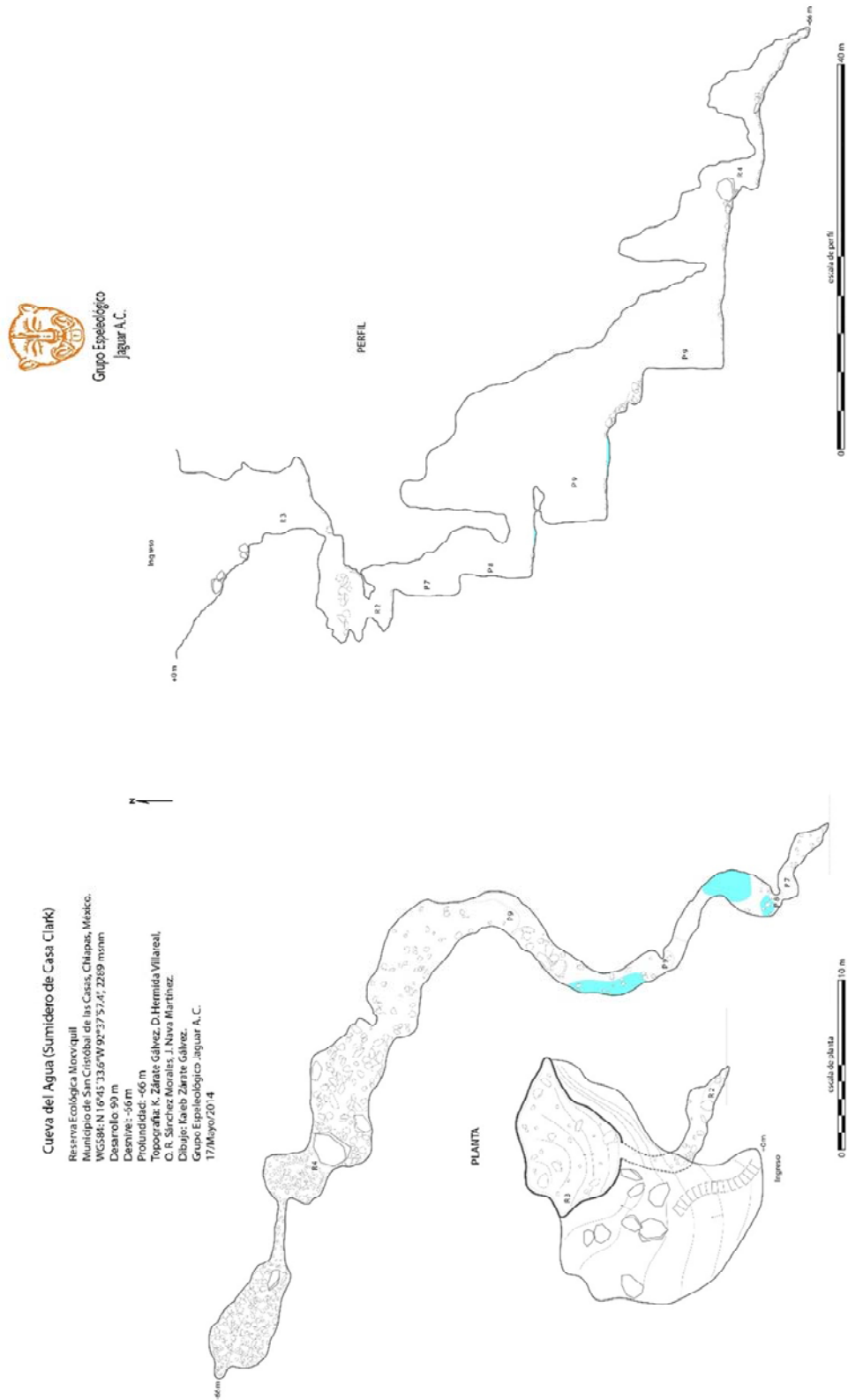


Figura 2. Topografía de la Cueva del agua



Figura 4. Morfología de la Cueva del Agua.

Al fondo se abre un pequeño hueco horizontal de un metro de ancho, que da acceso a la parte subterránea. El conducto se desarrolla por unos 10 m hasta llegar a una grieta, en este tramo y por encima de él hay varios bloques de derrumbe. La grieta puede desescalarsse sin complicaciones y, posteriormente, el desarrollo de la cueva continúa en sentido contrario al ingreso, pasando por debajo de la dolina de entrada y dirigiéndose al Norte.

Al descender por la grieta, un acceso contiguo permite llegar a un pozo de siete metros, que continua inmediatamente en otro pozo de ocho metros. Luego de un corto tramo horizontal se abre un nuevo pozo de nueve metros, en cuyo fondo se encuentra pequeños estanques de agua encharcada. Después, una pequeña rampa de bloques da acceso a un pozo de nueve metros. Desde el primer pozo hasta aquí, la morfología de la cueva es de meandro, con

paredes altas y lisas; la roca está muy consolidada, pero con galerías no muy anchas (Figura 4).

A partir del último pozo la morfología cambia un poco, pues se observan fuertes derrumbes, paredes constituidas por roca muy fragmentada y una gran cantidad de rocas y piedras de derrumbe se aprecia en el suelo hasta el final de la cueva. Para llegar al fondo, hay que descender desescalando un resalte de cuatro metros (puede hacerse cuidadosamente, aunque lo mejor sería usar una cuerda de seguridad) y cruzar una gatera que conduce hasta la galería final de modestas dimensiones. El agua se pierde en algún punto antes de la gatera y es posible observar desechos arrastrados por el agua, generalmente palos y hojas, además de basura plástica.

Cueva Murciélagos

Coordenadas: N 16°45'38.5'', O 92°37'59.5''

Altitud: 2301msnm

Desarrollo: 28 m

Desnivel: -20.64 m

Exploración: GEJ, 2013 (Claudia Valeria Sánchez, Chiara Pulvirenti, Jesús Martínez y Cecilio López).

Exploración y topografía: GEJ, 2014 (Francisco Ballinas Zavaleta, Jazmín Nava Martínez, Oscar R. Sánchez Morales, Jaime E. Gómez Rodríguez y Kaleb Zárate Gálvez).

Última exploración: 18/Mayo/2014

Descripción

Esta cueva fósil posee un acceso pequeño que se abre en una galería descendente con pendiente pronunciada, formada por el colapso de las capas de roca del techo, cuyos bloques se aprecian en el suelo durante todo el recorrido. Está conformada por dos galerías divididas por

una estrechez en el primer tercio del desarrollo de la cueva. En la segunda galería, principalmente en las zonas

cercanas a las paredes, es posible observar algunas concreciones, como estalactitas y escurrimientos (Figuras 5 y 6).

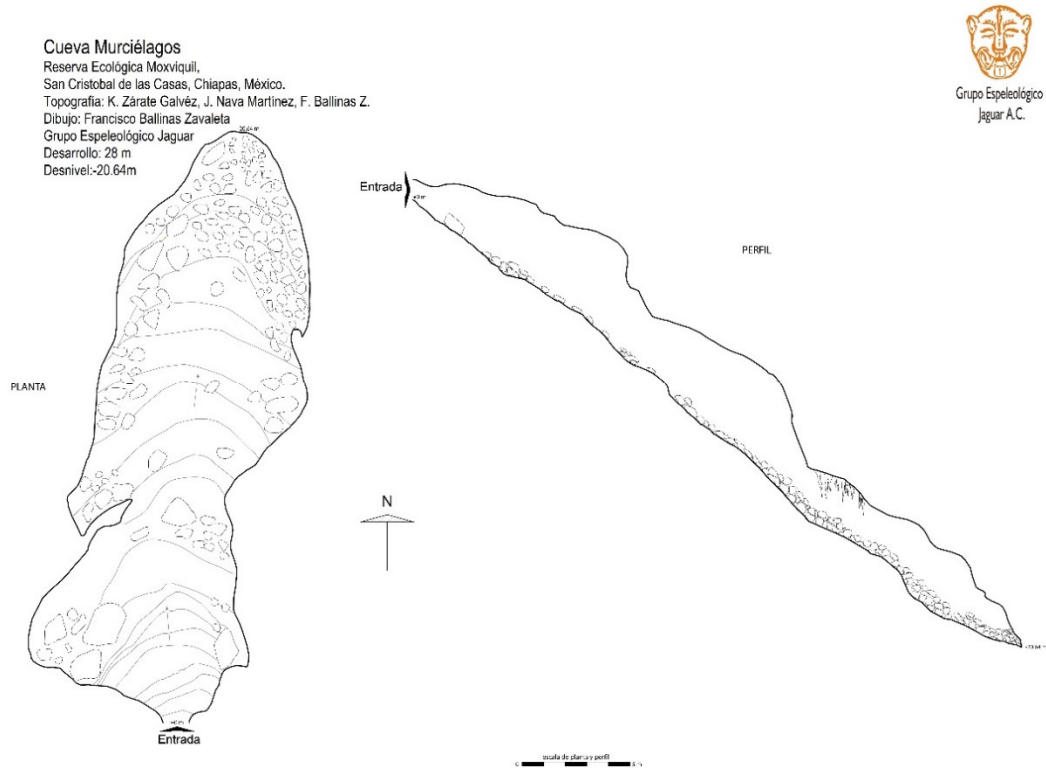


Figura 5. Topografía Cueva Murciélagos



Figura 6. La Cueva Murciélagos vista desde el fondo. A lo lejos se observa la luz de la entrada

Cueva del Ángel

Coordenadas: N 16°45'35.5", O 92°38'3.5"

Altitud: 2317 msnm

Desarrollo: 15 m

Desnivel: 4.74 m (-3.36+1.38)

Profundidad: -3.36 m

Exploración: GEJ, 2013 (Claudia Valeria Sánchez, Chiara Pulvirenti, Jesús Martínez y Cecilio López).

Exploración y topografía: GEJ, 2014 (Francisco Ballinas Zavaleta, Jazmín Nava Martínez, Oscar R. Sánchez Morales, Jaime E. Gómez Rodríguez y Kaleb Zárate Gálvez).

Última exploración: 18/Mayo/2014

Descripción

La cueva del Ángel (Figura 7) es propiamente una grieta, o fractura, que abre en superficie con un pequeño acceso (Figura 8). La entrada da paso a una galería

corta y angosta con pendiente descendente que, inmediatamente después, se desarrolla de forma totalmente horizontal hacia el Sureste. La exploración se realizó hasta el punto en el que la estrechez de la galería impidió el acceso.



Figura 8. Acceso hacia la Cueva del Ángel.

Cueva del Ángel
Reserva Ecológica Moxviquil
Municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México
WGS84: N 16°45'35.5"W 92°38'3.5, 2317 msnm
Desarrollo: 15 m
Desnivel: 4.74 m (-3.36+1.38)
Profundidad: -3.36 m
Topografía: J. Nava Martínez, F. Ballinas Zavaleta.
Dibujo: J. Nava Martínez, J. J. Hernández Cruz.
Grupo Espeleológico Jaguar A. C.
18/Mayo/2014



Grupo Espeleológico
Jaguar A.C.

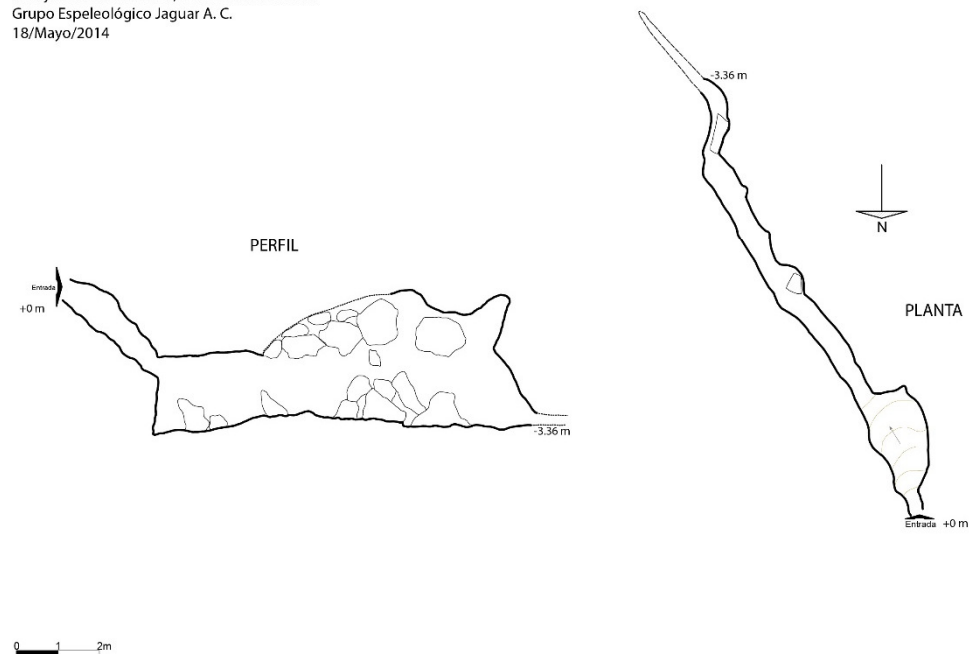


Figura 7. Topografía de la Cueva del Ángel.

Sima del Niño Caído

Coordenadas: N 16°45'22.2", O 92°37'55.8"

Altitud: 2228 msnm

Profundidad: -6 m

Exploración: GEJ, 2014 (Francisco Ballinas Zavaleta, Jazmín Nava Martínez, Oscar R. Sánchez Morales, Jaime E. Gómez Rodríguez y Kaleb Zárate Gálvez).

Fecha de exploración: 18/Mayo/2014

Descripción

Esta pequeña sima es prácticamente un hueco circular a nivel del suelo (Figura 9), aunque en el fondo, las paredes tienen una forma más irregular. Las condiciones de su formación han sido muy caprichosas, pues al parecer, derivan del derrumbe de las capas superficiales de roca de una cámara subterránea tipo "chimenea". El suelo está compuesto por el acumulamiento de tierra, detritos, troncos y demás material orgánico que cae a la sima, además de una gran cantidad de basura que la gente arroja deliberadamente a su interior.



Figura 9. Sima del Niño Caído.

Cueva del maguey

Coordenadas: N 16°45'28.3", O 92°37'55.8"

Altitud: 2304 msnm

Desarrollo: 15 m

Profundidad: -11m

Exploración: GEJ, 2015 (J. J. Hernández Cruz, A. A. Tinoco Martínez, D. Hermida Villarreal y O. R. Ortega Chavarría).

Fecha de exploración: 23/Mayo/2015

Descripción

La entrada a esta cueva es muy reducida y su cámara principal es de pequeñas dimensiones. Tiene además dos niveles inferiores de proporciones similares, a los que se accede por estrechos pasajes que solo una persona de complexión delgada podría pasar; el último salón termina cerrándose en una grieta (Figura 10). Dentro de la cueva se encontraron restos óseos de algunos mamíferos que no pudieron ser identificados.

Cueva de Juan José

Coordenadas: N 16°45'48.1", O 92°38'18.5"

Altitud: 2469 msnm

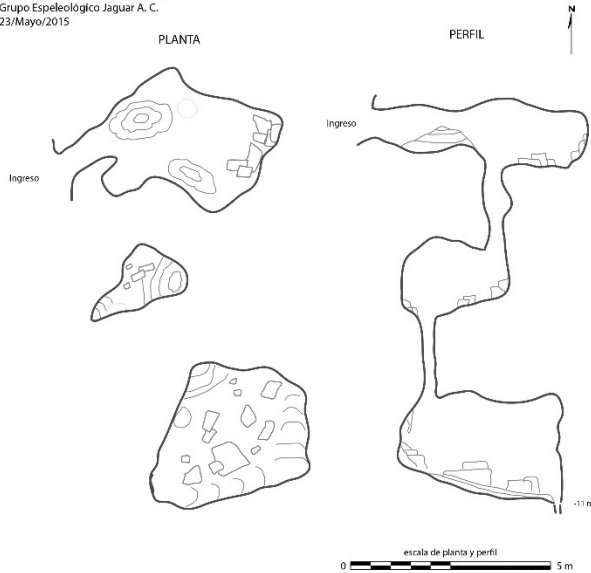
Desarrollo: 21 m

Profundidad: -4m

Exploración: GEJ, 2015 (D. Hermida Villarreal, A. A. Tinoco Martínez, O. R. Ortega Chavarría y Oscar R. Sánchez Morales).

Fecha de exploración: 23/Mayo/2015

Cueva del Maguey
Reserva Ecológica Moxviquil
Municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
WGS84: N 16°45'28.3"W 92°37'55.8"; 2304 msnm
Desarrollo: 15 m
Desnivel: -11 m
Profundidad: -11 m
Topografía: J. J. Hernández Cruz, A. A. Tinoco Martínez,
D. Hermida Villarreal, O. R. Ortega Chavarría.
Dibujo: Omar R. Ortega Chavarría.
Grupo Espeleológico Jaguar A. C.
23/Mayo/2015



Cueva de Mauricio

Coordenadas: N 16°45'35.8", O 93°28'27.4"

Altitud: 2360 msnm

Desarrollo: 7 m

Desnivel: -5 m

Exploración: GEJ, 2015 (A. A. Tinoco Martínez, O. R. Sánchez Morales, D. Hermida Villarreal y O. R. Ortega Chavarría).

Fecha de exploración: 23/Mayo/2015

Descripción

Es en realidad un hueco en el suelo de modestas dimensiones al que es posible ingresar desescalando sin la necesidad de usar equipo. Tiene una forma semicircular

con depósitos pétreos dispersos por el suelo (Figura 12).

Figura 10. Topografía Cueva del Maguey

Descripción

Esta pequeña cavidad presenta un acceso estrecho que, al momento de ser explorada, se encontraba intencionalmente obstruida con rocas. Al interior se abre una galería irregular de techos bajos con algunas rocas dispersas por el suelo. Finaliza en una corta galería descendente que se cierra por completo debido a un derrumbe relleno de tierra. La topografía se muestra en la Figura 11.

Cueva de Juan José
Reserva Ecológica Moxviquil
Municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México
WGS84: N 16°45'48.1"W 92°38'18.5"; 2469 msnm
Desarrollo: 21 m
Desnivel: -4 m
Profundidad: -4 m
Topografía: D. Hermida Villarreal, A. A. Tinoco Martínez,
O. R. Ortega Chavarría.
Dibujo: Omar R. Ortega Chavarría.
Grupo Espeleológico Jaguar A. C.
23/Mayo/2015

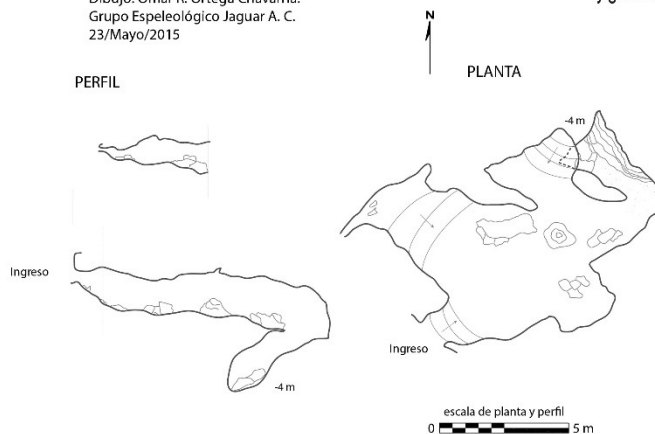
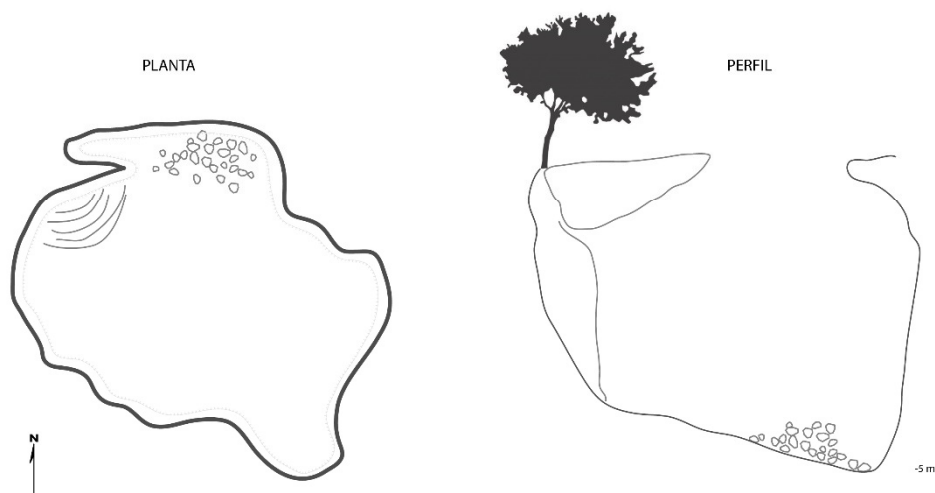


Figura 11. Topografía Cueva de Juan José

Cueva de Mauricio
 Reserva Ecológica Moxviquil
 Municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
 WGS84: N 16°45'35.8"W 93°28'27.4"; 2360 msnm
 Desarrollo: 7 m
 Desnivel: -5 m
 Topografía: A. A. Tinoco Martínez, O. R. Sánchez Morales,
 D. Hermida Villarreal.
 Dibujo: Omar R. Ortega Chavarría, Diana Hermida Villarreal.
 Grupo Espeleológico Jaguar A. C.
 23/Mayo/2015



Grupo Espeleológico
 Jaguar A.C.



escala de planta y perfil
 0 4 m

Figura 12. Topografía Cueva de Mauricio

Fauna cavernícola

Durante la expedición del 2014 se realizaron colectas científicas de organismos cavernícolas, principalmente arácnidos y crustáceos (Tabla 1).

Los ejemplares recolectados fueron depositados en las siguientes colecciones:

CA-UNICACH (Colección de Arácnidos de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas), CNAN (Colección Nacional de Arácnidos), CNAC (Colección Nacional de Ácaros) y CNCR (Colección Nacional de Crustáceos). Cabe destacar que las últimas tres colecciones pertenecen al Instituto de Biología de la UNAM.

Tabla 1. Fauna Cavernícola de la Reserva Moxviquil. Se excluyen las arañas no determinadas.

Clase/orden	Familia	Género	Especie	No. Ejem	Cueva
Arachnida					
Araneae	Nesticidae	<i>Eidmannella</i>	<i>Eidmannella pallida</i>	1♂, 2♀	Cueva del Agua
Opiliones	Stygnoptidae	<i>Troglostygnopsis</i>	<i>Troglostygnopsis anophthalma</i>	1♀	Cueva del Agua
Acari	¿?	¿?	¿?	1	Cueva Murciélagos
Malacostraca					
Isopoda	¿?	¿?	¿?	7	Cueva Murciélagos

Después de un riguroso análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

Clase Arachnida. 14 ejemplares totales repartidas en 3 ordenes:

- Araneae, 12 ejemplares de los cuales, tres pertenecen a la especie *Eidmannella pallida* (Emerton, 1875).
- Acari, 1 ejemplar.
- Opiliones, 1 ejemplar de la especie *Troglostygnopsis anophtalma* Šilhavý 1974 (Figura 13).

*El resto de los ejemplares son ninfas inmaduras y por tanto su determinación a nivel de especie es difícil.



Figura 13. Opilión troglobio *Troglostygnopsis anophtalma* Šilhavý 1974 encontrado dentro de la Cueva del Agua.

Clase Malacostraca. 7 ejemplares del orden Isopoda (cochinillas) que aún no han sido identificados detalladamente.

Aunado a los grupos de invertebrados anteriormente mencionados, durante la exploración de la Cueva del Agua se hizo el registro fotográfico de un ejemplar de la rana *Hyla walkeri*, encontrada en una zona de agua encharcada del segundo pozo de la cueva (Figura 14).



Figura 14. Este ejemplar de rana *Hyla walkeri*, fue encontrado en una de las charcas del segundo pozo de la Cueva del Agua.

Discusión, perspectivas y propuestas

Contaminación

La mancha urbana de la ciudad de San Cristóbal de las Casas, así como los terrenos ejidales usados para los cultivos en las zonas colindantes, han ejercido fuerte una presión sobre todo el ecosistema de esta zona y en particular a la REM, lugar fundamental para la conservación ecológica del municipio. A pesar de las ventajas que su carácter privado le otorga por encima de otras áreas naturales, los efectos antrópicos dentro de la reserva son evidentes. Por su fácil acceso, es un sitio muy frecuentado y debido a la falta de cultura de muchos visitantes, la acumulación de basura dentro de la REM es bastante notoria, particularmente en las cuevas, de donde no puede ser retirada ya sea porque no se ve, o bien porque no es posible entrar a ellas (cuevas verticales). Existen cuevas en donde la basura encontrada es arrastrada por las corrientes superficiales de agua que ingresan a ellas, como la Cueva del Agua, pero hay otras, como la Sima del Niño Caído, en donde la basura es deliberadamente arrojada a su interior.

Biodiversidad subterránea

Algo remarcable de la REM es que no solo resguarda y protege flora y fauna de superficie, sino que también es un reservorio de la fauna cavernícola de la región, como el caso del opilión *Troglostygnopsis anophtalma*, arácnido que, a diferencia de sus congéneres de superficie, ha perdido totalmente los ojos. De esta especie se conocen pocos ejemplares y provienen solamente de tres cuevas, ubicadas en los municipios de San Cristóbal de las Casas y Bochil. El presente registro constituye una nueva localidad para la especie, subestimada en cuanto a su diversidad debido a la falta de estudios.



Figura 15. La resurgencia del "Ojo de Agua" han quedado prácticamente bajo el concreto de la colonia que ha crecido a su alrededor.

Las cuevas también sirven como refugio para ciertas especies de superficie, como murciélagos y anfibios. La rana *Hyla walkeri* no aparece enlistada en el apéndice 1 de Romero-Aguilar (2008) para las especies esperadas en encontrarse en la REM, pero fue un ejemplar fue captado y fotografiado dentro de la Cueva del Agua por miembros del GEJ (Figura 15). Por si fuera poco, esta especie se clasifica como "Vulnerable" dentro de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (Santos-Barrera *et. al.*, 2004).

Los presentes registros proporcionan abundante información sobre la fauna

hipogea de la REM, pero es evidente que el conocimiento acerca de la fauna y biodiversidad subterránea es aún incipiente, por lo que resulta necesario continuar con el desarrollo de la investigación enfocada a este tema.

El sistema kárstico

La Cueva del Agua es quizá la cueva más importante dentro de la REM debido a la cantidad de agua proveniente de la superficie (dos afluentes temporales) que se encuentra en su interior y, con seguridad, es una vena importante que nutre los mantos acuíferos subterráneos.

El interés que nos atrajo a la exploración de esta cueva era que podía (o puede) tener relación con el manantial cercano llamado "Ojo de Agua", ubicado justo en las faltas de las montañas al Sureste de la REM, el que actualmente se halla prácticamente inmerso en la colonia homónima (Figura 16). Sin embargo, una vez hecha la topografía, nos dimos cuenta

de que la cueva se desarrolla con dirección al Norte y profundiza hasta toparse con una zona de roca más fracturada e inestable, por lo que las últimas galerías se cierran bajo el colapso del techo y paredes, permitiendo sólo el paso del agua.

Algo notable es que, en superficie, la Cueva del Agua se abre justo a un costado de una zona ampliamente despejada que es utilizada para campamentos y otras actividades que implican grupos numerosos, por lo que el agua de lluvia y/o el viento pueden arrastrar con facilidad toda clase de desechos y basura de esta área hacia al cauce cercano que se dirige a la cueva.

Para hablar del sistema subterráneo de la REM y de las montañas que la ocupan, debemos ampliar nuestra visión más allá de los límites de la reserva. Desde el punto de vista espeleológico e hidrogeológico, la Cueva del Agua funciona como un colector durante la temporada de lluvias y drena las aguas hacia una supuesta poza principal. La diferencia de las altitudes entre el fondo de la Cueva del Agua y la resurgencia del Ojo de Agua nos indica que posiblemente dicho colector principal se encuentre aproximadamente 85 m más abajo. Sin embargo, creemos que las zonas de recarga importantes (el ingreso o los ingresos) al sistema principal deben localizarse al Norte, en los terrenos del municipio de Chamula, donde algunos posibles ingresos se han individualizado mediante cartas topográficas. No obstante, por falta de tiempo y de permisos no fue posible visitar los terrenos y verificar los sumideros.

Si esta teoría resulta certera, el tema de la calidad del agua se vuelve apremiante y de mayor dimensión, porque el Ojo de Agua es utilizado por la población de San

Cristóbal y por la REM, y esta dependerá directamente de los factores que influyen en los terrenos y zonas de recarga (basura, aguas negras, desechos sólidos, uso de agroquímicos, etc.).

La exploración se antepone como una necesidad y base para todo estudio futuro. Un buen conocimiento hidrogeológico subterráneo en un área kárstica como San Cristóbal de las Casas y los municipios adyacentes se vuelve necesario para una mejor comprensión del paisaje, lo que a su vez podría derivar en un mejor manejo, aprovechamiento y conservación de uno de los recursos más necesarios y vulnerables, el agua.

Agradecimientos

Agradecemos a todo el personal de la REM y PRONATURA SUR A. C. por permitirnos el acceso a la reserva y por hacer de nuestra estancia en sus instalaciones una experiencia agradable. Un agradecimiento especial a Eric López Villanueva y a María de los Ángeles Azuara (Aco) por ser nuestros anfitriones, estar al tanto de nosotros, compartir nuestra emoción por las cuevas e incluso acompañarnos a ellas.

A todos los participantes de la expedición que se han esforzado, sin su apoyo este trabajo no sería posible.

Literatura citada

Castro-Mora, J. 1999. *Monografía geológico minera del estado de Chiapas. Pachuca, Hgo: Consejo de Recursos Minerales: SECOFI, Coordinación General de Minería.* 30-70 pp.

Galván T., M. 2016. Estudio geológico-geofísico-geotécnico del Proyecto Hidroeléctrico Río Frío en San Lucas, Chiapas. Tesis de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. 135 pp.

Gambari, Stefano & Marco Topani. 1986. Descrizioni delle cavità esplorate. En: Le spedizioni speleologiche Malpaso '81 e Malpaso '84 in Chiapas, Messico. *Notiziario del Circolo Speleologico Romano. Nuova Serie.* No. 1. 164 pp.

Lugo-Hubp, J. 1990. El relieve de la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, vol. 9, núm. 1. pp. 82

Monteleone, Maurizio. 1986. Storia delle due spedizioni. En: Le spedizioni speleologiche Malpaso '81 e Malpaso '84 in Chiapas, Messico. *Notiziario del Circolo Speleologico Romano. Nuova Serie.* No. 1. 164 pp.

Romero-Aguilar, E. 2008. Antecedentes de la Reserva Ecológica Moxviquil. Documento inédito.

Santos-Barrera, G., L. Canseco-Márquez, M. Acevedo & A. Muñoz A. 2004. *Hyla walkeri*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 16 September 2014.

CONEXIÓN DE DOS SISTEMAS SUBTERRÁNEOS A 19 AÑOS DE DISTANCIA EN LA SIERRA NEGRA PUEBLA

Ángel García Carlos

Grupo Espeleológico Chicomoztoc

drangelgc@hotmail.com

Resumen

En 1991, miembros de la Sociedad Quebequense de Espeleología (SQS) dieron por terminada la exploración de un pasaje ascendente del Sistema Tepepa, como parte de su proyecto MEXPÉ IV, dejando en ese lugar una nota topográfica con los datos correspondientes; 19 años después, el Grupo Espeleológico Chicomoztoc (GECh) encontró esa nota cuando exploraba en la Sierra Negra una cueva a la que denominaron Pozo 4. Dada la conexión física entre ambas cuevas, se inició el trabajo de integración de los datos planimétricos recabados por ambos grupos, para lo cual se usaron distintos métodos de interpretación. El reto fue determinar si, al unir ambas topografías, los resultados eran o no confiables.

Palabras clave: cueva, Sierra Negra, Sistema Tepepa

Abstract

In 1991 members of the Québec Speleological Society (SQS) finished the exploration of an ascending passage of the Tepepa System, as part of its MEXPÉ IV project, and left in that place a

topographical note with the corresponding data; 19 years later, the Chicomoztoc group found that note when they explored in the Sierra Negra a cave called Pozo 4. Given the physical connection between both caves, the work of integrating the planimetric data collected by both groups was initiated. Different methods of interpretation were used. The challenge was to determine if, by joining both topographies, the results were reliable or not.

Keywords: cave, Sierra Negra, Tepepa System

Introducción

Uno de los principales temas en la espeleología es la topografía, ya que es la mejor manera de describir una cueva. Cuando pensamos en el trabajo topográfico de inmediato viene a la mente un grupo de espeleólogos con instrumentos de medición recabando datos; acto seguido, un dibujo con los datos de profundidad y desarrollo de la cueva. Sin embargo, la labor entre la toma de datos y su interpretación puede llegar a ser muy compleja, dependiendo de la técnica empleada y la forma de recolección de la información. Si tratamos de interpretar datos que fueron obtenidos en momentos distintos, con métodos diferentes y pluralidad de personas, la complejidad aumenta.

Las técnicas de topografía subterránea forzosamente difieren de las empleadas en superficie debido a las condiciones particulares del subsuelo, de ahí que, en el transcurso de la historia de la espeleología, se han desarrollado instrumentos y técnicas para la obtención de los datos de manera más cómoda y no necesariamente más



Figura 1. Nota de la Sociedad Quebequense de Espeleología, originaria de 1991 y hallada en 2010 por el Grupo Espeleológico Chicomoztoc, la cual prueba la conexión entre el Pozo 4 y el Sistema Tepepa.

exactos, pues desde las primeras técnicas usadas los resultados han sido confiables.

Gracias a programas digitales como Visual Topo, Topodroid y Google Earth, la integración y procesamiento de la información ha evolucionado para hacer más comprensibles los resultados, sin importar la diversidad de métodos o técnicas empleadas para su obtención.

Antecedentes

En 1987, la SQS empezó un extenso proyecto de exploración espeleológica en la Sierra Negra, que tuvo como resultado del mapeo del Sistema Tepepa, 900 m de profundidad y más de 28 km de desarrollo.

En 2009, GECh se encontraba explorando sótanos pertenecientes a la comunidad de La Cumbre, dentro del municipio de Tlacotepec de Díaz en la Sierra Negra al Sur del Estado de Puebla,

México. En esa ocasión, se descubrieron seis sótanos alineados, a los cuales, por su relativa cercanía, se les nombra Pozos del 1 al 6. Debido a su estructura geológica, el Pozo 4 atrajo la atención del grupo y se convirtió en el objetivo principal del proyecto de exploración. En ese mismo año, se topografió hasta el pasaje “Ventana al Cielo” a 206 m de profundidad. En 2010 se continuó la prospección y topografía del Pozo 4 a más de 350 m de profundidad. La exploración llegó a su fin cuando se encontró una nota que marcaba un punto topográfico perteneciente al Proyecto MEXPÉ IV de la SQS, quienes llegaron a este punto en 1991 escalando a contracorriente dentro del Sistema Tepepa.

La nota que dejó la SQS en 1991 y halló el GECh en 2010 implica el punto de unión entre el Sistema Tepepa y el Pozo 4 (Figura 1).

Integración topográfica

Para poder saber qué extensión se sumaría al sistema con la nueva conexión, se debían integrar los resultados topográficos de la exploración del Pozo 4, realizada por GECh entre el 2009 y 2010, con la topografía generada por la SQS durante sus exploraciones entre 1987 a 1991. Por medio de las publicaciones de la SQS supimos la altura aproximada sobre el nivel del mar (msnm) de las entradas del Sistema Tepepa, información que nos hizo pensar que el Pozo 4 se convertiría en la entrada más alta al sistema.

Para comenzar, fue necesario entablar comunicación con la SQS para informarles del hallazgo y compartirles nuestra información topográfica, en respuesta, ellos nos compartieron un archivo de Visual Topo con la topografía de todo el sistema, de donde logramos extraer la siguiente información (Tabla 1, Figura 2):

Tabla 1. Datos del Sistema Tepepa obtenidos por la SQS entre 1987 y 1991.

Sistema Tepepa	
Punto más alto	+88 m
Punto más bajo	-812 m
Desnivel	900 m
Desarrollo	28065 m
X	725.856 km
Y	2030.264 km
Z	1440 msnm

Después, digitalizamos la topografía del Pozo 4 y obtuvimos los siguientes resultados (Tabla 2, Figura 3):

Tabla 2. Datos del Pozo 4 obtenidos por el GECh entre 2009 y 2010.

Pozo 4	
Punto más alto	0 m
Punto más bajo	-360 m
Desnivel	360 m
Desarrollo	853 m
Norte	18°20'53.79''
Oeste	96°51'25.09''
msnm	1590

El paso siguiente era integrar la topografía del Pozo 4 a la del Sistema Tepepa desde el punto de conexión, para lo cual obtuvimos los siguientes resultados (Tabla 3, Figura 4):

Tabla 3. Datos integrados de la conexión Sistema Tepepa-Pozo 4, obtenidos por el GECh.

Conexión Sistema Tepepa-Pozo 4	
Punto más alto	+149 m
Punto más bajo	-812 m
Desnivel	961 m
Desarrollo	28918 m

Hasta aquí todo parecía sencillo, sin embargo, como un ejercicio del uso de los datos topográficos se decidió interpretar los resultados con diferentes métodos, para comprobar la confiabilidad de los mismos, pues el trabajo para su levantamiento fue hecho durante 23 años por dos grupos y decenas de personas con instrumentos variados, como cintas métricas, topofil, distanciómetros láser, brújulas, Suuntos Tándem y clinómetros.

Tal vez la lógica indicaría que, por usar distintitos métodos, se tendría que hacer todo el trabajo topográfico nuevamente, pero eso es complicado dada la extensión topografiada y porque los dueños de los terrenos ya no son muy accesibles para permitirnos el ingreso a sus cuevas. Así que decidimos usar las mismas topografías y coordenadas geográficas de las entradas principales en los distintos métodos usados. Después de unir ambas topografías y ver las discrepancias, lo siguiente fue hacer la diferencia entre la altitud del punto más alto del Sistema Tepepa y del Pozo 4 (Tablas 4 y 5):



Figura 2. Topografía del Sistema Tepepa generada por la SQE en 1991

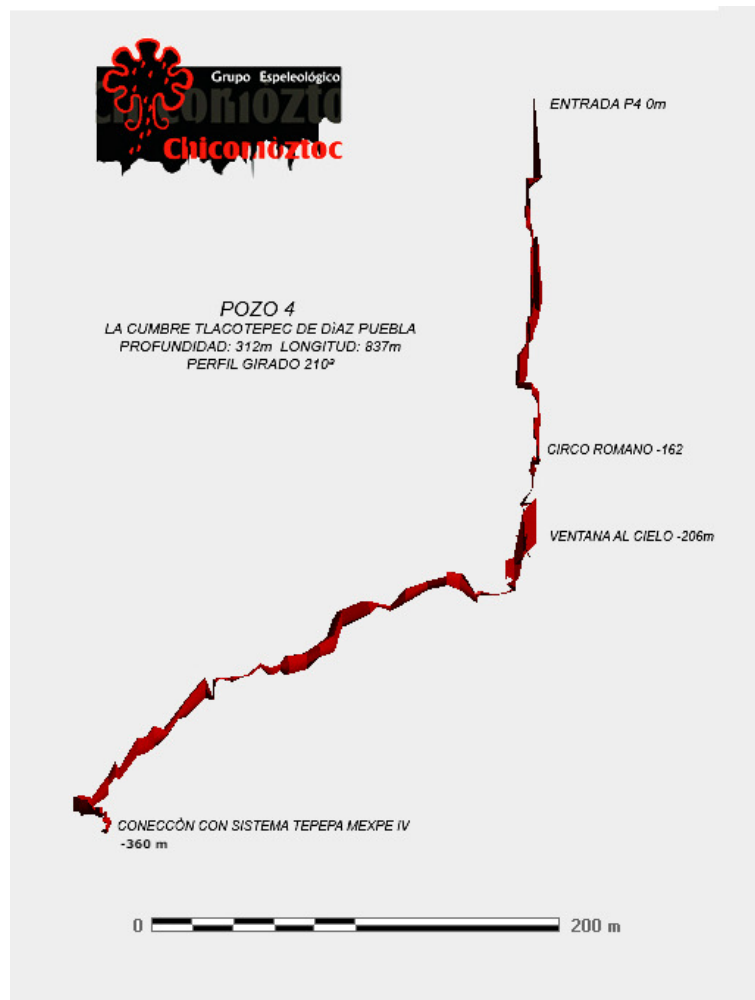


Figura 3. Topografía del Pozo 4, realizada en 2010 por el GECh.

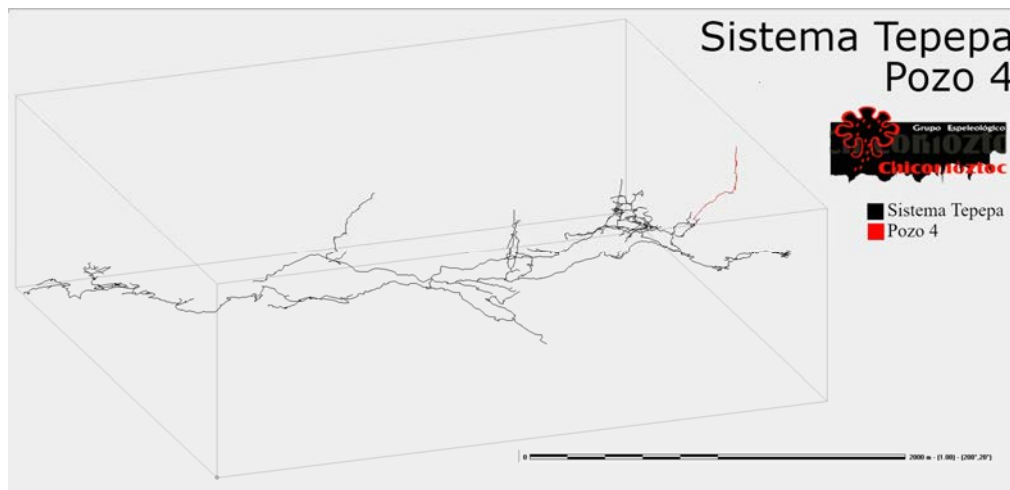


Figura 4. Integración del Pozo 4 al Sistema Tepepa.

Tabla 4. Diferencia de desnivel entre el Sistema Tepepa (SQS, 1987-1991) y la conexión Sistema Tepepa-Pozo 4 (GECh, 2010), obtenida por el método de unión de topografías.

Desnivel por unión de topografías	
Desnivel Sistema Tepepa	900 m
Desnivel Sistema Tepepa-Pozo 4	961 m
Diferencia	61 m

Tabla 5. Diferencia de desnivel entre el Sistema Tepepa (SQS, 1987-1991) y la conexión Sistema Tepepa-Pozo 4 (GECh, 2010), obtenida por el método de diferencia de altitudes.

Desnivel por diferencia de altitudes	
Entrada principal Sistema Tepepa	1440 msnm
Punto más alto Sistema Tepepa	88 m por arriba de la entrada principal
Altitud del punto más alto	1528 msnm (1440+88)
Entrada Pozo 4	1590 msnm
Diferencia	62 m

Al ver que los resultados sólo diferirían en un metro concluimos que eran confiables, sin embargo, decidimos emplear un método de comprobación más, el cual consistió en presentar en un mismo plano las dos cuevas, es decir, el Sistema Tepepa y el Pozo 4, cada una con sus correspondientes coordenadas, porque esperábamos que la conexión se diera por sí sola. Como se puede ver en la Figura 5, las cuevas no se conectaron por diferencia

de unos pocos metros en un solo sentido, y a pesar de ello, la diferencia en cuanto a profundidad coincidió perfectamente. Consideramos que la discordancia sucedió por la declinación magnética, pues las ubicaciones de las entradas fueron tomadas en momentos distintos y con cartas geográficas elaboradas con años de diferencia, pero a pesar de que la altitud fue tomada por diferentes métodos, no se vio afectada por la diferencia de tiempo en la toma de datos.

Conclusiones

El trabajo topográfico dentro de una cueva tiene una gran relevancia para la espeleología, ya que no sólo es el medio para describir una cueva, sino también es una herramienta para poder hacer cálculos y predicciones en una exploración. En este caso, por ejemplo, fue el medio para constatar planimétricamente que se realizó una conexión, por lo que se hace patente la importancia de tomar y registrar los datos de manera clara, porque no sabemos cuándo ni quién necesitará esa información.

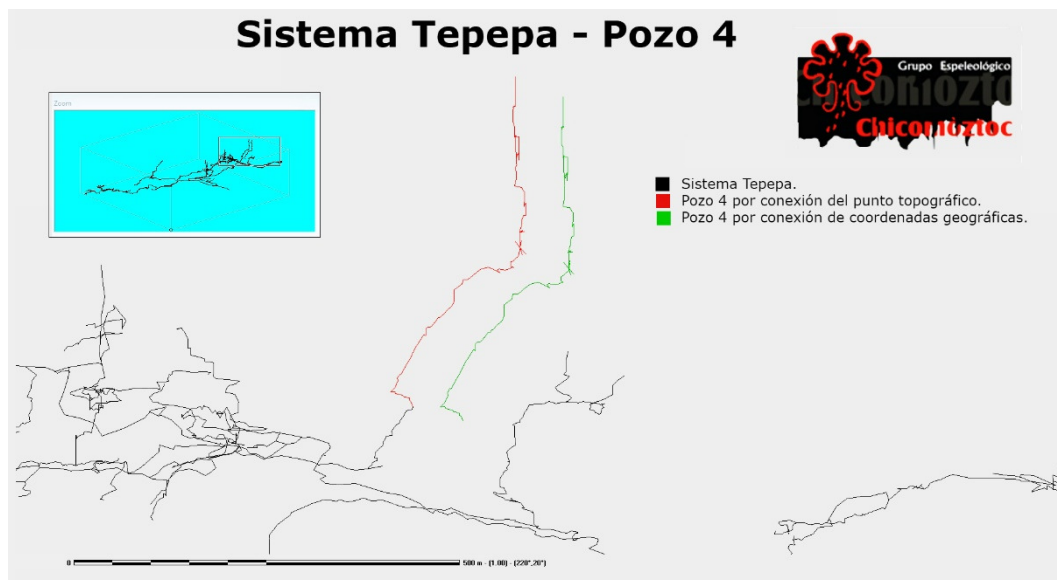


Figura 5. Comparación de la conexión Sistema Tepepa-Pozo 4 realizada a través de dos diferentes métodos.

Además, resaltamos la necesidad de dejar marcas topográficas dentro de la cueva, así como registrarlas, para que cuando alguien las encuentre sea fácil saber a qué punto de nuestra topografía nos referimos. Es de gran importancia estar capacitados para interpretar los datos que se generan dentro y fuera de la cueva, ya que hoy en día contamos con múltiples herramientas, como los programas y aplicaciones, y sin prejuzgar sobre las bondades de uno u otro método, la principal diferencia entre ellos es la manera en que los utilizamos.

Por último, el realizar una topografía permite a otros utilizar nuestros datos con distintos enfoques, pues eso dependerá de los objetivos particulares de cada explorador, científico, profesor, ente de gobierno, etc.; recordemos que cueva no topografiada es cueva no explorada.

EXPLORACIÓN EN JUNGAPEO DE JUÁREZ, MICHOACÁN

Susana Alejandra Mendoza^{1*}, Alan O. Nieves Mendoza, Alonso Márquez Rubio y Erika González Hernández

Área de Espeleología de la Asociación de Excursionismo y Montañismo del Instituto Politécnico Nacional (AEMIPN). Av. Luis Enrique Erro, s/n. Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07738. CDMX.

espeleo_aemipn@hotmail.com,
smendozacontreras@outlook.com

Resumen

En Julio del 2017, el Área de Espeleología de la Asociación de Excursionismo y Montañismo del Instituto Politécnico Nacional inició la exploración de las inmediaciones del poblado de Jungapeo de Juárez, en el municipio de Jungapeo, Michoacán. De las cinco cavidades ubicadas, tres de ellas fueron exploradas y topografiadas, sumando un desarrollo horizontal 260.10 m. Con base en los informes locales, no se descarta el potencial de exploración de esta zona.

Palabras clave: cueva, Jungapeo, Michoacán

Abstract

In July 2017, the Speleology Section of the Association of Hiking and Mountaineering of the National Polytechnic Institute in México began the exploration of the Jungapeo de Juárez town vicinity, inside the rural municipality of

Jungapeo, Michoacán. Five cavities were located, of which three were explored and surveyed, it comprises a length of 260.10 m. Based on local reports, the expedition potential of this region is not discarded.

Keywords: cave, Jungapeo, Michoacán

Introducción

Jungapeo es un municipio perteneciente al estado de Michoacán de Ocampo, localizado a una altitud promedio de 1,300 msnm. Tiene una extensión territorial de 266.38 km² dividida en dos provincias fisiográficas correspondientes a la Sierra Madre del Sur y al Eje Neovolcánico, siendo la composición del material rocoso de la región mayoritariamente roca ígnea extrusiva (dacita-brecha volcánica ácida, basalto, brecha volcánica ácida, basalto-brecha volcánica básica, brecha volcánica básica y dacita) y en menor medida roca sedimentaria (arenisca-conglomerado y caliza) y metamórfica (metavolcánica); se ubica dentro de la región hidrológica Balsas, con corrientes continuas de los ríos Chiquito, Tetengueo y Tuxpan (INAFED 2015; INEGI, 2009) (Figura 1). Dentro de la conjunción de estas dos regiones fisiográficas se encuentra el acuífero Ciudad Hidalgo-Tuxpan, cuyas aguas presentan elevados niveles de calcio, magnesio sodio y diversos bicarbonatos (CONAGUA, 2008).

Antecedentes

No existe registro de exploración en la zona por parte de otros grupos espeleológicos, sin embargo, se ha reportado actividad en poblados cercanos: en 1985, un grupo encabezado por Carlos Lazcano realizó la exploración y topografía

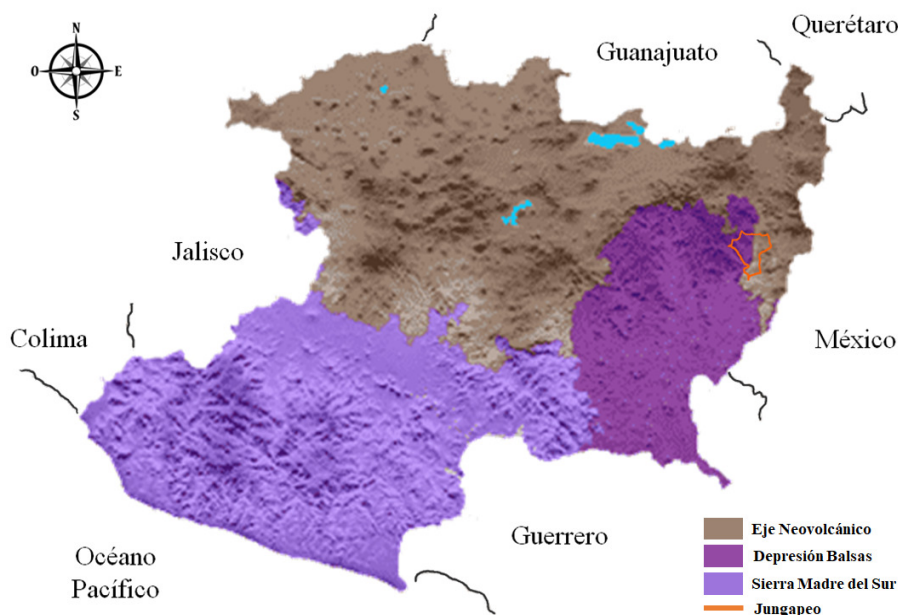


Figura 1. Relieve geográfico del estado de Michoacán de Ocampo. Es posible apreciar las dos regiones fisiográficas que componen el municipio de Jungapeo, así como la subprovincia de la depresión Balsas (INEGI; 2005).

Tabla 1. Cavidades ubicadas en el municipio de Jungapeo, Michoacán.

Nombre	Desnivel (m)	Longitud (m)	Altitud (msnm)
Cueva del Pitufo	-3.0	15.0	1,848
Cueva del Pitufo 2	Pendiente	Pendiente	Pendiente
Cueva del Guano	+2.0	20.0	1,314
Cueva de Cuatro Ojos	+7.0	225.1	1,377
Cueva de Cuatro Ojos 2	Pendiente	Pendiente	Pendiente

Longitud total topografiada = 260.10 m

de la cueva *Hoya El pequeño* en el municipio de Zitácuaro, y dos más en el municipio de Tuxpan, las *Grutas de Turundeo 1 y 2* (Sprouse, 1985). Otras regiones del estado ya exploradas son los municipios de Coalcomán (Sprouse, 1984) y Aguililla (Fischesser, 1984).

Objetivo

Iniciar la exploración en superficie cerca de las rancherías El Cerrito del Muerto, Púcuaro, y Cóporo, en las inmediaciones del poblado de Jungapeo de Juárez (Jungapeo, Mich.) así como explorar y topografiar las cavidades ubicadas.

Resultados y discusión

Durante esta exploración fueron localizadas cinco cavidades: *Cueva del Pitufo*, *Cueva del Pitufo 2*, *Cueva del Guano*, *Cueva de Cuatro Ojos* y *Cueva de Cuatro Ojos 2*, de las cuales, la *Cueva del Pitufo*, *Cueva del Guano* y *Cueva de Cuatro Ojos*, fueron exploradas y topografiadas (Tabla 1).

La *Cueva del Pitufo* se ubica dentro de una propiedad privada del ejido El cerrito Muerto. El acceso se logra a través de un estrecho tiro de 2 m de longitud, y dentro de la cueva existen dos ramales aún más estrechos con presencia de corrientes de

aire, lo que hace suponer que el desarrollo de la cueva continúa, sin embargo, fue imposible seguir con el recorrido. La composición de la cueva es de roca volcánica y se topografiaron 15.0 m de longitud con un desnivel de -3.0 m (Figura 2).

La *Cueva del Guano* se localiza cerca del poblado de Púcuaro, en la pared de un cerro que forma parte de una barranca que delimita el lecho del río Tuxpan. La entrada de la cueva es un amplio acceso que posee dos ramales, uno de los cuales cruza el cerro de extremo a extremo de manera horizontal, mientras que, en la pared del segundo, se aprecia una grieta en la que es difícil progresar debido al fuerte olor del guano acumulado; a pesar de esto, fue posible encontrar dos ramales. En esta cavidad se topografiaron 20 m de longitud con +2 m de desnivel (Figura 3).

La *Cueva de Cuatro Ojos* se ubica en una rancharía llamada Cóporo. Posee dos entradas localizadas en la pared de un cerro que forma una barranca que conduce un río de corriente baja, una de ellas de 13.0 m de ancho y 7.0 m de alto, mientras que la segunda mide 15.0 m de alto y 11 m de ancho. Ambas entradas conducen a un gran salón, en donde se encuentra un paso estrecho de 0.9 m de diámetro y 3.0 m de longitud. Al cruzar esta arrastradera se llega a otro salón amplio, en donde se encontró una escalera de madera bastante deteriorada. El resultado del trabajo de topografía para esta cavidad fue de 225.1 m de longitud con un desnivel de +7 m (Figura 4). Es importante mencionar que la estadía en esta cueva fue reducida debido a su penetrante olor a guano, acumulado por la numerosa colonia de murciélagos que habita en ella.

Al salir de esta cueva, una vez terminado el trabajo de topografía, se apreció la entrada a otra cueva a poca distancia, la cual será explorada en exploraciones futuras. De acuerdo con la información proporcionada por los habitantes, tan sólo en las inmediaciones del poblado de Jungapeo de Juárez, existen al menos una docena de cuevas por ubicar.

Es importante recordar que la exposición al excremento de murciélago puede causar *histoplasmosis*, un padecimiento con síntomas similares a los de la gripe que aparecen entre dos y tres semanas después del contacto con el guano; en casos extremos, puede ocasionar fiebre, dolor en el tórax y pericarditis (Bledsoe y col., 2009). Aunque ningún miembro de la exploración presentó síntomas de este padecimiento, en las visitas sucesivas será imprescindible contar con el equipo de seguridad adecuado para seguir con la exploración de la *Cueva del Guano*, la *Cueva de Cuatro Ojos* y demás cavidades que puedan encontrarse, sin poner en riesgo la salud de los espeleólogos.

Conclusiones

Se localizaron cinco cavidades en el municipio de Jungapeo, Michoacán, de las cuales se exploraron y topografiaron tres de ellas, sumando un desarrollo horizontal de 260.10 m. Con base en la información facilitada por los habitantes, no se descarta el potencial de exploración de esta zona.

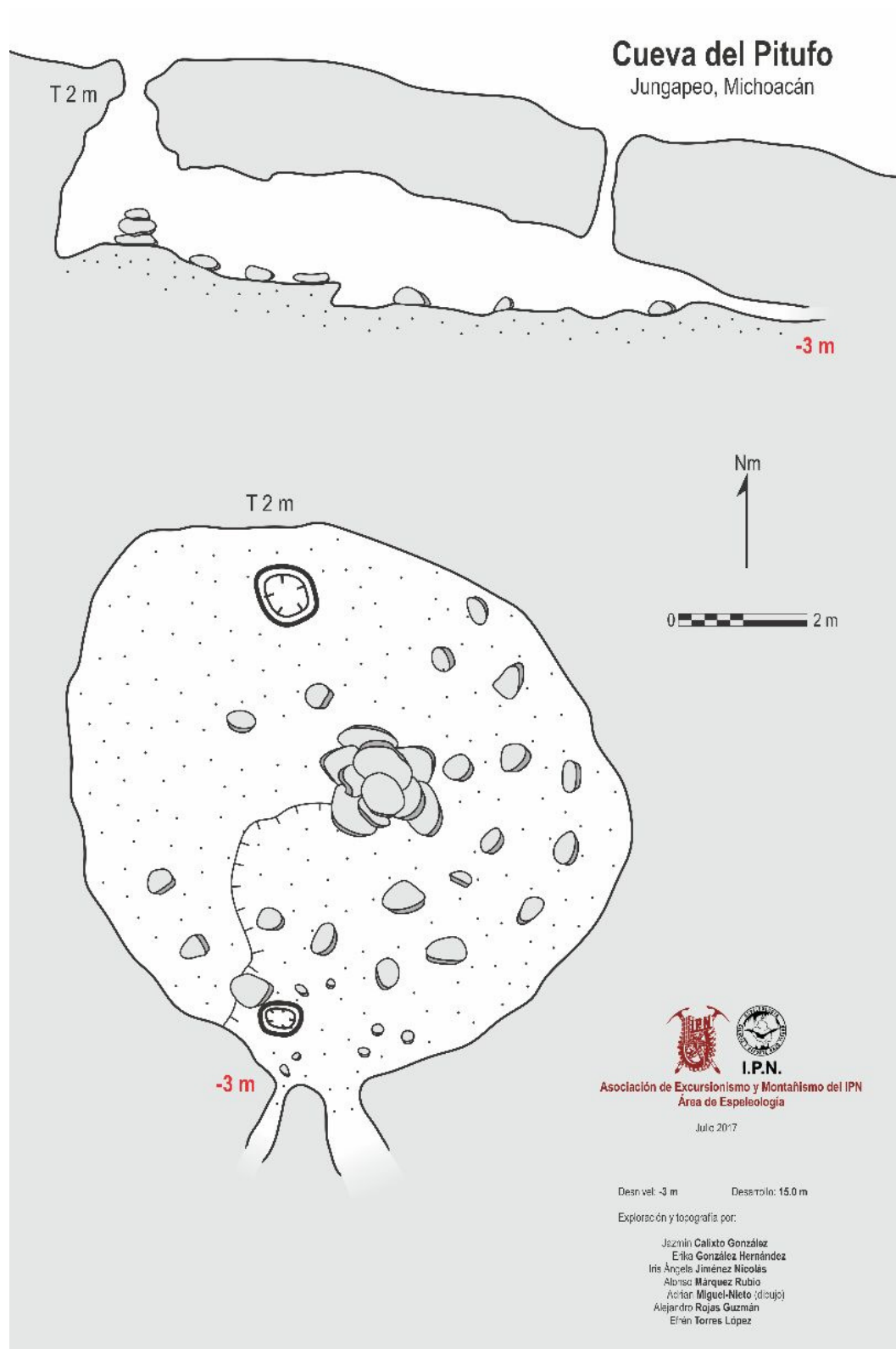


Figura 2. Topografía de la Cueva del Pitufo.

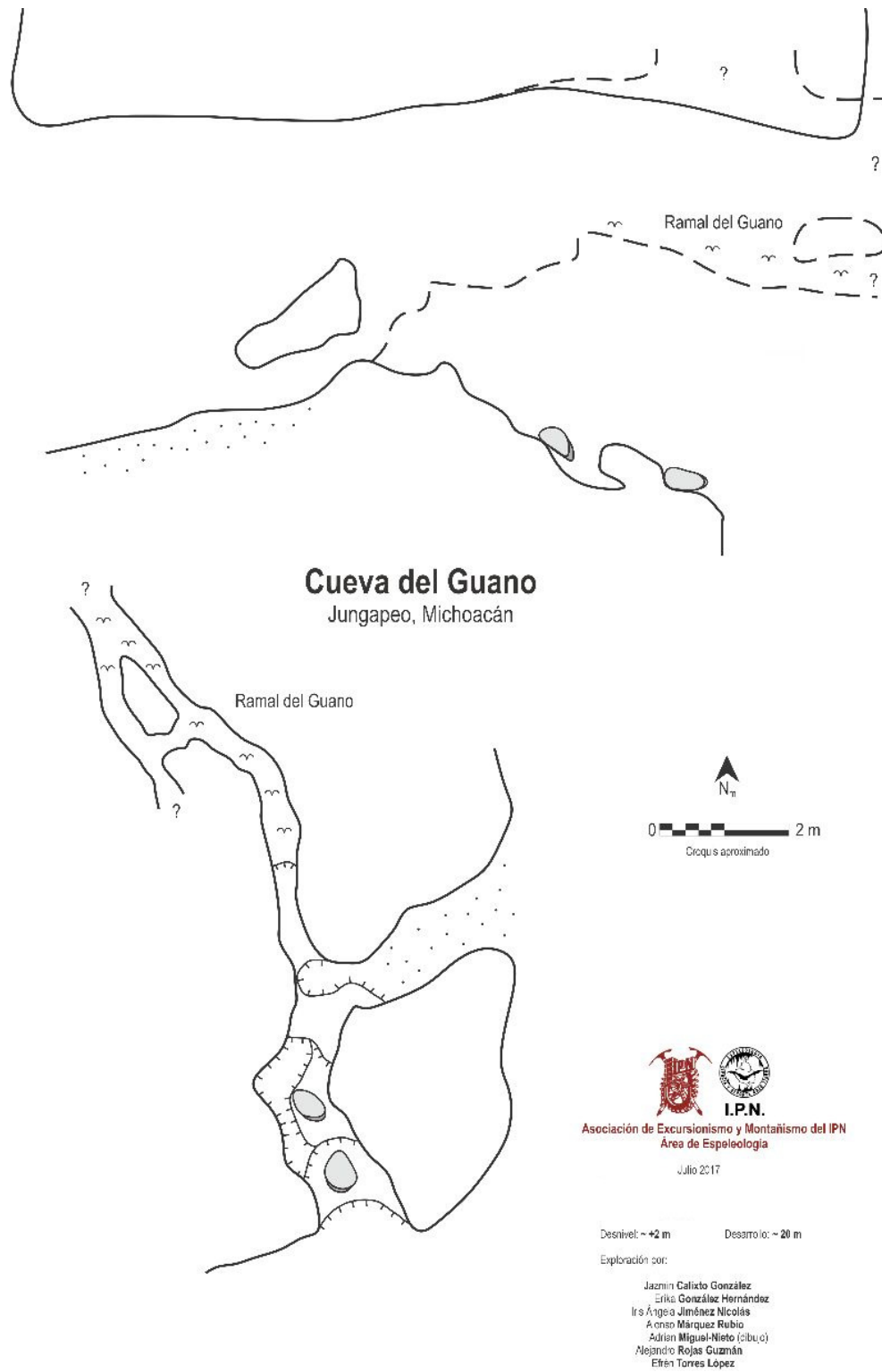


Figura 3. Topografía de la Cueva del Guano.

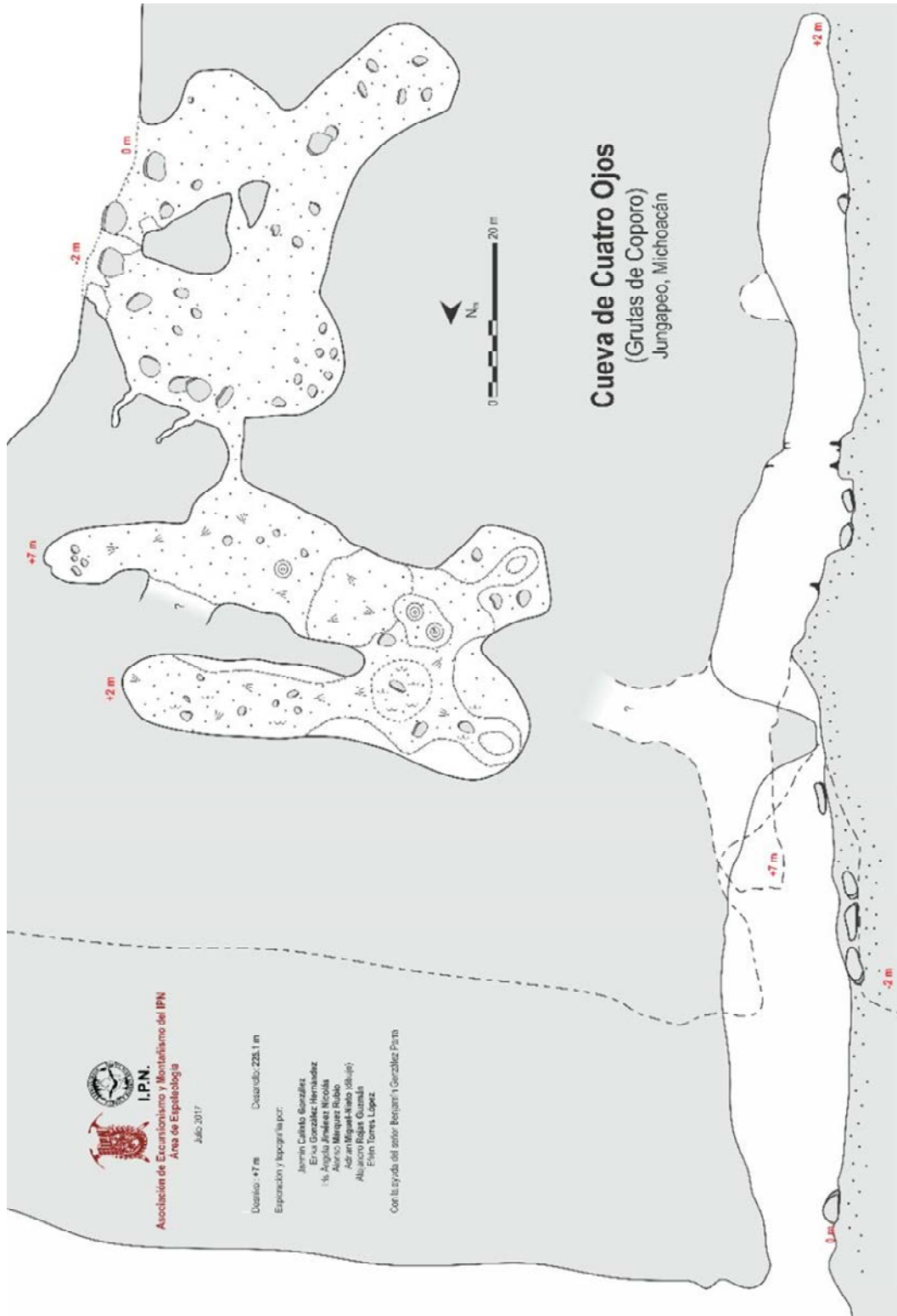


Figura 4. Topografía de la Cueva de Cuatro Ojos.

Agradecimientos

El Área de Espeleología agradece a la Asociación de Excursionismo y Montañismo, a la Dirección de Desarrollo y Fomento Deportivo y al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo brindado. Así mismo, expresa su gratitud al sr. Benjamín González Parra por el apoyo brindado para la localización de las cavidades mencionadas.

Literatura citada

Bledsoe, G., Manyak, M.J., Townes, D.A. *Expedition & wilderness medicine.* Cambridge University Press, 232-233.

CONAGUA, 2008. *Determinación de la disponibilidad de agua subterránea en el acuífero 1610 Ciudad Hidalgo-Tuxpan, Estado de Michoacán.* Recuperado de ftp://ftp.conagua.gob.mx/IFAI/2016/S/ISI1610100091616/C2/DR/DR_1610.pdf. 08 enero 2018.

Fischesser, M., 1984. *1984 Dos Aguas Expedition.* *AMCS Activities Newsletter Number 14,* 76-79.

INAFED, 2015. *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México.* Estado de Michoacán de Ocampo. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16047a.html>. 08 enero 2018.

INEGI, 2005. Mapoteca digital. Recuperado de http://solgeo.inegi.org.mx/mapoteca/frames.html?layer=100&map=%2Fvar%2Fwww%2Fhtdocs%2Fmapoteca%2Fmap_dig_cuentame2.map&program

[=%2Fcgibin%2Fmapserv&root=%2Fmapoteca&map_web_imagepath=%2Fvar%2Fwww%2Fhtdocs%2Fms_tmp%2F&map_web_imageurl=%2Fms_tmp%2F&box=false&drag=true.](#) 09 enero 2018.

INEGI, 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Recuperado de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/16/16047.pdf. 08 enero 2018.

Sprouse, P., 1984. México News. *AMCS Activities Newsletter Number 14,* 2-20.

Sprouse, P., 1985. México News. *AMCS Activities Newsletter Number 15,* 4-15.

DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TURÍSTICO DE LA CUEVA DE LA MORA, EN EL MUNICIPIO DE NACO, SONORA

Eduardo Alfredo Gracia Escalante, Omar Calva

Grupo Pionero Espeleológico de Sonora

Eduardogracia94@gmail.com

Resumen

La cueva de la Mora que se ubica en el municipio de Naco, Sonora. La cueva presenta espeleotemas como estalactitas, estalagmitas, columnas y excéntricas. En el 2011 se realizó una exploración por parte de Sergio Santana y Enrique Méndez para la descripción y evaluación de la cueva y su uso como atracción turística. Han pasado seis años desde su evaluación y poco progreso se ha realizado. Por ello, los miembros del G-PES nos propusimos darle seguimiento al avance del proyecto turístico. Nuestros objetivos fueron corroborar la información de los últimos exploradores y evaluar los avances del proyecto. Como primer resultado obtuvimos que la longitud de la cueva fue de 233 metros con una profundidad de 30 metros. Además, se colectaron invertebrados con características de ambientes subterráneos, y guano de murciélagos. Es innegable la belleza natural de la cueva y el potencial turístico que presenta, sin embargo, se necesitan

más estudios para la adecuación de la cueva como proyecto ecoturístico.

Palabras clave: cueva de la Mora, Naco, turismo

Abstract

The cave of the Mora is located in the locality of Naco, Sonora, this cave presents speleothems such as stalactites, stalagmites, pillars and helictite formations. In 2011, an exploration was made by Sergio Santana and Enrique Méndez for the description and evaluation of the cave and his use as a tourist attraction. Six years have passed, and no great progress has been made. Therefore, the members of the Grupo Pionero Espeleológico de Sonora (G-PES) proposed to follow up the advance of the tourist project. Our objectives were to corroborate the information of the last cavers and evaluate the advancement of the project. As a first result we obtained that the length of the cave was 233 meters with a depth of 30 meters. Also, invertebrates with characteristics of subterranean environments and bat guano were collected. It is undeniable the natural beauty of the cave and the tourist potential that it presents, however, more studies are needed to adapt the cave as an ecotourism project.

Keywords: de la Mora cave, Naco, tourism

Introducción

Ubicación

La cueva de la Mora o Gruta La Morita como también se le conoce, se encuentra ubicada en el municipio de Naco, en la porción noreste del estado de Sonora, colindando al norte con la frontera de Estados Unidos de

América (Figura 1). Este municipio se localiza aproximadamente a 355 km de la capital del estado, Hermosillo. Dicha cueva se encuentra al pie de la Sierra San José, un macizo montañoso que se erige independiente de la Sierra Madre Occidental sobre los 2500 msnm (Almada, 2000; INEGI, 2000).

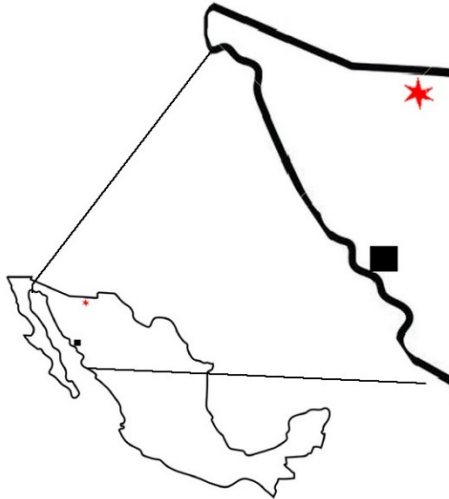


Figura 1. Mapa con la ubicación del municipio de Naco, representado con una estrella roja. La capital del estado, Hermosillo, se representa con un cuadrado negro.

Componente biótico y abiótico

El clima presente en la zona circundante a la cueva es seco y templado (BSk) según la clasificación climática de Köppen, con una precipitación media anual de 460 mm y una temperatura media anual de 20.5 °C. Desde un punto de vista fisiográfico, es decir del relieve y la forma del terreno, la Cueva de la Mora se sitúa en la provincia de las Sierras y llanuras del Norte, la cual tiene como característica sierras y serranías de baja altitud, separadas entre sí por llanuras extensas (INEGI, 2000). Según información presente en la carta geológica-minera Nogales H12-2 del Servicio Geológico Mexicano, en la Sierra San José aflora una secuencia clástica-

carbonatada del periodo cretácico inferior, específicamente el aptiano-albiano, caracterizado por la presencia de calizas, areniscas, limolita y lutita. Esta capa cubre rocas intrusivas del proterozoico, y que a su vez se encuentra cubierta por rocas volcanosedimentarias del Cretácico superior. Estas formaciones se encuentran correlacionadas con el denominado Grupo Bisbee que se caracteriza, de manera general, por 1000 metros con clastos de rocas precámbricas y paleozoicas, seguido de 1500 metros de material intercalado entre areniscas, lodolitas y lutitas y rematando por 700 metros de entremezclados de areniscas, limolitas y lodolitas con algunas porciones de capas carbonatadas (Monreal y col, 2011., Rangin, 1977, Taliaferro, 1933). Lo anterior concuerda perfectamente con la geología que propicia la formación de distintos ambientes subterráneos descrita por Palmer (2012). Del componente biótico circundante que predomina a la afueras de la cueva destaca una vegetación reconocida como pastizal, componiéndose de varias especies de pastos del género *Bouteloua*, con algunos encinos (*Quercus spp.*) dispersos (Figura 2). Así mismo se distinguen plantas de agave, sotol (*Dasylyrion sp.*) y algunos ocotillos como *Fouquieria splendens* (Miranda & Hernández X., 1963).

Potencial espeleoturístico

Son muchos los ejemplos de ambientes subterráneos que han sido abiertos al público con éxito, así al incorporar estos ambientes como atracciones turísticas se generan fuentes de ingresos, en especial para las comunidades rurales aledañas o dueños del terreno donde se encuentren dichos ambientes. Lo anterior puede representar la única



Figura 2. De camino a la cueva. Se observa la vegetación típica de la zona, un pastizal abierto con algunos agaves y ocotillos dispersos.

conexión que existe entre el público general y las cuevas (Parise, M. 2011). Por su proximidad a la Cueva de la Mora, podemos destacar dos ejemplos exitosos de ambientes subterráneos turísticos: 1) El primero es la Cueva Coronado o Coronado Cave, la cual se encuentra dentro del Memorial Nacional Coronado (Coronado National Memorial), en el poblado de Hereford, Arizona, aproximadamente a 40 km de Naco, Sonora. De esta cueva podemos destacar varios aspectos, en un principio el grado de preservación y aprovechamiento que tienen los estadounidenses con el recurso espeleológico, en segundo las formaciones encontradas dentro de la cueva, desde estalagmitas, columnas hasta helictitas y flowstones, y por último la gran diversidad faunística, que puede llegar a encontrarse dentro de un ambiente subterráneo (National Park Service, 2017).

2) Las segundas son las Cavernas Kartchner (Kartchner Caverns State Park), en Benson, Arizona. Aquí se cuentan con

una gran variedad de servicios como: estacionamiento, centro de visitantes, tienda de souvenirs, tienda de comida, baños, áreas comunes y exhibiciones que muestran la historia natural y antropológica de las cavernas (Arizona State Parks, 2018). Esto nos da una idea no solamente del potencial inherente de los ambientes subterráneos por su belleza escénica y mistisismo, también abre la oportunidad a satisfacer necesidades para enriquecer la experiencia de los visitantes.

Lo anterior nos da una idea del compromiso que se adquiere al abrir estos espacios al público en general. Es por esto por lo que se deben tener ciertas consideraciones anteriores a su apertura, por ejemplo, lo ideal es realizar estudios para observar las características de la cueva y así tomar medidas en seguridad, o bien para no exceder la capacidad de visitantes. Así mismo se asume que no todos los visitantes son expertos, y que algunos tienen su primera experiencia con el karst. Por este motivo se debe capacitar guías que

cuenten con los mínimos conocimientos de seguridad, historia natural de la cueva y el cuidado del patrimonio (Allemand, 2005; Cigna, 2011; Parise, 2011).

Según un artículo publicado por Cigna, A (2011) en la revista *Tourism and Karst Areas*, el éxito al desarrollar un proyecto turístico en cuevas dependerá de la combinación de 4 factores: 1) Investigación científica, 2) Arte, 3) Tecnología, y 4) Manejo. La investigación científica se realizará antes de la apertura con el fin de determinar aspectos geológicos, biológicos o hidrológicos de la cueva que se consideren relevantes. El apartado del arte se dedica a la selección de sitios con especial belleza escénicas o rutas para que el visitante disfrute la experiencia. La tecnología será necesaria para acondicionar el ambiente para los visitantes, y el manejo deberá ser desde la planificación, acondicionamiento, mantenimiento y conservación del ambiente subterráneo.

El creciente interés por la espeleología en Sonora ha motivado a la exploración y descripción de cuevas en zonas áridas, sin embargo, no existen cuevas acondicionadas para el turismo en el estado. Con la información planteada anteriormente se decidió explorar, documentar, describir, y aumentar el conocimiento de la Cueva de la Mora, con el fin de que la información recabada sea de utilidad para un futuro proyecto ecoturístico. Así mismo nos planteamos mapear nuevamente la cueva utilizando la simbología de la Unión Internacional Espeleológica (UIS) y describir la fauna presente dentro de la cueva.

Antecedentes

Ampliamente conocida por los habitantes de Naco como la cueva de las estalactitas, la Cueva de la Mora tiene diversas leyendas y mitos. Destacan las historias de bandidos y asaltantes del viejo Oeste que cruzaban la frontera hacia México para esconderse en ella huyendo de la justicia, hasta aquellas que mencionaban un tesoro escondido dentro de la cueva. Existen dos antecedentes de proyectos que pretenden darle un giro ecoturístico a la cueva. El primero fue realizado en el año 2000 por el entonces Síndico Procurador Q.B. Luis Miranda Leyva, donde se hacía una propuesta de Desarrollo Productivo y Turístico. Aquí se narra el contexto histórico-cultural, leyendas y mitos, y una descripción de los espeleotemas presentes en la cueva.

El segundo se llevó a cabo 11 años después por Sergio Santana Muñoz & Enrique Méndez, quienes dieron una descripción general del contexto geográfico, cultural y espeleológico de la cueva, así mismo fueron los primeros en cartografiar y realizar el primer mapa formal de la cueva (Figura 3). En este estudio se evaluó el potencial ecoturístico y se dieron recomendaciones en infraestructura y capacitación de personal.

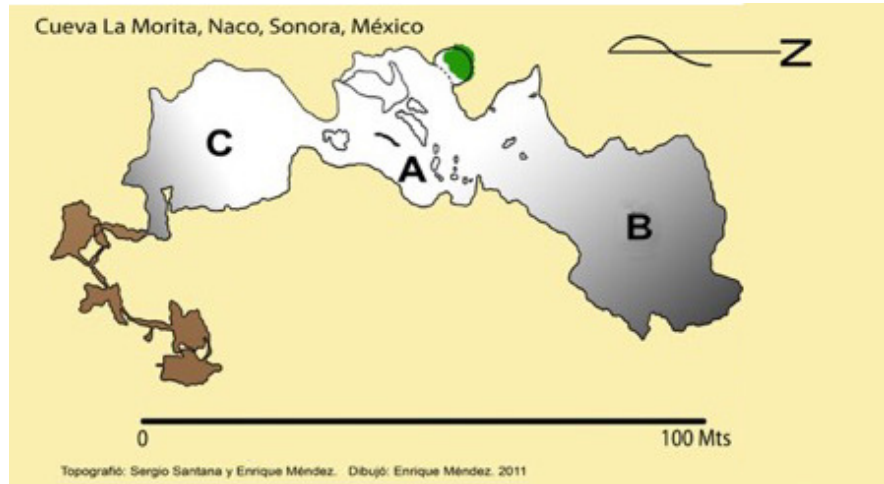


Figura 3. Mapa realizado en 2011 por Sergio Santana & Enrique Méndez en su estudio sobre el potencial ecoturístico de La Mora.

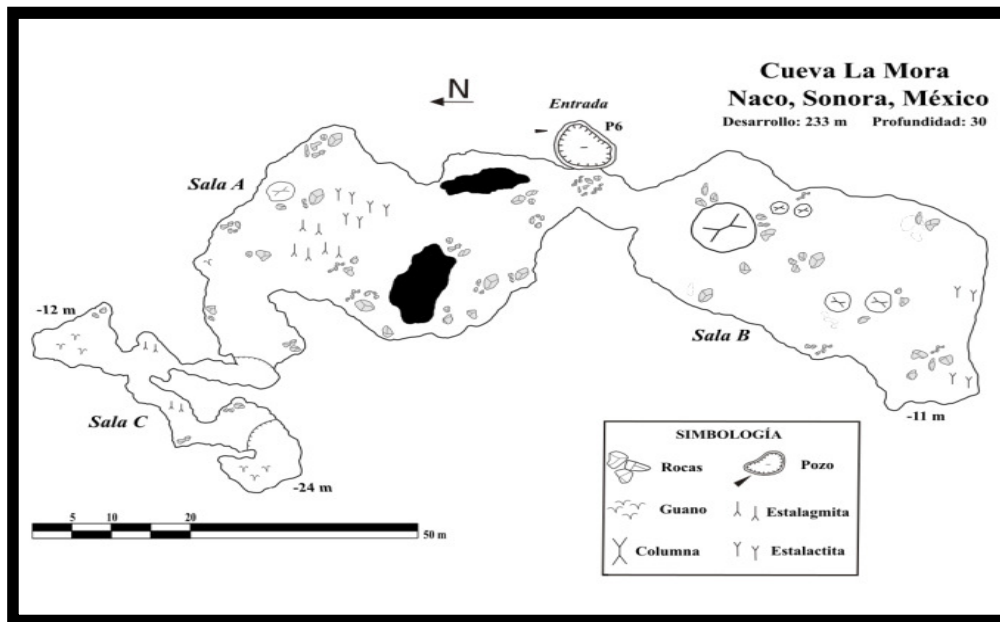


Figura 4. Mapa de la Cueva elaborado por G-PES donde se utiliza la simbología de la UIS, destaca la amplia distribución de los espeleotemas por toda la cueva, y la presencia muy localizada del guano. Realizado por Eduardo Gracia.

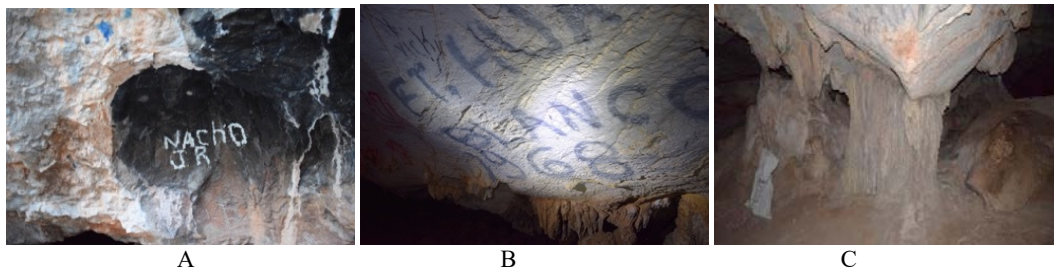


Figura 5. A & B podemos distinguir la presencia de personas ajenas mediante grafitis y otros actos vandálicos hechos en la roca. C, Gran roca que divide la sala A de la entrada de la cueva. Fotos tomadas por Eduardo Gracia.

Materiales y Métodos

Para la cartografía de la cueva se utilizó un distanciómetro LD 500 (STABILA), tomando distintos puntos de referencia desde la entrada de la cueva hasta la zona más profunda. Los puntos de referencia variaron en función de las zonas donde tuvimos acceso sin complicaciones. Así mismo en cada punto de referencia se tomaron otros datos como el azimut, la inclinación, el eje vertical y el eje horizontal con respecto al punto de referencia. Para lo anterior se usó un hipsómetro 1000 LH (Optic-Logic), con una brújula magnética con marcación de 0 a 360 grados, para orientarnos con respecto al Norte magnético y un inclinómetro que muestra de 0° a 90° (AIMFAST AF1). Una vez obtenidos todas las mediciones en campo, se empleó el software VisualTopo (versión 5.04) donde se cargaron los datos, esto con el fin de crear un bosquejo de la estructura de la cueva. Para el formato final del mapa, se utilizó el software de acceso libre Inkscape (versión 0.48.4), en donde se realizó la estructura del mapa de planta incorporando la simbología oficial de la UIS (Survey and Mapping Group, 1999).

Para las fotografías de los espeleotemas y la fauna dentro de la cueva se empleó una cámara profesional Canon Rebel t3 y una cámara Nikon D3300, ambas con un lente de 18-55 mm. Así mismo para la captura de los artrópodos se utilizaron pinzas entomológicas y frascos de vidrios con alcohol al 70%.

Resultados y discusión

En un inicio, y debido a las condiciones del terreno, se recorrieron aproximadamente 2 km en un automóvil desde el rancho hasta el lugar designado

para este. Para alcanzar la entrada de la cueva se camina aproximadamente un kilómetro entre el pastizal típico de la zona desde el sitio destinado para el automóvil. La entrada de la cueva no es muy evidente, ya que es un pozo de aproximadamente 6 metros de profundidad y 5 metros de diámetro. De la base del pozo crece un único árbol observado a varios kilómetros a la redonda, un árbol de mora que obstruye la entrada. De ahí el peculiar nombre que recibe la cueva.

Se realizó el mapa de la cueva siguiendo una ruta recomendada por nuestros guías desde la entrada de la cueva hasta las zonas más profundas. La cueva cuenta con un desarrollo total de 233 metros de longitud y una profundidad, desde la superficie hasta el punto más profundo de 30 metros (Figura 4), a diferencia de los 100 metros de desarrollo reportados por Santana & Méndez en su estudio previo. Podemos atribuir esta diferencia a las distintas metodologías utilizadas para realizar el mapa

Comenzando la exploración nos encontramos con una pared de roca que evidenciaba, en forma de grafiti, la visita de personas en ocasiones anteriores. Ahí mismo pudimos constatar el trabajo del dueño del rancho en la limpieza de la cueva, no observamos un solo rastro de basura. El camino nos indicaba dos rutas a seguir, aquí nuestras guías nos mostraron el camino más prometedor, y no se equivocaron. Para entrar a la sala A es necesario esquivar una gran roca y agacharse para no dañar los espeleotemas presentes (Figura 5).

De ahí en adelante se abre una gran sala donde observamos la gran belleza que ofrece la cueva. Como un mar de



Figura 6. Espeleotemas presentes en la sala A. Fotos por Luis de la Fuente y Eduardo Gracia.



Figura 7. Grillo cavernícola encontrado en la sala A, destacan sus grandes antenas y extremidades posteriores.



Figura 8. Milpiés encontrado en el guano. Este artrópodo solamente se localizó en la sala C.

espeleotemas, las estalactitas, estalagmitas y columnas se encontraban por todo el lugar (Figura 6). Aquí fue posible observar y coleccionar un grillo cavernícola, que presentaba un cuerpo y extremidades alargadas, siendo una de las dos especies de artrópodos encontradas dentro de la cueva durante esta expedición (Figura 7).

Siguiendo el recorrido, y teniendo cuidado de no tropezar con alguna estalagmita, nos encontramos con que la gran sala A se encogía para dar paso a un pequeño túnel donde fue necesario arrastrarnos. Aquí fue impresionante la

cantidad de excéntricas y de estalactitas en crecimiento encontradas. Este túnel es el acceso a la sala C, dentro de la cual encontramos la primera evidencia de mamíferos en todo el camino recorrido. Dos montículos de guano nos indicaban la presencia de murciélagos en tiempos pasados. Lo curioso fue encontrar a la segunda especie de artrópodo dentro del guano, un milpiés de aproximadamente 5 cm de longitud (Figura 8).

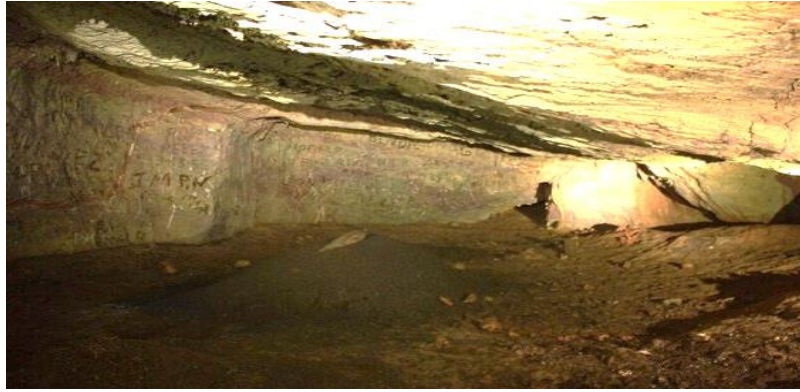


Figura 9. Sala C, la zona más profunda de la cueva a 30 m de profundidad. En las paredes se evidencia el vandalismo, así como los montículos de guano en el piso. Fotografía de Eduardo Gracia.

Al continuar nuestro descenso nos encontramos con una zona donde debemos tener sumo cuidado ya que el piso está lleno de lodo y es fácil resbalar. Esta sala presenta otra depresión que da paso a la zona más profunda de la cueva, encontrando varios montículos de guano en el piso y grafiti en las paredes (Figura 9).

Regresando sobre nuestros pasos volvimos a la entrada de la cueva para seguir con la exploración de la sala B. Aquí la entrada era más accesible, pasando erguidos y sin problemas, siendo recibidos por una enorme columna que impedía la vista al resto de la sala. Avanzando, observamos cómo los 11 metros de profundidad sucedían gradualmente, dando paso a varias columnas. Hacia el final de esta sala se encontraban unos espeleotemas que asemejaban a “espaguetis” cayendo de las paredes. En esta sala no se encontraron evidencias de fauna (Figura 10).

En comparación con las recomendaciones establecidas por Santana & Méndez, los avances en su implementación han sido positivos. En el camino de terracería que conecta al rancho con la cueva existen secciones con concreto, haciendo más accesible la zona a vehículos. Así mismo se han hecho

adecuaciones en la entrada de la cueva, con la colocación de rejillas acondicionando una puerta que impide el paso de personas ajenas, pero sí permite el acceso de los murciélagos y de otra fauna (Figura 11). Debido a la profundidad del pozo también han sido colocadas una escalera metálica que facilitan el descenso hacia la entrada de la cueva. En cuanto a equipo de seguridad para el público fueron adquiridos cascos y lámparas de cabeza otorgados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). En todo el recorrido por la cueva ha sido fácil constatar el trabajo de limpieza realizado por el dueño del rancho, sin embargo, aún son visibles los grafitis en algunas zonas.

Conclusiones

Existen casos donde el potencial ecoturístico de las cuevas en Sonora es alto, y la Cueva de La Mora no es la excepción. Las formaciones y espeleotemas presentes dentro, así como lo inhóspito de su localización nos hacen pensar en la gran oportunidad que posee como atracción turística. Sin embargo, es preciso señalar que, dado la evidencia de fauna presente en la cueva, su manejo debe encontrar un equilibrio entre la preservación de la fauna y su ambiente, y

la obtención de ganancias económicas, que motiven su conservación.

Si bien ya existen avances en el proyecto de convertir a La Mora en un espacio ecoturístico, es preciso decir que aún falta infraestructura necesaria para garantizar la comodidad y seguridad de los visitantes. Es preciso también contar con personal capacitado con información de seguridad, espeleogénesis, historia natural y biodiversidad de la cueva. Aunque aún falten pasos para convertir a La Mora en

la primer atracción de este tipo en todo Sonora, trayendo consigo beneficios para toda la comunidad de Naco y sus alrededores, más allá de la frontera.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Sr. Raymundo Gámez, por todas las facilidades proporcionadas, por brindarnos un techo y compañía durante los días de la expedición. Así mismo quisiéramos agradecer a Nidia Gámez y Estefany Hoyos



Figura 10. Espeleotemas presentes en la sala C. Fotografías de José Romero.



Figura 11. Infraestructura colocada en la entrada de la cueva para evitar el paso a personas ajenas. Se adaptaron rejillas para permitir el paso de fauna, así como se acondicionó una puerta y escaleras para la seguridad de los visitantes.

toda una atracción turística es innegable su gran potencial turístico y económico siendo

por ser nuestras guías y brindarnos compañía durante la exploración. Gracias

a los miembros del G-PES, en especial a los que fueron parte de la expedición, Omar Calva, Luis de la Fuente, José Romero y Melissa Sanabia.

Literatura citada

- Allemand, J. 2005. Espeleoturismo:** La importancia de capacitar guías turísticos especializados. *Boletín Informativo. Sociedad Argentina de Espeleología*. 3(1): 2-6.
- Almada, I. 2000. Breve historia de Sonora.** El Colegio de México. Fondo de Cultura Económica. Fideicomiso Historia de las Américas. México, D.F.
- Arizona State Parks. 2018.** Facility Information. *Kartchner Caverns State Park*. Estados Unidos. Recuperado de: <https://azstateparks.com/kartchner/explore/facility-information>.
- Cigna, A. A. 2011.** Show Cave Development with Special References to Active Caves. *Tourism and Karst Areas*, 4(1): 7-16.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2000.** Censo General de Población y Vivienda. México. Disponible en: www.inegi.org.mx
- Miranda, F., & E. Hernández X. 1963.** Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 28: 29-179.
- Monreal, R., Cano-Corona, I., Grijalva, F.J., Montijo, A. & Almazán-Vázquez, E. 2011.** Caracterización del Grupo Bisbee (Cretácico Inferior) en el área al sur de la sierra Basómari, Noreste de Sonora, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Vol. 63:2. 365-378.
- National Park Service. 2017.** Coronado Cave. *Coronado National Memorial*. Estados Unidos. Recuperado de <https://www.nps.gov/coro/learn/nature/cave.htm>.
- Palmer, A. N. 2012.** *Geología de cuevas*. Unión Internacional de Espeleología. Estados Unidos de América.
- Parise, M. 2011.** Some Considerations on Show Cave Management Issues in Southern Italy, 159-167. *In* van Beynen, P. E. *Karst Management*. Springer Science & Business Media. 489 pp.
- Rangin, C. 1977.** Tectónicas sobrepuestas en Sonora septentrional. *Universidad Nacional Autónoma de México, Revista del Instituto de Geología*. Vol. 1:1, 44-47.
- Santana, S. 2011.** Estudio de potencial ecoturístico “Grutas La Morita”. Reporte Técnico
- Survey and Mapping Working Group. 1999.** Basic cave mapping symbols. [Uisic.uisçspeleo.org](http://uisic.uisçspeleo.org). Última actualización: 30 de septiembre del 2008. (<http://www.uisic.uis-speleo.org/wgsurmanp.html#symbols>).
- Taliaferro, N. 1933.** An occurrence of Upper Cretaceous sediments in northern Sonora, México. *Journal of Geology*. 41: 12-37.

**KENNETH A.
CHRISTIANSSEN (1924-
2017)**

IN MEMORIAM

José Guadalupe Palacios Vargas

troglolaphysa@hotmail.com

Cuando fui a conocer al Dr. Peter F. Bellingier al Departamento de Biología de la California State University Northridge, USA, a finales de los años setentas, me mostró el libro *Collembola of North America, North of the Rio Grande* que estaba preparando en colaboración con el Dr. Kenneth A. Christiansen (Figura 1). Me pareció un trabajo estupendo, ya que esta contribución permitiría contar con claves para la identificación de los colémbolos de México, dado que ambos países comparten fauna edáfica, sobre todo en su parte colindante.



Figura 1. Dr. Kenneth A. Christiansen.

Años después (1989) el Dr. Christiansen, con quien había estado en contacto por correo postal, me invitó a realizar una estancia de investigación en su laboratorio en el Grinnell College, Iowa, USA, que serviría para revisar algunos ejemplares de colémbolos cavernícolas.

En 1995, aceptó hacer una estancia en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde además de revisar numerosos ejemplares de *Symphyleona* (Collembola) y asesorar a los tesisistas del laboratorio, preparó y presentó con mucho entusiasmo una conferencia pública sobre la evolución de la fauna cavernícola el 30 de junio, la cual fue anunciada en el periódico desaparecido *Humanidades* de la UNAM (número 105: 13) (Figura 2) y en la *Gaceta UNAM* el 26 de junio, para ser posteriormente resumida en la misma publicación (Figura 3) (López, 1995).

Durante su estancia en México y, sobre todo, en algunas reuniones con diversos colaboradores (Figuras 4 y 5), pude conocer su afable carácter y su gusto por la poesía, le encantaba recitar poemas y fragmentos de las obras de Shakespeare; también me platicó sobre su participación en la armada de los Estados Unidos de América durante la Segunda Guerra Mundial, defendiendo en particular a Francia.

El Dr. Christiansen ofreció la primera explicación neodarwinista para la convergencia morfológica, no sólo de la pérdida de ojos y pigmento, sino también del alargamiento de los apéndices y la modificación en las uñas de muchos linajes colémbolos habitantes de cuevas (Figura 6). En 1962, escribió su único artículo en francés, acuñando un nuevo término para el

El Laboratorio de Ecología
y Sistemática de Microatrópodos
de la Facultad de Ciencias,

Invita a la Conferencia



El viernes 30 de Junio de 1995
a las 12:00 hrs, en el Aula Magna I

Facultad de Ciencias, UNAM.

Figura 2. Anuncio de la conferencia "Evolución de la fauna cavernícola" impartida por el Dr. Christiansen.

conjunto de características evolutivamente convergentes que se encuentran en los organismos de las cavernas, la *troglo morfia* (Christiansen, 1962). En 1995 publicó en español un trabajo sobre la evolución de la vida cavernícola en esta misma revista de la Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas (Christiansen, 1995), cuya traducción tuve a mi cargo.

Entre sus contribuciones, cabe destacar la descripción de muchas especies de colémbolos cavernícolas (Anexo 1) de México (Christiansen, 1982; Christiansen y Reddell, 1986; Palacios-Vargas y col., 1985), país por el que sentía mucha simpatía, ya que el esposo de su hija era de origen mexicano. También describió varias especies que viven en el litoral marino mexicano (Christiansen y Bellinger, 1988),

y a él se deben los primeros conocimientos sobre los colémbolos fósiles del ámbar de Simojovel, Chiapas (Christiansen, 1971).

Su libro sobre los colémbolos al norte del Río Grande (Río Bravo), corregido y reeditado en 1998, es una de las obras más relevantes de su carrera (Christiansen y Bellinger, 1980-1981), y ha servido como base para el estudio de los colémbolos del continente americano. Una gran cantidad de las especies que cita han sido encontradas en México. Hoy en día, se cuenta con una página web (www.collembola.org) donde está mucha de la información generada por los doctores Christiansen y Bellinger, sitio constantemente actualizado por el Dr. Frans Janssens (Bellinger y col., 1996-2018).

El Dr. Christiansen y yo, mantuvimos una amistad epistolar durante numerosos años, siempre me asesoraba sobre la taxonomía de colémbolos y, a veces, en sus cartas me regañaba cuando cometía un error escribiendo en mayúsculas sus comentarios. Cuando falleció, su colaborador y gran amigo, el Dr. Bellinger, me escribió una conmovedora carta para anunciarme su fallecimiento, donde incluía un poema.

En alguna ocasión (Christiansen, 1992) escribió que, si los colémbolos fueran del tamaño de los gatos, habría zoológicos dedicados a ellos, haciendo referencia a la gran diversidad de formas, colores y comportamiento que tienen.



Kenneth Christiansen, del Grinnell College de Iowa, EU, explicó que los animales que habitan en las cavidades subterráneas conservan sus características primitivas y permiten analizar la variación genética, diferenciación entre poblaciones y medida de la selección natural

Foto: Daniel Romo

Las cuevas, excelentes laboratorios para estudiar problemas ecológicos o evolutivos

Las cuevas son excelentes laboratorios naturales para el estudio de problemas ecológicos y evolutivos, por lo que México, que tiene una rica variedad de cavernas, debe preparar a especialistas que rescaten la riqueza ancestral de las especies que las habitan, afirmó el doctor Kenneth Christiansen, del Grinnell College de Iowa, Estados Unidos.

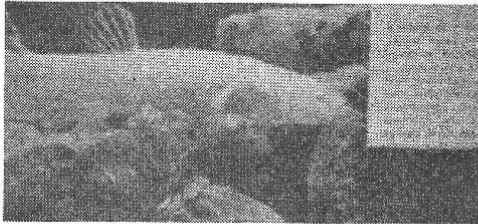
El 30 de junio, en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias, el doctor Kenneth Christiansen explicó que las cavidades subterráneas son ambientes únicos porque la naturaleza y limitación de movimiento dentro de ellas logran que persistan en los animales formas primitivas e intermedias.

En la conferencia *Evolución de la Fauna Cavernícola*, el ponente dijo que los animales que viven en las cavernas se han adaptado de manera notoria a ellas y conservan muchas de sus características primitivas.

Las cuevas actúan como refugios de comunidades de escarabajos y otros insectos que han sido desplazados de su hábitat. Son ambientes subterráneos y estables, sean más fríos o más calientes que la superficie, que nos permiten estudiar la variación genética, diferenciación entre poblaciones y la selección natural.

Destacó que un gran grupo de animales ha evolucionado en cuevas, dentro del cual se encuentran 12 diferentes especies de insectos, como las palomillas y los grillos.

El conferenciante agregó que los ambientes subterráneos pueden ser de roca caliza (distribuidos ampliamente



en el mundo) o tubos lávicos (formados por escoriamentos de lava, predominantes en las islas tropicales).

Agregó que para estudiar esos ambientes hay que considerar que tienen dos medios básicos: el terrestre y el acuático. Este último es el que proporciona alimento a los organismos que viven en las cuevas, aunque también obtienen comida de los desechos de los animales que pernoctan en estos ambientes, como los murciélagos.

Los organismos cavernícolas se adaptaron de una forma u otra a su nueva vida, fenómeno que se conoce como troglomorfa. La mayoría

de los cambios fisiológicos son pérdida de pigmentación y su piel se vuelve delgada y más sensible. Estos animales sufren cambios metabólicos, por ejemplo, los largos periodos de inanición les permiten sobrevivir más tiempo.

Sin embargo, cada grupo de animales presenta características troglomórficas propias, lo que hace que el estudio de la fauna cavernícola sea lento, costoso y sumamente importante para conocer las fuerzas de selección determinadas por el hábitat y los linajes ancestrales de los cuales se originaron, finalizó el doctor Christiansen. ■

BANCO DE DATOS

La espeleología, práctica que consiste en explorar cavidades naturales

La práctica científica o deportiva que consiste en explorar las cavidades naturales del subsuelo terrestre, como las grutas o las cavernas, se le conoce como espeleología.

En 1989, un grupo de espeleólogos de la UNAM realizó exploraciones pioneras en cavernas del estado de Guerrero. Estos sótanos cavernas, conocidos como Difunto Tajín,

Tlalhondo y La Caverna del Cuervo se topografiaron y se inspeccionaron hasta descubrir sus geoformas subterráneas, varios tiros de diferentes profundidades, pasos estrechos y de peculiar belleza natural, formaciones minerales y faunas cavernícolas.

Los trabajos de exploración del grupo de espeleólogos universitarios comenzaron en 1980, siendo el estado de Guerrero la zona inicial para este proyecto.

El grupo que entonces realizó esa importante hazaña estaba integrado por Rocio Bernal, Ampelia Montellanos, Ricardo Salas y Roberto Dogert, quienes continuaron con la labor iniciada por Mario Gómez, Samuel Ríos y Dalila Calvaria.

Figura 3. Resumen de la conferencia “Evolución de la fauna cavernícola” publicado en la *Gaceta UNAM* en agosto de 1995.



Figura 4. Dr. Christiansen y colegas de la facultad de Ciencias de la UNAM.

El Dr. Kenneth A. Christiansen, uno de los más grandes espeleólogos y taxónomo de los colémbolos (*Arthropoda: Hexapoda*), falleció a la edad de 93 años, el 26 de noviembre de 2017. Como reconocimiento a su labor, varios colegas le han dedicado 16 especies de este grupo de hexápodos de suelos y cuevas, con el que trabajó durante más de seis décadas. Dos de ellas son de México (Anexo 1).

“La biospeleología en México se vio beneficiada también por la ardua labor y el gran legado del Dr. Christiansen al conocimiento de los colémbolos y la evolución a la vida cavernícola”.



Figura 5. De izquierda a derecha, el Dr. Christiansen, una colega y el Dr. Palacios.

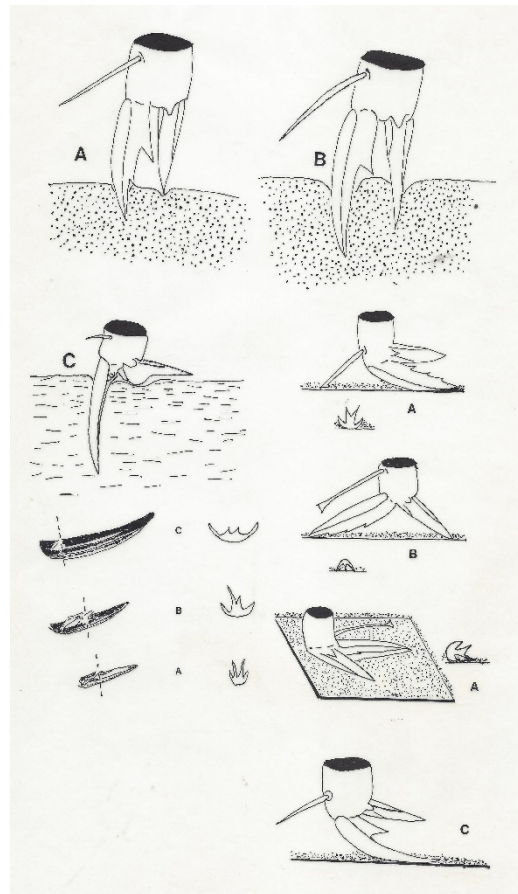


Figura 6. Evolución de patas de colémbolos cavernícolas.

Literatura citada

- Bellinger, P. F., K. A. Christiansen & F. Janssens.** 1996-2018. *Checklist of the Collembola of the World*. <http://www.collembola.org>
- Christiansen, K. A.** 1962. Proposition pour la classification des animaux cavernicoles. *Spelunca Memoires* 2: 76-78.
- Christiansen, K. A.** 1971. Notes on Miocene Amber Collembola from Chiapas. University of California Publications in *Entomology*, 65: 45-48.
- Christiansen, K. A.** 1982. Notes on Mexican cave *Pseudosinella* (Collembola: Entomobryidae) with the description of six new species. *Folia Entomológica Mexicana*, 53: 3-25.
- Christiansen, K. A.** 1992. *Springtails*. The Kansas School Naturalist, 39: 1-16.
- Christiansen, K. A.** 1995. La evolución de la vida cavernícola. *Mundos subterráneos*, 6: 25-33.
- Christiansen, K. & Bellinger, P.** 1980. *Part 1. Poduridae and Hypogastruridae, The Collembola of North America North of the Rio Grande*, Grinnell College, Iowa, p.1-386.
- Christiansen, K. & Bellinger, P.** 1980. *Part 2. Families Onychiuridae and Isotomidae, The Collembola of North America North of the Rio Grande*, Grinnell College, Iowa, p.387-784.
- Christiansen, K. & Bellinger, P.** 1980. *Part 3. Family Entomobryidae, The Collembola of North America North of the Rio Grande*, Grinnell College, Iowa, p.785-1042.
- Christiansen, K. & Bellinger, P.** 1981. *Part 4. Families Neelidae and Sminthuridae; Glossary; Bibliography; Index, The Collembola of North America North of the Rio Grande*, Grinnell College, Iowa, p.1043-1322.
- Christiansen, K. & Bellinger, P.** 1988. Marine Littoral Collembola of North and Central America., *Bulletin of Marine Science*, 42 (2): 215-245.
- Christiansen K. A. & J. R. Reddell.** 1986. The cave Collembola of Mexico, *Speleological Monographs* 1: 127-164.
- López, S.** Las cuevas, excelentes laboratorios para estudiar problemas ecológicos o evolutivos. *Gaceta UNAM*, 2945: 23.
- Palacios-Vargas, J.G., M. Ojeda & K. A. Christiansen.** 1985. Taxonomía y Biogeografía de los *Troglopedetes* (Collembola: Paronellidae) de América con énfasis en las especies cavernícolas. *Folia Entomológica Mexicana*, 65:3-35.

Apéndice 1. Lista de especies de Collembola que se conocen de México atribuidas al Dr. Kenneth A. Christiansen. Las señaladas con asterisco fueron descritas originalmente con ejemplares mexicanos. Se incluyen dos especies mexicana que le fueron dedicadas.

NEANURIDAE

* *Americanura nova* (Christiansen & Redell, 1986)

* *Friesea carlota* (Christiansen & Bellinger, 1988)

F. cera (Christiansen & Bellinger, 1973)

F. rothi(Christiansen & Bellinger, 1988)

Neanura growae (Christiansen & Bellinger, 1980)

Pseudachorudina texensis (Christiansen & Bellinger, 1980)

Pseudachorutes aphysus (Christiansen & Bellinger, 1980)

P. indiana (Christiansen & Bellinger, 1980)

ODONTELLIDAE

Superodontella biloba (Christiansen & Bellinger, 1980)

S. rossi (Christiansen & Bellinger, 1980)

S. shasta (Christiansen & Bellinger, 1980)

S. stella (Christiansen & Bellinger, 1980)

HYPOGASTRURIDAE

**Acherontides spinus* (Christiansen & Reddell, 1986)

Ceratophysella brevis (Christiansen & Bellinger, 1980)

Hypogastrura antra (Christiansen & Bellinger 1980)

ONYCHIURIDAE

Deuteraphorura jana (Christiansen & Bellinger, 1980)

D. opa (Christiansen & Bellinger, 1980)

D. paro (Christiansen & Bellinger, 1980)

Similonychiurus voegtlini (Christiansen & Bellinger, 1980)

Thalassaphorura hera (Christiansen & Bellinger, 1980)

TULLBERGIIDAE

Mesaphorura hades (Christiansen & Bellinger, 1980)

M. ruseki (Christiansen & Bellinger, 1980)

Tullbergia duops (Christiansen & Bellinger, 1980)

ONCOPODURIDAE

Oncopodura dura (Christiansen & Reddell, 1986)

Oncopodura susanae (Christiansen & Reddell, 1986)

TOMOCERIDAE

Pogonognathellus celsus (Christiansen, 1964)

ISOTOMIDAE

Appendisotoma dubia (Christiansen & Bellinger, 1981)

Cryptopygus benhami Christiansen & Bellinger, 1980

- Desoria uniens* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- Folsomia stella* (Christiansen & Tucker, 1977)
- Folsomides teres* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- Isotomiella alulu* (Christiansen & Bellinger, 1992)
- Isotomodes falsus* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- I. fiscus* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- Isotomurus atreus* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- I. bimus* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- I. cibus* (Christiansen et Bellinger, 1980)
- Proisotoma bulba* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- ENTOMOBRYIDAE**
- Americabrya arida* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- E. confusa* (Christiansen, 1958)
- Entomobrya sinelloides* (Christiansen, 1958)
- Lepidocyrtus finus* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- Orchesella bulba* (Christiansen & Tucker, 1977)
- O. celsa* (Christiansen & Tucker, 1977)
- Pseudodicranocentrus christianseni* (Mari Mutt, 1979) ESPECIE DEDICADA
- Pseudosinella aerea* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- *P. bonita* (Christiansen, 1973)
- P. cava* (Christiansen & Reddell 1986)
- P. ca.* (Christiansen, 1961)
- P. ca. testa* (Christiansen & Bellinger 1980)
- P. crypta* (Christiansen & Reddell, 1986)
- P. espana* (Christiansen, 1960)
- *P. finca* (Christiansen & Reddell, 1973)
- P. gisini* (Christiansen, 1960)
- *P. huautla* (Christiansen, 1982)
- P. lahainaensis* (Christiansen & Luther, 1986)
- P. leoni* (Christiansen, 1982)
- P. nata* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- *P. orba* (Christiansen, 1960)
- *P. palaciosi* (Christiansen & Reddell, 1986)
- P. reddelli* (Christiansen, 1973)
- *P. vera* (Christiansen, 1982)
- P. vita* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- *P. volca* (Christiansen, 1982)
- *P. voylesi* (Christiansen, 1982)
- *P. yuca* (Christiansen, 1982)
- Seira dubia* (Christiansen & Bellinger, 1980)
- S. nicoya* (Christiansen et Bellinger, 1988)
- Sinella avita* (Christiansen, 1960)
- S. barri* (Christiansen, 1960)

S. tecta (Christiansen & Bellinger 1980)

PARONELLIDAE

**Trogolaphysa marimutti* (Palacios-Vargas, Ojeda & Christiansen, 1985)

**T. nacionalica* (Palacios-Vargas, Ojeda & Christiansen, 1985)

**T. relictata* (Palacios-Vargas, Ojeda & Christiansen, 1985)

**T. toroi* (Palacios-Vargas, Ojeda & Christiansen, 1985)

**T. variabilis* (Palacios-Vargas, Ojeda & Christiansen, 1985)

**T. xtolokensis* (Palacios-Vargas, Ojeda & Christiansen, 1985)

**T. yoshiia* (Palacios-Vargas, Ojeda & Christiansen, 1985)

Salina cf. beta (Christiansen & Bellinger, 1980)

NEELIDAE

Neelides diana (Christiansen & Bellinger, 1981)

ARRHOPALITIDAE

Pygmarrhopalites amarus (Christiansen, 1996)

Pygmarrhopalites bellingeri (Christiansen, 1996)

Pygmarrhopalites dubius (Christiansen, 1996)

SMINTHURIDAE

Pararrhopalites christianseni (Palacios-Vargas & Zeppelini, 1996) ESPECIE DEDICADA

DICYRTOMIDAE

Ptenothrix californica (Christiansen & Bellinger, 1981)

P. delongi (Christiansen & Bellinger, 1981)

**UNIÓN MEXICANA DE AGRUPACIONES
ESPELEOLÓGICAS, A. C.**

(MIEMBROS DE LAS MESAS DIRECTIVAS 1990-2018)

José Guadalupe Palacios Vargas

trogolaphysa@hotmail.com

Mesa Directiva 1990-1993

Presidente: José G. Palacios Vargas (UNAM)

Vicepresidente: José Montiel (Base Draco, sólo 1990-1991)

Secretario: Alejandro Carrillo Bañuelos (GEO)

Tesorero: Víctor J. Granados (GEK)

Vocal: Alejandro Pacheco (TEQUITEPETEL)

Vocal: José Luis Beteta Beteta (EGAM) (ESCUELA DE GUIAS)

Mesa Directiva 1993-1994

Presidente: Alejandro Carrillo Bañuelos (GEO)

Vicepresidente: José G. Palacios Vargas (UNAM)

Secretario: Sergio Santana Muñoz (URION)

Tesorero: José Luis Beteta Beteta (EGAM)

Vocal: José A. Gamboa Vargas (EG YUC)

Vocal: Emilio Vargas (SEC. ESP. CRM)

Vocal: Víctor J. Granados (GEK)

Mesa Directiva 1995-1996

Presidente: José A. Gamboa Vargas (EG YUC)

Vicepresidente: Víctor J. Granados (GEK)

Secretario: José G. Palacios Vargas (UNAM)

Tesorero: Sergio Santana Muñoz (URION)

Vocal: Alejandro Carrillo Bañuelos (GEO)

Vocal: José Luis Beteta Beteta (EGAM)

Vocal: Jorge A. Pérez Aguilar (sólo 1995)

Mesa Directiva 1997-1999

Presidente: Sergio Santana Muñoz (URION)

Vicepresidente: José G. Palacios Vargas (UNAM)

Secretario: Alejandro Carrillo Bañuelos (GEO)

Tesorero: José A. Gamboa Vargas (EGYAC)

Vocal: José Luis Beteta Beteta (EGAM)

Vocal: Omar René Ortega Chavarría (Chiapas)

Mesa Directiva 1999-2001

Presidente: José G. Palacios Vargas (UNAM)

Vicepresidente: Alejandro Carrillo Bañuelos (GEO)

Secretario: Sergio Santana Muñoz (URION)

Tesorero: Ismael Arturo Montero

Vocal: Omar René Ortega Chavarría (Chiapas)

Vocal: José A. Gamboa Vargas (EG YUC)

Vocal: Sergio Sánchez Armas Acuña (San Luis Potosí)

Mesa Directiva 2002-2003

Presidente: Juan Antonio Montaña Hirose (UNAM-GEU)

Vicepresidente: Ismael Arturo Montero García (UMAE)

Secretario: Laura Rosales Lagarde (SMES)

Tesorero: José G. Palacios Vargas (UNAM)

Vocal: Rodolfo González Luna (ITESM-CM)

Vocal: Antonio Aguirre Alvarez (CRM)

Vocal: Jorge Paz Tenorio (Vaxakmen)

Mesa Directiva 2004-2006

Presidente: Rodolfo González Luna (ITESM-CM)

Vicepresidente: José G. Palacios Vargas (UNAM)

Secretario: Juan Antonio Montaña Hirose (UNAM-GEU)

Tesorero: Sergio Santana Muñoz (URION)

Vocal: Rosamaría Balvanera

Vocal: Salvador Rodríguez Pola

Vocal: Vicente Loreto Becerra

Mesa Directiva 2006-2008

Presidente: Javier Vargas Guerrero (UNAM-GEU)

Vicepresidente: Juan Antonio Montaña Hirose (UNAM-GEU)

Secretario: Reyes Orozco Villa (URION)

Tesorero: Sergio Santana Muñoz (URION)

Mesa Directiva 2008-2010

Presidente: Reyes Orozco Villa (URION)
Vicepresidente: Jorge Paz Tenorio (Vaxakmen)
Secretaria: Martha Laura Vallejo Maldonado
Tesorero: Jesús Domínguez Navarro (SAM)
Vocal: Antonio Aguirre Álvarez (CRM)
Vocal: Argelia Tiburcio Sánchez (AEMIPN)
Vocal: Juan Antonio Montaña Hirose (UNAM-GEU)

Mesa Directiva 2011-2016

Presidente: Reyes Orozco Villa (URION)
Vicepresidente: Jorge Paz Tenorio (Vaxakmen)
Secretaria: Argelia Tiburcio Sánchez (AEMIPN)
Tesorero: Jesús Domínguez Navarro (SAM)
Vocal: Alfredo Bravo Bonilla (APE)
Vocal: Fátima del Rosario Tec Pool (Ajau)
Vocal: Héctor Martínez Cerda
Vocal: Juan Antonio Montaña Hirose (UNAM-GEU)
Vocal: Omar Hernández García (Chicomoztoc)

Mesa Directiva 2017-2019

Presidente: Oscar Alvarado Machorro (GIET)
Vicepresidente: Fátima del Rosario Tec Pool (Ajau)
Secretario: Adrián Miguel-Nieto (AEMIPN)
Tesorera: Alicia M. Dávila García (CEKLAV)
Vocal: Rogelio Hernández Vergara (GET)
Vocal: Luis Omar Calva Pérez (G-PES)

PATROCINADORES
UNIÓN MEXICANA DE AGRUPACIONES
ESPELEOLÓGICAS, A. C.
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

NORMAS EDITORIALES

Objetivos de la revista

Mundos Subterráneos es una revista anual de divulgación científica mexicana que publica artículos inéditos en español e inglés.

La revista se enfoca en la espeleología desde sus diferentes aproximaciones y su publicación corre a cargo de la Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas A.C.

Tipos de Colaboraciones

Mundos Subterráneos acepta publicar trabajos que brinden aportaciones originales de corte científico sobre diversos campos de la espeleología.

Las colaboraciones pueden ser artículos, reseñas de exploración, reseñas bibliográficas o topografías de cuevas.

Artículo: documento científico que trata y comunica por primera vez los resultados de una investigación, cuyas contribuciones aportan e incrementan el conocimiento actual en la espeleología en sus diferentes áreas; 20 cuartillas máximo.

Campos temáticos:

- Biología
- Geología
- Conservación de cuevas
- Educación
- Exploración
- Área Deportiva
- Otros (Turismo, Rescate)

Reseña de exploración: narración breve en el que se recuenta el trabajo de exploración de una cueva o conjunto de cuevas, debe tratarse de una aportación original e inédita. Se permite la publicación de obituarios de espeleólogos y exploradores de América Latina. 12 cuartillas máximo.

Idiomas

Los textos pueden remitirse en español o inglés.

Formato

Tipo de letra: Times New Roman todo el documento (cuerpo del texto, cuadros e ilustraciones).

Tamaño de letra: el documento se presentará en 11 puntos para el cuerpo de texto y 12 puntos para el Título del Artículo

Interlineado: 1.5 líneas.

Espaciado posterior de párrafo: 5 puntos.

Márgenes: superior-inferior: 2.5cm; laterales: 3 cm, normal.

Numeración de páginas: todas las páginas deben ir numeradas.

Columnas: a una columna.

Orientación de páginas: vertical en todo el documento.

Extensión:

- Artículo: 20 cuartillas (numeradas), incluyendo figuras y tablas.
- Reseña de exploración: 12 cuartillas (numeradas), incluyendo figuras y tablas.

Contenido

Título: El título centrado a 12 puntos en mayúsculas, redactado en español e inglés, deberá ser informativo, sin que exceda de 15 palabras.

Resumen: El resumen, redactado en español e inglés (abstract), deberá ser conciso y proporcionar un amplio panorama de la investigación (objetivo, método, resultados y conclusiones), sin que sobrepase las 150 palabras.

Palabras clave: Se debe proporcionar una relación de cinco a ocho palabras o frases clave (máximo) redactadas en español e inglés, que faciliten la recuperación de la información.

Cuerpo del manuscrito: Se recomienda el siguiente orden de presentación: Introducción o Antecedentes, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos y Literatura Citada.

Agradecimientos: Se incluirán después del texto y antes de las referencias.

Ecuaciones: Las ecuaciones deberán estar formadas con el editor de ecuaciones de Word.

Unidades de Medición: Se recomienda usar el sistema métrico decimal. Las abreviaturas deberán escribirse en minúsculas y sin puntos. Los números del uno al diez citados en el texto se escriben con letra. Se marcará la división entre millares con un espacio en blanco; para separar los números enteros de sus fracciones, cuando las haya, se usará el punto.

Figuras y tablas: Figuras y tablas dentro del texto, donde deben aparecer. Deben tener alta

resolución. Todas las ilustraciones se enviarán por separado del texto en archivos independientes.

*Nota. Esas mismas figuras remitirlas en archivo aparte (formatos JPG o PNG), en alta resolución (300 ppp) y debe ser un solo elemento por figura, las tablas no deben ser imágenes, sino texto editable

Referencias: Las citas que están en el texto, son las únicas que deberán aparecer en la sección de Literatura Citada.

- En formato APA.
- Dentro del texto se usará el sistema APA 6a edición de citación Autor-Fecha.
- Las referencias al final del trabajo deben estar en orden alfabético y cronológico. .

Separación de números y uso de punto decimal

Se marcará la división entre millares con un espacio en blanco; para separar los números enteros de sus fracciones, cuando las haya, se usará el punto.

Envíos

Los manuscritos deberán enviarse al correo electrónico: revista.mundos.subterranos@gmail.com. En el texto del correo se deben de proporcionar los siguientes datos, los cuales son obligatorios.

1. Título del trabajo.
2. Datos del Autor (es)
 - a. Nombre, Apellidos
 - b. Institución de Adscripción (si aplica)
 - c. Dirección
 - d. Correo electrónico
 - e. Señalar al autor de correspondencia
3. Ordenar los datos por grado de autoría.

Los manuscritos deberán ser en procesador de texto Word o compatible. Los archivos de figuras, fotografías y cuadros deberán enviarse junto con el manuscrito y en archivos independientes con su pie o encabezado, según aplique.

CUOTAS DE SUSCRIPCIÓN

Nacional: \$ 110.00. Extranjero: Norteamérica, 20.00 dólares. Fuera de Norteamérica, 20.00 dólares, incluye costo de envío por correo de superficie



UMAE