

Mundos Subterráneos

Número 13. Septiembre 2002

ISSN 0188-6215



Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas, A. C.



UMA E

UNIÓN MEXICANA DE AGRUPACIONES ESPELEOLÓGICAS, A. C.

Mesa Directiva 2002-2003

Dr. Juan Antonio Montaña Hirose (GEU-UNAM-SMES)
Presidente

M. en H. Ismael Arturo Montero García (UMAE)
Vicepresidente

L.C.Q. Laura Rosales Lagarde (SMES)
Secretario

Dr. José G. Palacios Vargas (UNAM)
Tesorero

I. Ing. Rodolfo González Luna (ITEMS-CM)
II. Fis. Antonio Aguirre Álvarez (CRM)
III. Lic. Jorge Paz (Vaxakmen)
Vocales

Comité Editorial

Dr. José G. Palacios Vargas
Editor Titular

Gabriela Castaño Meneses
Ada A. Ruiz Castillo
Sául Aguilar Morales
Editores Asociados

Consejo Editorial Internacional

Eleonora Trajano (Brasil)
Carlos Benedetto (Argentina)
José Ayrton Labegalini (Brasil)
Franco Urbani (Venezuela)

Diseño y Formación

Gabriela Castaño Meneses

MUNDOS SUBTERRÁNEOS

Publicación oficial de la Asociación Civil UMAE, Certificado de Licitud de Título No. 5658, Certificado de Licitud 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.

Foto portada: Daniel Sánchez GEU-UNAM. Salón de las Estalagmitas, Casa de Cristal, Iztaxochitla, Sierra de Puebla, México.

PRESENTACIÓN

Desde 1990 con la protocolización de la Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas, A. C. (UMAE) de manera oficial, hemos trabajado representando a México. Sin embargo, el trabajo inició años antes y aún se tiene mucho que hacer para organizarnos a nivel nacional.

La comunidad espeleológica mexicana está de plácemes por la renovación de la Mesa Directiva y la integración de nuevas ideas para impulsar nuevamente la Espeleología. La UMAE se congratula de contar con nuevos elementos que desinteresadamente están apoyando distintos aspectos de su organización, para beneficio de todos.

MUNDOS SUBTERRÁNEOS es el órgano oficial de difusión de la UMAE, cuenta con los registros correspondientes ante gobernación y registro de autor, así como en el registro de publicaciones periódicas. Gracias al comité editorial y a los miembros de la UMAE, la revista ya tiene difusión tanto nacional como internacional. Además, se ha conformado un consejo editorial internacional, integrado por distinguidos investigadores de gran prestigio.

En México, más del 20% del territorio nacional es cárstico, teniéndose registradas más de 1,200 cavidades, incluyendo algunos de los sótanos más profundos a nivel mundial. Las cuevas, por su amplia distribución en México y muchas regiones del mundo, han sido estudiadas desde varios puntos de vista, dada su importancia en campos como la Arqueología, Hidrología, Biología, Geología,

Etnología e incluso en aspectos culturales relacionados con mitos y leyendas.

En la Facultad de Ciencias, UNAM, a partir de los cursos de Biología de Campo, iniciados por la Dra. Hoffmann y el Dr. Palacios, el estudio de los aspectos biológicos de las cuevas ha sido desarrollado con gran entusiasmo y excelentes resultados, con la publicación de numerosos artículos, así como tesis profesionales y de posgrado y un Manual de Bioespeleología.

Actualmente, el Taller Biología de Suelo y Cuevas (coordinado por el Dr. Palacios-Vargas e impartido por los profesores Saúl Aguilar Morales, Ada A. Ruiz Castillo y Gabriela Castaño-Meneses) ha continuado con la formación de biólogos interesados en distintos aspectos de la vida en las cuevas. Debido al interés de los alumnos y profesores del Taller, se decidió organizar la **Primera Semana de Cuevas en la Facultad de Ciencias**, con el fin de difundir a la comunidad esta disciplina y fomentar el interés en estos ambientes tan particulares. En este número de MUNDOS SUBTERRÁNEOS se presentan los trabajos expuestos en dicho evento.

Aún seguimos manteniendo vigentes los objetivos de la UMAE, sin embargo se necesita establecer comités organizativos para continuar con ellos:

- a. Difundir y fomentar la espeleología a nivel nacional e internacional, en sus diferentes aspectos: técnicos, científicos, turísticos y deportivos.
- b. Fomentar la preservación de las cavidades, así como de su ecología, por considerarlas como parte del patrimonio nacional.

- c. Formular un catastro formal de todas la cavidades nacionales, para su ulterior aprovechamiento.
- d. Pugnar por la unificación de los criterios y procedimientos relacionados con actividades espeleológicas, primordialmente entre los integrantes de la Unión, respetando la idiosincrasia, independencia y especialidad de cada grupo o individuo.
- e. Fomentar la relación y acercamiento entre los mismos asociados así como con las personas, asociaciones, grupos y clubes afines.
- f. Contribuir al conocimiento científico de la geología, flora y fauna de las cuevas mexicanas, así como al estudio de su ecología y medidas de protección.
- g. Crear un organismo de difusión propio, como medio de información y comunicación nacional e internacional.

Comité editorial

ÍNDICE

APERTURA

Juan A. Montaña Hirose 4

CURRICULUM VITAE

Juan A. Montaña Hirose 5

APORTACIONES RECIENTES A LA HISTORIA DE LA BIOESPELEOLOGÍA MEXICANA

Mariano Fuentes Silva 7

LAS CAVERNAS A TRAVÉS DE LA HISTORIA DE MÉXICO

Ismael Arturo Montero García 16

ANTROPOLOGÍA Y PATRIMONIO EN EL ESTUDIO DE LAS CUEVAS

Sandra Cruz Flores 27

LOS DIFERENTES APORTES DE ENERGÍA EN LAS CUEVAS

Saúl R. Castañeda Contreras 34

FUENTES DE ENERGÍA EN AMBIENTES CAVERNÍCOLAS: EL CASO DE LOS MICROARTRÓPODOS

Daniel A. Estrada Bárcenas 39

CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DEL KARST

Laura Rosales Lagarde 42

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES EN LA FORMACIÓN DE CUEVAS

Sergio Yussim Guarneros 47

MÉTODOS ESPELEOLÓGICOS

Leonardo González Valencia 54

EXPLORACIÓN EN IXTACXOCHITLA AVANCES Y PERSPECTIVAS

Javier Vargas Guerrero y Rodrigo Remolina Anzures 61

HISTOPLASMOSIS

María Lucía Taylor y Gabriela R. Peña-Sandovál 69

IMPORTANCIA DE LOS MURCIÉLAGOS

Aldo Bernal Rojas 75

ESTRATEGIAS ADAPTATIVAS A LA VIDA CAVERNÍCOLA

Alejandra Domínguez Álvarez 79

LOS "INSECTOS" (HEXAPODA: COLLEMBOLA) SIN ALAS EN LAS CUEVAS DEL MUNDO

José G. Palacios-Vargas 83

TOPOGRAFÍA DE CUEVAS

Daniel Sánchez Estrada 92

ALTERACIONES EN CUEVAS

Lucía Georgina Pastrana Ruiz 97

ECOS DE LAS PROFUNDIDADES

Reseña por Mariano Fuentes Silva 102

LAS CUEVAS Y SUS HABITANTES

Reseña por Gabriela Castaño-Meneses 104

CÓDIGO ÉTICO DE LA UIS PARA LA CIENCIA Y EXPLORACIÓN DE CAVERNAS EN PAÍSES EXTRANJEROS

105

APERTURA

Juan A. Montaña Hirose.
Grupo Espeleológico Universitario-UNAM

Estimados amigos y colegas:

Los perros de Pavlov, al escuchar una campanilla empezaban a babear, porque sabían que el sonido estaba asociado a la hora de comer. De la misma manera, el espíritu humano ha asociado ciertas palabras a emociones muy fuertes: ¿quién puede oír la palabra *rabia* sin pensar en Pasteur, perros, mordidas, vacunas, inyecciones, muerte?

¿Quién de nosotros puede escuchar la palabra espeleología y no pensar en frío, vértigo, temor, satisfacción, orgullo, amistad?. ¿Qué es la espeleología?. Es el arte del crecimiento personal y del desarrollo del compañerismo, utilizando como pretexto la exploración de las cuevas.

Para descubrir y explorar nuevos mundos, la humanidad en general dirige enormes telescopios hacia el infinito espacio exterior y envía sondas espaciales, al tiempo que grandes autores escriben extraordinarias historias de ficción. Sólo los espeleólogos y el gran visionario Julio Verne¹, miramos hacia abajo. ¡Que ironía! Para encontrar un mundo nuevo, las personas voltean hacia arriba, sin saber que lo están pisando.

¿Qué falta para ser un buen espeleólogo? Se necesita ser polifacético: un poco explorador, algo de investigador y una buena pizca de deportista, además de tener valor, prudencia y sensibilidad. Nada que ver con la proliferación del turismo de aventura. Las ponencias programadas para presentarse en la Primera Semana de Cuevas del Taller de Biología de Suelo y Cuevas hablan de la importancia de la espeleología-ciencia, que crece día con día, principalmente en lo que se refiere a la protección del ambiente.

Sin duda, estamos comenzando el tercer milenio con una nueva y muy importante etapa en la espeleología que se hace en la Universidad Nacional Autónoma de México. Agradezco al comité organizador de la Primera Semana de Cuevas por acogernos en sus instalaciones y en lo personal, por haberme honrado con la distinción de impartir la conferencia de apertura. Felicito al taller de Suelo y Cuevas por tan excelente idea y les auguro a todos un éxito enorme. La trascendencia de las relaciones que aquí surgirán o se fortalecerán entre las diferentes personalidades universitarias y ex-universitarias no tiene precio. La espeleología universitaria aparece no en forma individualista, ni representada por un grupo en particular, sino en equipo de trabajo.

Aunque deseo que los espeleólogos nos integremos perfectamente a nivel mundial, no deseo que lleguemos a la globalización de la espeleología. La integración de los espeleólogos a nivel nacional va por muy buen camino y llegó mucho antes que la universitaria, que apenas estamos comenzando. Ojalá podamos seguir creciendo y, un día no muy lejano, inaugurar un centro, y luego quizás un Instituto de Espeleología en nuestra Universidad. No debemos pensar que “ya llegamos”. Como dije alguna vez cuando estábamos en el camino de ascenso en Akemati: “Y lo que nos falta...”

Bienvenidos todos y todas a la Primera Semana de Cuevas.

1 En sus libros: *Veinte Mil leguas de Viaje Submarino* y *Viaje al Centro de la Tierra*.

Curriculum vitae

Juan Antonio Montaña Hirose nació en la Ciudad de México, donde reside actualmente.

Estudió medicina veterinaria y zootecnia en la Universidad Nacional Autónoma de México. Tiene una Maestría en Ciencias (Bioquímica) por la Universidad Federal de Paraná (Brasil) y es Doctor de la Universidad de París 6 en Ciencias de la Vida (Inmunología); la tesis la realizó en el Instituto Pasteur de París sobre la rabia transmitida por murciélagos, con mención honorífica.

Ha tomado e impartido innumerables cursos y conferencias en México, Panamá, Brasil, Estados Unidos de América, Canadá, Francia, España, Escocia y Colombia. Entre sus viajes de estudio vale la pena mencionar un crucero de investigación oceanográfica a las islas del golfo de California a bordo de un cañonero de la Armada de México, navegando 1,720.7 millas náuticas. Trabajó en la Comisión México-Estados Unidos para la Prevención de la Fiebre Aftosa (México), en el Instituto de Tecnología de Paraná (Brasil) y Pasteur Mérieux Sérums et Vaccins (Francia).

Ha publicado diversos artículos científicos en revistas de circulación internacional y algunos capítulos en libros. Traduce al español la página de la Unidad de la Rabia del Instituto Pasteur de París <http://www.pasteur.fr/recherche/rage/init-esp.html>

Distinguido con el Premio “Pergamino de Oro”, que se otorga a las principales personalidades del estado de Paraná, Brasil, fue repatriado por el gobierno mexicano en 1994. Actualmente es

Profesor Titular “C” de Tiempo Completo en el Departamento de Microbiología e Inmunología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores de 1995 a 2001, pertenece a varios comités asesores de la Dirección General de Salud Animal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación: fiebre aftosa, zoonosis, enfermedades infecciosas de los bovinos y el de productos biológicos y biotecnológicos. También es miembro del comité editorial de El Manual Moderno, empresa que se dedica a libros médicos y del Comité Interno de Calidad de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

Su participación en el mundo de la espeleología comenzó en 1997 en México, con el Curso Básico de Montañismo de la UNAM, seguido por el Curso Técnico de Espeleología y el Curso Superior de Espeleología, también impartidos por la UNAM.

Ha escrito algunos artículos e impartido algunas pláticas sobre espeleología por radio y frente a audiencias.

En 1999 participó de la expedición UNAM Akemati 1999 que alcanzó una profundidad de 1,060 m. En junio creó el foro electrónico de espeleología “Iztaxochitla” (<http://mx.groups.yahoo.com/iztaxochitla/>), que actualmente tiene a 516 miembros en 35 países. A fines del mismo año participó en el rescate de un miembro de la SQS (Sociedad Quebequense de Espeleología) en la Sierra Negra de Puebla, realizado a una profundidad de 400 m.

En 2000 participó de la expedición del GSAB (Grupo Espeleológico Alpino Belga a la Sierra Negra. En este año fue el Presidente del Comité Organizador Local del V Congreso Nacional Mexicano de Espeleología realizado en San Joaquín, Qro. y organizó el curso internacional de rescate impartido por el Espeleo Socorro Francés en Ciudad Universitaria. Fue electo representante del recién formado Grupo Espeleo Rescate México y posteriormente participó de la expedición UNAM a la Sierra Negra.

En 2001 organizó el apoyo desde superficie en el rescate de un espeleólogo herido en el fondo del resumidero La Joya, Gro. Asistió al 13° Congreso Internacional de Espeleología en Brasilia, presentando un trabajo y representando a la UMAE en las asambleas de la FEALC y UIS. En la Asamblea General de la FEALC, fue designado Secretario Adjunto. A fines de año, fue designado "Asesor en Espeleología" de National Geographic en Español.

En 2002 participó en las expediciones GSAB y SQS-SMES a la Sierra Negra. El mismo año, fue electo Presidente de la UMAE para el período 2002-2004.



Dr. Juan A. Montaña Hirose en Akemati, 1999

APORTACIONES RECIENTES A LA HISTORIA DE LA BIOESPELEOLOGÍA MEXICANA.

Pas. Biól. Mariano Fuentes Silva.
*Técnico del Laboratorio de Ecología y
Sistemática de Microartrópodos, Depto. de
Ecología y Recursos Naturales,
Facultad de Ciencias. UNAM, México,
04510.*

Abstract: Compilation of Mexican biospeleological studies has been finished. This begins with Bilimek's contributions in 1876 in Cacahuamilpa cave, and continuing until the most recent presentations at the International Speleological Congress in 2001.

Resumé: Une compilation des études mexicaines de biospéléologie est présentée. Cela commence par des contributions de Bilimek en 1876 dans la grotte de Cacahuamilpa, et continue jusqu'à nos jours, les plus récentes au congrès international de Spéléologie en 2001.

S EÑORES y SEÑORAS: BUENAS TARDES:

Estamos aquí reunidos para hablar de la bioespeleología mexicana, su historia y en particular de las más recientes aportaciones en esta rama tan apasionante del estudio de las cuevas, no pretendiendo hacer una disertación profunda por falta de tiempo y espacio sino apenas un resumen de los trabajos que han contribuido a ella.

Siendo así, remontémonos en la memoria al año de 1904 con un investigador francés Armand Viret a quién se le atribuye la creación formal del término "bioespeleología" (de las raíces griegas "speleo" antro o caverna, "logos" estudio o tratado y "bios" vida) para designar a la rama de la ciencia que se dedica al estudio de la vida en las cavernas, así como de las interacciones entre las poblaciones cavernícolas y su medio. El desarrollo de la espeleología se dio en muchos países principalmente los del continente europeo, sin embargo como señala la Dra. Anita Hoffmann, las cuevas de México son de particular interés para el biólogo pues en ellas encontramos una de las faunas más ricas y diversas del mundo, en parte como consecuencia de esa conjunción entre las zonas neártica y neotropical que afirman a México entre los países con mayor biodiversidad en el ámbito mundial.

En el territorio de lo que ahora llamamos México "lindo y querido", las cuevas eran conocidas desde mucho tiempo antes de la conquista, en la cultura náhuatl las conocían como "Oztotl" y tenían una gran relevancia dentro de su cosmología, representando la entrada al "Mictlán" o inframundo, y había un dios particular (en realidad una advocación) "Tepeyollohtli" que significa "corazón de la montaña". Después vino el "encontronazo" de dos mundos que derivó en una terrible conquista que borró la mayor parte de los testimonios de la importancia secular de las cuevas para las culturas nativas.

En 1983, el Ing. Carlos Lazcano, uno de los más renombrados espeleólogos nacionales, calculó que existían más de siete mil cavernas en las zonas kársticas del país, de las cuales en ese entonces no se habían

explorado concienzudamente ni la mitad, y por supuesto menos aún conocerse su biodiversidad; esta gran cantidad de cavernas es muy diversa en cuanto a su origen, edad y grado de desarrollo por lo que encontraremos desde pequeñas cuevas o tubos basálticos como las del eje neovolcánico, hasta los gigantescos y espectaculares sistemas kársticos de varios Km de longitud, que hacen que México sea reconocido como el “Himalaya” de la bioespeleología.

Sin embargo el estudio de la vida en las cuevas mexicanas se inicia en el año 1867, cuando el investigador austriaco, Dominik Bilimek (quién vino acompañando a Maximiliano de Habsburgo), realiza el primer estudio bioespeleológico en las hermosas grutas de Cacahuamilpa en el estado de Guerrero, dando a conocer así formalmente los primeros organismos cavernícolas de México. Posteriormente en 1891 algunos investigadores del Instituto Médico Nacional realizan una expedición a la misma cueva, pero prevalece el enfoque geohidrográfico más que el biológico; en 1893 el afamado biólogo mexicano Don Alfonso L. Herrera, retoma y complementa el estudio pionero de Bilimek, en 1899 y 1909 Félix y Urbina respectivamente realizan estudios descriptivos de las mismas grutas. Luego acontece el fenómeno revolucionario donde la investigación se ve detenida por la gran crisis social y económica que sacude a nuestro país; siendo hasta el año de 1939 cuando el presidente Cárdenas abre las puertas a numerosos refugiados de la dolido España republicana, entre quienes llegan los Dres. Cándido Bolívar y Federico Bonet iniciadores formales de la investigación bioespeleológica en nuestro país (1940), ellos se interesaron principalmente por algunos grupos de la artropodofauna edáfica;

luego en 1943 Bibiano Osorio Tafall, investigador de la ENCB del IPN publicó un estudio que ampliaba los grupos cavernícolas conocidos trabajando con diferentes familias de protozoarios sarcodinos y ciliados; por esta misma época dos investigadores del IB de la UNAM, Liborio Martínez y Bernardo Villa comienzan el estudio de los murciélagos, que son junto con los peces, de los grupos de animales cavernícolas más conocidos en México; también de esta época es el trabajo pionero sobre ácaros de la Dra. Anita Hoffmann, y en el área de la carcinología Alejandro Villalobos, también de la UNAM, trabajó con formas cavernícolas de misidáceos (1951) anfípodos (1960) y decápodos (1948, 1958); por lo que respecta a los peces, un grupo de interés especial por sus especies ciegas, Solórzano (1953) escribe sobre la familia Brotulidae, Jorge Carranza (1954) describe el primer bagre anoftálmico y depigmentado de la familia Ictaluridae, pero el que más ha contribuido principalmente con estudios de la familia Characidae (1946-1970) es el ictiólogo José Álvarez del IPN.

Es en el comienzo de la década de los 70's cuando se da un nuevo auge de la investigación bioespeleológica, en parte debido al hecho de que las técnicas y los materiales de progresión avanzan día con día, así como a la gran cantidad de exploraciones que realizan miembros de diversas agrupaciones nacionales como el GEU (grupo exploraciones universitarias) y extranjeros como la AMCS (Association for Mexican Cave Studies). Indudablemente los investigadores mexicanos que más han contribuido al conocimiento de la biota cavernícola en el país, han sido en su mayoría personal académico de la ENCB (IPN) y del IB (UNAM), pero en el año de 1977 se comienza en el Departamento de

Biología de la Facultad de Ciencias (UNAM) con la impartición de materias de campo que tras varios años de perseverante labor conducen a la publicación, en 1986, del “Manual de Bioespeleología”, hecho que marca un hito en la historia del tema, ya que es el primer libro publicado donde se recogen aspectos históricos, técnicos y principalmente información biológica de gran importancia, generada a lo largo de casi diez años de trabajo académico de los estados de Morelos y Guerrero.

Cabe aquí mencionar la destacadísima labor realizada por un sinnúmero de extranjeros de diversas nacionalidades sobre la fauna cavernícola de nuestro país, que es tema para desarrollarse aparte; uno de los más reconocidos es James Reddell, quién recopila en dos voluminosos trabajos de 1971 y 1981 las especies de diferentes grupos cavernícolas encontradas en el país, su clasificación taxonómica y sus troglomorismos o adaptaciones a la vida cavernícola, incluyendo una lista muy grande de referencias de autores extranjeros sobre el tema. En el año 1981 un biólogo del laboratorio de Acarología de la Facultad de Ciencias publica su tesis de licenciatura sobre ácaros ectoparásitos y foréticos asociados a murciélagos en el estado de Morelos, donde resalta la evolución paralela entre estos dos grupos, donde los ácaros han logrado evitar la competencia interespecífica pues forman nichos en los diferentes biotopos corporales de los quirópteros. En 1985 hay otra tesis profesional donde Irma Rivas hace una contribución al estudio de los ácaros de la familia Rhagidiidae en medios cavernícolas, realizando un análisis de la variación morfológica intraespecífica de algunas especies de ragididos y discute las adaptaciones morfológicas a la vida cavernícola (troglomorismos) y edafícola (edamorfismos) de las especies mexicanas.

Sin duda uno de los investigadores que más han contribuido al conocimiento de la espeleofauna mexicana es el Dr. José Palacios-Vargas, quién se inicia como ayudante de la Dra. Hoffmann en las biología de campo de la Facultad de Ciencias, y aunque su tesis profesional versa sobre colémbolos de plantas epífitas, ya en 1980 junto con Morales-Malacara, publica en la revista *Folia Entomológica*, el “Estudio de la bioecología de la cueva de Ocotitlán, Morelos”, asimismo es uno de los coautores del histórico manual de Bioespeleología en 1986, que sentó un precedente muy importante en las investigaciones en este campo. Posteriormente, en el primer congreso de espeleología de América Latina y el Caribe presenta un trabajo comparativo entre las diferentes biocenosis de cuevas de Guerrero (Aguacachil, Acuitlapán y Juxtlahuaca) donde hace una discusión sobre cada uno de los órdenes de artrópodos encontrados, señalando los aspectos más notables desde el punto de vista biológico, adaptativo y biogeográfico, recalando la importancia del estudio de la sistemática en los microartrópodos, sin embargo antes de este trabajo hay una buena cantidad de artículos publicados en revistas nacionales y extranjeras, sobre ácaros guanobios y colémbolos cavernícolas, imposibles de citar aquí por falta de espacio.

El 13 de abril de 1990 acontece un suceso importante para la historia espeleológica mexicana, pues es la fundación de la UMAE (Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas), a pesar de que desde el 80 ya existe la SMES y diferentes grupos de la UNAM, el IPN, e independientes. Con la fundación de esta asociación civil se pretende reagrupar a los diferentes espeleólogos del país y darle un nuevo impulso en áreas poco desarrolladas, ya que hasta ese momento la mayor cantidad de trabajos de espeleólogos tan importantes

como Carlos Lazcano, Ramón Espinasa, Eusebio Hernández, José Montiel, José Luis Beteta, Víctor Granados, Manuel Casanova, etc., se enfocan más a la geología, la exploración, técnica y topografía de cavernas. En el primer número de la revista *Mundos Subterráneos* (publicación oficial de la UMAE) aparecen aportes sobre fauna cavernícola de Jalisco, Colima y de la zona de La Laguna Hidalgo, así como un estudio sobre la histoplasmosis pulmonar primaria que es una grave enfermedad que suele afectar a los espeleólogos en sus incursiones subterráneas; al paso del tiempo esta revista se irá convirtiendo a nivel nacional en la que más cabida da a las investigaciones bioespeleológicas y es así que la espeleología mexicana va tomando fuerza y estructura; a finales de 1991 se celebra el Primer Congreso Nacional donde se presentan trabajos de alto nivel y participa gente de Brasil, Italia, Argentina, Cuba y EUA, mientras que los nacionales presentan contribuciones al estudio de los artrópodos cavernícolas en Yucatán (Trejo & Kiyono), comentarios sobre coleópteros estafilínidos de cuevas (Navarrete & Márquez), importancia de los ácaros cavernícolas (Palacios Vargas & Rivas), resultando en un prometedor inicio para la organización de este tipo de eventos. Al año siguiente (1992) un joven biólogo de la facultad de ciencias, Luis Espinasa Pereña, hermano del reconocido espeleólogo Ramón, presenta su tesis profesional con una "Contribución a las especies cavernícolas de los insectos *Zygentoma*" donde se describen ocho especies y un género nuevos, discutiéndose el hecho de que el medio hipogeo funciona como una barrera biogeográfica para la especiación; este autor que anteriormente había publicado cuestiones de bioespeleología en la revista "Tepeyollohtli" de la SMES en 1986 y 1989, hará posteriormente su doctorado con peces

cavernícolas y fundará el primer laboratorio de bioespeleología en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En el año de 1993 ve la luz el n° 4 de *Mundos Subterráneos*, donde el Dr. Palacios-Vargas publica nuevos datos sobre la fauna cavernícola de Yucatán, principalmente de colémbolos, ácaros y arácnidos; el n° 5 aparece en 1994 e incluye un artículo sobre el uso de trampas para la colecta de ácaros cavernícolas así como un interesante artículo de Luis Armas del Instituto de Ecología y Sistemática de Cuba donde habla de la distribución geográfica de 11 especies de alacranes troglóbios de México, que es el primer país del mundo donde se descubren formas anoftálmicas y troglóbias; en el n° 6 de la revista (1995) se incluye una propuesta de inclusión del ambiente cavernícola en la legislación ambiental del gobierno mexicano, concretamente en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, dado que hasta esa época existía un vacío legal en este rubro; este mismo año representa también un gran avance en la investigación bioespeleológica cuando dos jóvenes enamorados (Saúl Aguilar y Ada Ruiz realizan una excelente tesis conjunta sobre una cueva de calor en el estado de Veracruz, que hasta ese momento se creía sólo existían en Cuba, Puerto Rico y Brasil, con características muy especiales como la entrada muy reducida y única, temperaturas que oscilan entre los 26° y 36.3°, con una humedad relativa del 97 % y que albergan una gran biodiversidad, los objetivos particulares del trabajo fueron principalmente relacionados con la abundancia y distribución de murciélagos y tópicos relacionados, encontrando estimaciones poblacionales que van de 121,500 individuos en la época de secas a 100,500 en la de lluvias, además de una biodiversidad cavernícola muy alta de 68

taxa diferentes, y concluye con una recomendación básica: hacer conciencia del papel ecológico tan importante de las cuevas y de cómo deben de ser manejadas y estudiadas de manera eficiente, respetuosa y ordenada. Otros estudios sobre conteo, ecología y conservación de murciélagos son debidos a dos reconocidos ecólogos mexicanos que han trabajado mucho sobre este tema, los Drs. Rodrigo Medellín y Héctor Arita, quienes desde el Instituto de Ecología de la UNAM han impulsado muchos programas tan importantes como el de conservación de murciélagos migratorios mexicanos.

Otro año más, 1996, en el que se celebra el III Congreso Nacional de Espeleología en Campeche, después de un 2º congreso en Guerrero que no tubo mucha difusión y del cual no se conservan memorias impresas, y en él se presentan diversos trabajos sobre el tema; aquí cabe aclarar que no todos los que han publicado cosas sobre fauna cavernícola son espeleólogos formales sino gente de diversas disciplinas que estudian diferentes aspectos de la espeleología; en Campeche hubo ponencias sobre los insectos sin alas como un ejemplo de evolución a la vida cavernícola, de la bioespeleología del estado de Yucatán, de ecología de comunidades de murciélagos y resultados faunísticos preliminares de cuevas de Campeche; en este mismo año se recibe de Maestro en Ciencias en la UNAM un brasileño (Douglas Zeppelini) que hace un estudio evolutivo de los colémbolos *Arrhopalites* del nuevo mundo, y aunque su estudio incluye especies de cuevas de Brasil, también hay de cuevas mexicanas; aquí describe siete nuevas especies, haciendo un análisis filogenético detallado y presenta un análisis del grado de troglomorfo o adaptación a la vida cavernícola para las especies neotropicales

con base en los cambios morfológicos resultantes de la selección natural en ambientes subterráneos, que resulta ser uno de los trabajos más especializados que se han publicado sobre el tema en México.

En cuanto a los congresos internacionales organizados por la UIS, la reseña la comienza con el décimo, celebrado en Budapest, Hungría, en 1989, ahí el Dr. Palacios-Vargas es el único mexicano que presenta una ponencia sobre colémbolos cavernícolas, su origen y distribución; cuatro años después en Beijing, China (1993) también presenta una ponencia sobre los nuevos descubrimientos de la fauna cavernícola de Yucatán, mientras que para el siguiente congreso celebrado en Suiza en 1997, vuelve a presentar pero ahora en coautoría con el ing. José Antonio Gamboa (un reconocido espeleólogo yucateco) los más recientes estudios bioespeleológicos de Campeche, mostrando resultados de cuatro expediciones a cinco cuevas, encontrando un total de 114 taxa diferentes lo que representa una gran biodiversidad, pues algunas de las cuevas estudiadas son turísticas y conocidas desde la época prehispánica, como Xtacumbilxunaan.

Viene ahora el año de 1998, un año importante pues es el del 4º Congreso Nacional cuya sede fue Tehuacán, Puebla, y en el cual hay varias aportaciones importantes en el contexto de la bioespeleología; una destacada participación del equipo de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, quienes encabezados por el Dr. Luis Espinasa presentan varios trabajos, principalmente comparaciones a nivel histológico de las estructuras oculares y cerebrales de peces troglomórficos del género *Astyanax* de la gruta de "Las Granadas" en Guerrero, donde actualmente tienen en desarrollo un proyecto de espeleobuceo los miembros del grupo

URION dirigidos por el Sr. Sergio Santana, otro personaje importante al hablar del desarrollo de la espeleología en México. Una conclusión importante de los estudios realizados por el equipo de la UAEM en la estructura ocular de los peces troglomórficos es que les faltan las capas de fotorreceptores, la nuclear externa y la plexiforme interna, lo cual refleja una historia evolutiva en el medio cavernícola asimismo describen una nueva especie del género *Anelpistina* (insectos de la familia Nicoletiidae); otro trabajo importante dado a conocer en este congreso es el que presenta el laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias de la UNAM, sobre los reportes preliminares de la fauna de una cueva sulfurosa del estado de Tabasco, encontrando una amplia diversidad con representantes de pseudoescorpiones, ambliopígididos, opiliónidos, arañas, ácaros de diferentes órdenes, colémbolos, miriápodos y otros grupos de artrópodos que aún hoy en día se encuentran en proceso de estudio para describir las especies y detectar sus posibles troglomorismos; también se presenta un trabajo parecido por gente de la escuela de biología de la FES-Zaragoza, pero que es “Composición faunística de una cueva en el estado de Puebla”.

Ese mismo año aparece el n° 9 de Mundos Subterráneos, ahora con un nuevo formato que le da una mejor presentación; en este número Everardo Barba del Laboratorio de Ecosistemas Costeros de la UAM-I, en colaboración con el Dr. Palacios-Vargas presenta un excelente artículo sobre la fauna acuática cavernícola de la península de Yucatán, que concluye algo de suma importancia: un factor que afecta la riqueza faunística en las cuevas turísticas es el impacto del ser humano que contamina y altera los hábitats, cuestión que no toman en cuenta ciertos espeleobuzos de gran

renombre a la hora de romper récords en la exploración de los sistemas subterráneos de Yucatán. Un año más ha transcurrido y ahora toca su turno a 1999, un año cabalístico para mucha gente por ser el fin del milenio, y en donde la UNAM ve suspendida su labor docente por una gran huelga que generó y generará las más diversas opiniones; también este año se recibe de bióloga (extramuros claro está) Ana Sánchez, con una tesis que revisa a los colémbolos de la familia Neelidae y publica junto con el Dr. Palacios una descripción de las nuevas especies del género *Megalothorax* encontradas en cuevas mexicanas; en este mismo año un joven espeleólogo de la ENCB, Marco A. Ramírez, publica una lista preliminar de la espeleofauna de la isla Isabel María, localizada en el interior de la presa Miguel Alemán en Oaxaca, presentando nuevos registros de géneros y especies para cuevas mexicanas y remarcando la importancia de las barreras biogeográficas en los procesos de especiación.

En el año 2000 se celebra el 5° Congreso Nacional, con una participación muy amplia de la comunidad espeleológica, sin embargo los trabajos de tipo biológico brillan por su ausencia, a excepción de un video de la cueva “Las Sardinas” en Tabasco realizado por Palacios-Vargas, Fuentes, Estrada y Monterrubio, donde constatamos que dicha cueva es un ecosistema muy especial que engloba una alta diversidad de especies, haciendo un llamado a la conservación de este lugar; también hay un reporte de investigadores del Centro Nacional de Investigaciones en Microbiología Veterinaria sobre la captura de vampiros en cuevas para tenerlos en cautiverio y utilizarlos en diversos experimentos de control de la rabia, evaluación de diferentes rutas de

inmunización y evaluación de productos vampiricidas.

Por fin hemos llegado al año 2001 en este recuento de las aportaciones mexicanas a la bioespeleología; año en el que se celebra el 13° Congreso Internacional de Espeleología por primera vez en un país de América Latina (Brasil), por parte de México asistimos cuatro espeleólogos, pero sólo un trabajo de tipo biológico que es el tema de tesis de maestría del compañero Daniel Estrada en la cueva “Las Sardinias”, cuyos resultados preliminares arrojaron un total de 3,276 organismos colectados, obteniendo una mayor abundancia en el biotopo guano, mientras que el mayor número de especies corresponde a hojarasca y guano respectivamente, el proyecto aún está en desarrollo y falta conocer los resultados finales. En este mismo mes, pero una semana antes, se realizó el Simposio Internacional de Bioespeleología organizado por la Sociedad Francesa en Sao Paulo, en el cual participan tres mexicanos, el Dr. Luis Espinasa y la Dra. Rivas Manzano con dos trabajos importantes, uno sobre la etología de peces cavernícolas *Astyanax* y un estudio histológico sobre los ojos de dichos peces, el tercer mexicano es el M. en C. Jorge Moreno quien trabaja con especies brasileñas de *Trogolaphysa*, un género de colémbolos de la familia Paronellidae, encontrando al menos tres nuevas especies nuevas con una gran reducción de ojos de 8 a 2. Por lado, también en este mismo mes se celebra en Querétaro el 36° Congreso Nacional de Entomología donde el único trabajo relacionado con el tema lo presenta Gabriel Villegas del Laboratorio de Acarología del IPN quien colecta pseudoescorpiones de una cueva de Jalisco (Las Garrochas) y encuentra nuevos registros para México. En agosto del 2001 se publica el n° 11-12 de Mundos Subterráneos apareciendo un artículo sobre el papel ecológico de las hormigas en

ambientes cavernícolas, escrito por la M. en C. Gabriela Castaño y uno más sobre la estigofauna de la cueva “Las Sardinias”; hasta aquí son las más recientes aportaciones a la historia de la Bioespeleología Mexicana, misma que seguimos construyendo día con día, seguramente en esta revisión he omitido algún nombre y/o trabajo, por lo cual pido una disculpa pues no quisiera que nadie se sintiera excluido, pero esto es sólo un ensayo introductorio para la postre publicación de un pequeño libro que recoja y analice todas y cada una de nuestras aportaciones a esta rama tan maravillosa del conocimiento humano.

Para finalizar sólo me resta agradecerles su presencia, su atención y desearles que todos los seres seamos felices, que compartamos la armonía y felicidad auténtica que muchas veces se encuentran en el silencio, la oscuridad y la profundidad de las cavernas.

MUCHAS GRACIAS.

BIBLIOGRAFIA :

- Aguilar S. & A. A. Ruiz. 1995.** Una comunidad de murciélagos en una “cueva de calor” como factor determinante en el sostenimiento de la diversidad animal cavernícola. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 71 pp.
- Espinasa, L. 1992.** Contribución a las especies cavernícolas mexicanas de la familia Nicoletiidae (Zygentoma). Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 92 pp.
- , 2001. Aggressive behavior and blindness : the case of troglobitic *Astyanax* Populations. *Proceedings*

of 15^o Interanational Symposium of Biospeleology, Sao Paulo, Brasil: 29-30.

-----, & P. R. Manzano. 2001. Not so few troglobitic fish species: blind fish with superficially normal eyes. *Proceedings of 15^o International Symposium of Biospeleology. Sao Paulo, Brasil*: 30.

Hoffmann A., J. G. Palacios-Vargas & J. B. Morales-Malacara. 1986. *Manual de Bioespeleología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, México)*. Facultad de Ciencias. UNAM. 171 pp.

Morales-Malacara, J. B. 1981. Contribución al conocimiento de los ácaros asociados a murciélagos en Morelos. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 190 pp.

Moreno J. & J. G. Palacios-Vargas. 2001. About *Trogolaphysa* (Collembola: Paronellidae) from Brazilian caves. *Proceedings of 15^o International Symposium of Biospeleology. Sao Paulo, Brasil*: 63.

Palacios-Vargas, J. G. 1988. Comparación entre las biocenosis de las grutas de Guerrero, México. *Anais do 1^o Congresso de Espeleologia da America Latina e do Caribe. Brasil*: 11.

Palacios-Vargas, J. G. 1989. New records of cave collembola from the neotropical region and notes on their origin and distribution. *Proceedings of 10^o International Congress of Speleology. Budapest, Hungría*: 734-739.

Palacios-Vargas, J. G. & G. Castaño-Meneses. 2001. *Mundos Subterráneos*, 11-12. México, D. F. 81 pp.

Palacios-Vargas, J. G. & J. A. Gamboa. 1997. Recent biospeleological studies in Campeche. *Proceedings of 12^o International Congress of Speleology. Chaux de Fonds, Suiza*: 85-90.

Palacios-Vargas, J. G. & G. Pineda (Eds.) 1991. *Programa y Resúmenes del I congreso Nacional de Espeleología, Diciembre 16-20 de 1991, Mérida Yucatán*. México, D. F. 25 pp.

Palacios-Vargas, J. G. & G. Pineda (Eds.) 1993. *Mundos Subterráneos*, 4. México, D. F. 70 pp.

Palacios-Vargas, J. G. & G. Pineda (Eds.) 1994. *Mundos Subterráneos*, 5. México, D. F. 62 pp.

Palacios-Vargas, J. G. & G. Pineda (Eds.) 1995. *Mundos Subterráneos*, 6. México, D. F. 47 pp.

Palacios-Vargas, J. G. & R. Ruggeri. 1993. Cave fauna from Yucatán. *Proceedings of 11^o International Congress of Speleology. Beijing, China*: 118-120.

Palacios-Vargas, J. G., G. Castaño-Meneses & R. Iglesias (Eds.) 2000. *Programa y Resúmenes del V Congreso Nacional Mexicano de Espeleología. Noviembre 17-20 de 2000, San Joaquín, Querétaro*. México, D. F. 42 pp.

- Palacios-Vargas, J. G., D. Estrada, M. Fuentes & J. Monterrubio. 2001.** Cave fauna from "Las Sardinas" one mexican mixed energetic subterranean system. *Proceedings of 13° International Congress of Speleology, Brasilia, Brasil*: 162-163.
- Palacios-Vargas, J. G., B. E. Mejía & G. Castaño-Meneses (Eds.) 1998.** *Programa y Resúmenes del IV Congreso Nacional Mexicano de Espeleología, Diciembre 4-7 de 1998, Tehuacán, Puebla*. México, D. F. 48 pp.
- Palacios-Vargas, J. G., G. Pineda & B. Bravo (Eds.) 1996.** *Programa y Resúmenes del III Congreso Nacional Mexicano de Espeleología. Diciembre 25-30 de 1996, Campeche, Campeche*. México, D. F. 28 pp.
- Palacios-Vargas, J. G., G. Pineda & G. Ríos (Eds.) 1998.** *Mundos Subterráneos, 9*. México, D. F. 64 pp.
- Palacios-Vargas, J. G., G. Pineda, A. Carrillo, M. Montes & V. Granados (Eds.) 1990.** *Mundos Subterráneos, 1*. México, D. F. 36 pp.
- Rivas de la Barrera, I. 1985.** Contribución al estudio de los Rhagidiidae (Acari : Prostigmata) de México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 143 pp.
- Sánchez A. 1999.** Revisión del género *Megalothorax* (Collembola : Neelidae) en México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 69 pp.
- Zeppelini, F. D. 1996.** Estudio evolutivo de los *Arrhopalites* (Collembola) cavernícolas del nuevo mundo. Tesis Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. 96 pp.

LAS CAVERNAS A TRAVÉS DE LA HISTORIA DE MÉXICO

Ismael Arturo Montero García

Universidad del Tepeyac, Av. Callao 802.

México D.F. 07300. México.

montero@planet.com.mx

Abstract: This essay is about the necessity to have a systematic classification system recording the presence of humans in caves. It examines the different uses and the purposes that cave had throughout the history of Mexico.

Resumé: Cet essai répond a la nécessité d'avoir un système de classification systématique pour documenter la présence des humains dans les grottes. Il examine les différentes utilisations et les buts de la caverne au cours de l'histoire de Mexique.

En este ensayo intentaré esquematizar una respuesta para una pregunta surgida durante los años de investigación histórica y antropológica realizada en las cavernas mesoamericanas y muy específicamente en México. ¿Podemos clasificar sistemáticamente la presencia humana en las cavernas? La pregunta se dirige a la formalización de conceptos a partir de las manifestaciones concurrentes de la vida humana en las cavernas, estos conceptos se agrupan en este texto en la categoría de "*relaciones*", y son el resultado de un muestreo interpretado como una proporción válida de explicación para los demás fenómenos del caso cultural subterráneo, salvo prueba de lo contrario en

la medida de su posibilidad, o sea, su probabilidad.¹

La variedad y riqueza de los mecanismos humanos al interior de las cuevas nos conduce a la propuesta, de que los mexicanos poseemos una *Patria Subterránea*. Pese a que las personas ajenas a los mundos subterráneos la vean como atrevida, no es así, porque desde los primeros nómadas que habitaron el continente hasta el presente, la sociedad ha encontrado en las cavernas el entorno propicio para expresar su conciencia religiosa, y para satisfacer sus necesidades económicas.

Desde el concepto de *relación* se infiere el comportamiento entre la comunidad y la caverna. Esta correlación de cavernas y sociedad a través de la historia no es sólo un pasado con tradición que busca su conservación, y mucho menos es una historia total; es más bien una historia de totalidad relativamente homogénea de la cultura, pero sin un sentido absoluto.²

Se han logrado definir 38 tipos de *relaciones* reunidas en dos campos: perennes y transitorios; ambos ordenados cronológicamente.

1. Relaciones perennes

Situaciones que a través del tiempo subsisten. Las relaciones examinadas perduran durante toda la cronología, mostrando tan solo variaciones en su intensidad y alteraciones de carácter regional que responden a categorías eco-técnicas transitorias.

¹ Justificación pragmática contemporánea de Kneale. Respecto a esta discusión sobre el Método Inductivo véase: Abbagnano, N. *Diccionario de Filosofía*, Fondo de Cultura Económica, 1987:669.

² Criterio de la historiografía que sirve para indicar el conocimiento y comprensión del hombre y su historia en general como ciencia, y no como el mero arte de escribir.

Relación habitación—caverna

La cueva como vivienda es el tema más obligado de la articulación comunidad—*caverna*. Es la primera relación del hombre con las formaciones subterráneas. Es la habitación original que aún persiste. *La caverna ha acompañado al hombre por más noches en toda su existencia como especie, que la misma arquitectura* que surge del concepto de oquedad. Los grupos humanos se alojaron en cavidades de fondo variable. La habitación de la cueva era sólo por las noches para pernoctar en la zona endógena, la actividad cotidiana se hacía en la zona epigea, en tanto la zona hipogea era destinada a ejercicios rituales. Durante el apogeo ritual subterráneo del Clásico y Posclásico esencialmente, las cuevas dejaron de ser morada para convertirse en espacios sacralizados, sería un tabú darle otro uso. Posterior a la Conquista, la cueva adquiere la forma de refugio y eventualmente de habitación.

Relación refugio—caverna

Un refugio no es habitación, es un arraigo temporal. Cuando la comunidad es obligada a desocupar su residencia original, la caverna se ofrece como una posibilidad inmediata de ocupación ante estados de emergencia durante guerras, desastres naturales, migraciones, situaciones de escasez alimenticia y de persecución.

Relación hierofania—caverna

La caverna es una entidad sagrada de carácter universal, de modo que en ella residen las potencias sobrenaturales que ordenan el mundo, como los espíritus de la naturaleza de las sociedades primitivas, o las entidades divinas de las sociedades con religión. Desde la cueva el hombre abandona su condición terrestre, encontrándose con las

potencias sobrenaturales que le permiten aliviar el caos de su existencia. El trabajo de campo demostró que los espacios sacralizados están emplazados en las porciones más recónditas,³ estableciendo ocupaciones remotas a no más de 3 Km de trayecto de la entrada, como sucede entre los olmecas del Preclásico y los mayas del Clásico.

Relación trance extático—caverna

La cueva es el terreno privilegiado para el trance extático a través de las eras culturales, pues aquí radica la fuerza de la irracionalidad y del subconsciente, en donde habita la energía de la naturaleza que consume al chamán, al curandero, al sacerdote y al mago. El trance extático es la separación del cuerpo y el espíritu, en donde este último vive experiencias extraordinarias producidas por drogas, danzas orgiásticas, flagelación, auto-hipnotismo y respiración rítmica. Entre los ingredientes psicoactivos se incluyen hongos,⁴ plantas,⁵ animales y productos como el *balche*,⁶ el *telquichpatzin*⁷ y bebidas alcohólicas que causan alguna alteración psicofísica, y que junto con el sueño, el mundo onírico y los estados alterados de la conciencia son modificaciones en la percepción que permiten la comunicación con los espíritus y los dioses. Estas prácticas persisten como manifestaciones de las culturas subalternas en la actualidad, en donde los chamanes, curanderos, brujos, graniceros, y magos

³ Los espeleólogos modernos se sorprenden de hasta donde lograron llegar esos hombres de la antigüedad, sin la iluminación apropiada, y sin los implementos técnicos para superar tiros verticales.

⁴ Que mejor ejemplo que el *xibalbay ocox*, el “hongo del inframundo” de los mayas.

⁵ Se destaca el uso del tabaco como alucinógeno y como instrumento para librarse del tabú subterráneo. Por ejemplo el *pilico* que es una mixtura de tabaco silvestre, *picite* y cal.

⁶ Bebida elaborada con “agua virgen” o *zuhuy ha* proveniente de escurrimientos subterráneos y la corteza del árbol *Lonchocarpus longistylus* fermentado en agua miel.

⁷ Jugo de un bejuco silvestre que se toma después de entrar a la cueva.

aparecen investidos de poderes y atributos más “naturales” que les confieren un papel predilecto, cuando se trata de establecer relaciones con el mundo irracional, que de acuerdo con la significación que tienen para esos individuos, más que irracionales podrían ser considerados como supraconscientes.

Relación tabú—caverna

La caverna es un lugar restringido, ahí residen las entidades sobrenaturales. Para entrar se requiere de una preparación mística, de un permiso, pues el tabú, como fuerza existente en lo subterráneo destruye al hombre profano. Esta condición prevalece, ya que la cueva es receptora de fuerzas sobrenaturales, es la residencia de divinidades, espíritus, seres sobrenaturales y el *alter ego* de otras tantas condiciones espirituales. Ciertas patologías⁸ son consecuencia de un castigo sobre los intrusos que irrumpen en la rigidez prohibitiva de ciertas cavernas.

Relación zoolatría—caverna

El culto a los animales en las cavernas ha sido decisivo; desde las sociedades primigenias, las representaciones rupestres más antiguas lo demuestran al expresar el culto a diferentes especies que se les considera como manifestaciones o encarnaciones de entidades sobrenaturales. En las sociedades con religión, los animales que habitan o que se relacionan con las cavernas se les aprecian como divinidad. El murciélago es el mejor ejemplo en Monte Albán, pero no el único. Es así, como los animales son las encarnaciones temporales de un alma divina o humana, pues el

⁸ Por ejemplo la histoplasmosis es definida en la cultura indígena como “mal de aires”, así también el “mal del susto”.

pensamiento es incapaz de distinguir el espíritu que anima a los hombres, a los otros animales y a las formas divinas.

Relación pintura rupestre—caverna

Las representaciones plásticas más tempranas del hombre las contemplamos en los registros cavernarios de todo el mundo.⁹ *La cueva ha preservado el pensamiento del hombre por milenios.* Es una relación primordial del discurso antropológico. Estas pinturas como magia simpática y no como arte, tienen por intención hacer una copia simbólica fiel de la naturaleza. Conforme transcurre el tiempo, la pintura adquiere nuevas propuestas, dejando atrás la forma pura y natural, para pasar a formas más complejas y abstractas, en donde los ideogramas apenas si logran reconocer las formas naturales de las cuales proceden. La imagen vital que corresponde a los cazadores recolectores que mezcla lo que se ve, y lo que se quiere ver, pasa en las sociedades con religión a un plano de abstracción y simbolismo que encuentra como fase culminante la simetría. Los temas recurrentes son: negativos de manos, afijos numéricos, animales, genitales masculinos, vegetales, seres humanos, chamanes, sacerdotes,¹⁰ seres fantásticos, símbolos religiosos, astros y figuras geométricas.

Relación abastecimiento hidráulico—caverna

Los cuerpos de agua subterráneos han abastecido a la comunidad desde las sociedades cinegéticas, hasta las sociedades cibernéticas del presente. De la caverna con

⁹ Mucho antes que en Europa, las pinturas rupestres mexicanas fueron descritas, primero por Miguel del Barco en 1760 y posteriormente por Clavijero en 1789.

¹⁰ Destaca la representación de sacerdotes en las cuevas olmecas y mayas.

estanque, caudal, manantial o goteo hemos obtenido agua; ya sea con la palma de la mano, por medio de *haltunes*, aplicando obras hidráulicas rudimentarias, o utilizando sofisticadas herramientas de bombeo desprendidas de estudios kársticos.

2. Relaciones transitorias

Situaciones temporales, propias de uno o varios modos de producción que no logran alcanzar continuidad durante toda la cronología. La exposición se ordena considerando el momento en que se inicia esa relación.

2.1 Sociedades primitivas y aldeanas

Relación cinegética—caverna

Los estanques endógenos y epigeos característicos de las espeluncas propician la visita de la fauna, en donde su captura dentro del recinto cerrado se hace más sencilla. Contiguo a los estanques, la pintura rupestre de las sociedades primigenias con motivos zoomorfos se agrega como un auxilio mágico para el cazador.

Relación casa—caverna

Singular aplicación que consiste en construir casas dentro de las cuevas. En regiones áridas de América, las comunidades aldeanas construyeron habitaciones de adobe para recintos sagrados —kivas— a las que denominamos *cliff dwellings*, aprovecharon el abrigo térmico, la ventilación de los vientos que soplan sobre las cañadas, el dominio del paisaje, y la protección por el difícil acceso sobre cantiles. Este modelo se vuelve a aplicar en la actualidad en Teotihuacan con construcciones de tabique y cemento al interior de cuevas.

Relación entierro—caverna

El entierro en cavernas no sólo responde a una condición mítica, es también un hecho conveniente, ya que un cuerpo al ser depositado en una cueva durante el proceso de descomposición no afecta la salud pública; por otra parte, los restos ahí colocados no son alterados, pues las cavernas ofrecen constantes que aseguran la conservación de los restos; también se salvan de depredadores; por el tabú propio de las espeluncas están a salvo de saqueadores; y por último, si se trata de una oquedad seca es posible que los restos se momifiquen. Algunos entierros tienen ofrenda y hasta acompañantes como perros. Entre los entierros secundarios destaca el uso de vasijas u ollas para depositar las cenizas y los huesos. Es posible que algunas cuevas fueran destinadas para entierros de la elite gobernante. Destacan cientos de momias en bultos mortuorios envueltos en tilmas para el norte de México.

Relación conflicto—caverna

Supone actividades tácticas, en donde la cueva es parte de un sistema de defensa, resistencia y estrategia para diferentes tipos de conflictos. Sorprende que desde las primeras sociedades la lucha esté expresada en la pintura rupestre,¹¹ posteriormente en las comunidades aldeanas como en los *cliff dwellings* y Chalchihuites observamos construcciones defensivas. Para Mesoamérica no se manifiestan emplazamientos militares al interior de cavernas, pero en periodos posteriores si. Durante la Colonia como reducto de insurrectos al sistema. En Yucatán para la Guerra de las Castas, también en el siglo XIX como guarida de transgresores de la ley, y en la actualidad con emplazamientos tácticos utilizados por los insurgentes del EZLN en Chiapas.

¹¹ Cueva de San Borjita, Baja California.

Relación almacén—caverna

El almacenamiento de granos se inicia con las comunidades aldeanas en silos. En Mesoamérica la cueva era el almacén mítico de los mantenimientos: agua y alimentos. Durante la Colonia se utilizaron para esconder las armas de los sublevados. Las leyendas dieron a las cuevas desde la Colonia y hasta nuestros días el carácter de depósito para extraordinarios tesoros de oro y plata. En el tiempo de la intervención francesa se guardó el Archivo de la Nación en la Cueva del Tabaco, próxima a Torreón. Para la Revolución de nueva cuenta armas y pertrechos militares.

2.2 Sociedades mesoamericanas

Relación craptofanía—caverna

La fuerza sagrada que sustenta a la caverna en Mesoamérica es la religión. La caverna como sitio sagrado es receptora de la deidad en múltiples formas y advocaciones, se identifican más de 250 atribuciones teológicas¹² que relacionan a la cueva con la religión, el mito y el ritual. El culto prehispánico y las cavernas se vinculan en el concepto del *inframundo*. El inframundo incorpora categorías muy complejas de la lógica religiosa que articula a los mitos cosmogónicos y cosmológicos; el culto a los muertos;¹³ los sacrificios humanos y de animales; el culto a los astros;¹⁴ las fuerzas de la naturaleza como terremotos y

¹² Como ejemplo las deidades menores de advocación acuática relacionadas con las cavernas: chicanes, tlaloques, tlatsinhkeh, chaacs, chaques, balames, yumtziles, aluxes, ángeles, aluxob, balames, camakaman, bacabes, catitos, chaneques, chamucos, chauk, anheles, yeyecatl, chaacob, tepemes, ecatotonti.

¹³ Como lugar de los muertos, *ad inferos*.

¹⁴ Como región de tránsito astral, por ejemplo el culto solar, *sol niger*.

vientos; la permanencia del impulso vital; las deidades ctónicas y acuáticas; el alimento de los hombres; los ritos de paso; la geomancia; y los oráculos entre otras variables. Todas estas jerarquías espirituales definen las relaciones ideales entre los hombres y los dioses que permiten la supervivencia de la sociedad.

Es necesario apuntar que las cavernas no son necesariamente el mismo inframundo, pero al menos son su entrada. Entre los mixtecos y los mayas la entrada es una cueva con un juego de pelota. Como inframundo es el lugar de los muertos, o es al menos el lugar en donde inician su viaje de ultratumba, es también el tránsito subterráneo obligado de los astros, todos estos viajes no son más que un requisito para el nuevo nacimiento. Se encuentran las ambivalencias de la vida y la muerte, los dos aspectos, positivo y negativo, que hacen de la caverna un gran símbolo religioso.

Relación ritual—caverna

El ritual permite a la comunidad momentos de unión y polarización psicológica, hacen que cada individuo se sienta lleno de una fuerza colectiva que habitualmente no percibe, pero que encuentra en los sitios más oscuros, recónditos, secretos e inaccesibles que promueven la excitación. *Es así como la cueva activa las emociones y las dirige a la categoría afectiva con lo sobrenatural.* Las cavernas para este objetivo se modifican con pisos, plataformas, muros, estrechamientos, fuentes de agua, pinturas y petroglifos. Son evidentes los rituales: de paso, los iniciáticos, de bautizo (integración social), de pubertad, etiológicos, de propiciación climática, los ascéticos, los de curanderismo, de magia, de auto—sacrificio, de cambio de poderes civiles y religiosos, los sexuales, de matado de cerámica o

renovación¹⁵ y los funerarios entre los más representativos. *En esos días, introducirse a una cueva significaba la separación de la vida profana.*

Relación oráculo—caverna

Para Bonor (1989) algunas cuevas pudieron tener la función de oráculos naturales, especialmente aquellas en las que se han encontrado espejos, el espejo está asociado a la profecía. Las experiencias visionarias fueron producto de la ingestión de alucinógenos, así por ejemplo los *tlacihque* pronosticaban el tiempo, los períodos de hambruna y las fechas para hacer la guerra.

Relación cosmovisión—caverna

El análisis geomántico¹⁶ vincula a la comunidad con la caverna, permitiéndole explicar la estructura del universo, y por lo tanto ofreciéndole un orden interpretativo del cosmos. *Desde la cueva fue posible difundir los principales conceptos cosmológicos de la antigüedad* construyendo adoratorios, calendarios, observatorios, imaginando constantes matemáticas¹⁷ y plasmando petroglifos y pinturas como instrumentos axiales del simbolismo religioso que se articularon para exaltar un espacio sagrado por debajo de las grandes urbes ceremoniales como en Teotihuacan o Xochicalco. Es así, como se logra concretizar un lenguaje simbólico del paisaje. Para interpretarlo se requiere de una lectura topográfica, donde la geografía es el idioma de los símbolos que establecen un orden; en donde la cueva es el *axis mundi* del universo concebido.

¹⁵ La Solemnidad de Ocná entre los mayas aporta bastos materiales cerámicos provenientes de las cavernas a la arqueología, por ejemplo, en la cueva de Actun Balam se hallaron más de 19,000 bordes.

¹⁶ Interpretación mística de las características geomorfológicas.

¹⁷ Cfr. Montero, 1998:148 y 149.

Relación cosmogonía—caverna

Los mitos cosmogónicos mexicas, mayas, mixtecos, zapotecos y de la mayoría de los grupos étnicos contemporáneos mencionan a *la caverna como prototipo de salvaguarda*, pues la vida sobre la Tierra se ha ido transformando durante eras míticas (Soles) separadas por catástrofes en las que la existencia se pone en riesgo, entonces aparece la cueva como un reducto de salvación. Reducto que a su vez genera cambios, en algunos casos es la metamorfosis donde los hombres se transforman en animales, y los dioses en astros del firmamento. La oscuridad y el ambiente subterráneo son instrumentos didácticos para entender ese tiempo precósmico y caótico que antecede al nacimiento de los astros, los dioses y la vida. La explicación de la vida parte de un cosmos contradictorio, dual, complementado por opuestos que buscan el equilibrio. La cueva toma su lado frente a la dualidad como lo femenino, lo oscuro, lo húmedo, lo inferior; es así como la razón humana encuentra en sus dioses diversas advocaciones con lo subterráneo amalgamados en una conciencia social que parte de una naturaleza que necesita ser incorporada y explicada desde el origen del cosmos.

Relación génesis—caverna

La cueva para los indios mexicanos de ayer y hoy es el lugar de nacimiento colectivo. La importancia de un mito de origen colectivo entre los pueblos se explica por el concepto de la *angustia territorial* (Ernesto de Martino, 1985) en donde todo rasgo relevante del paisaje como la vegetación, las montañas y los cuerpos de agua junto con las cavernas, son testimonios de una época mítica, y de los eventos que allí se produjeron. Es así como se forja una *patria simbólica*. Eliade comprende esta función del mito de fundación respecto a su

carácter histórico y geográfico, en donde la posesión de un nuevo territorio implica la repetición simbólica a partir del mito de esa nueva ocupación. Es así como la cueva se convierte en el emblema de la patria simbólica que es el centro de comunicación entre los hombres. *Ciertamente Chicomoztoc es la respuesta a la angustia territorial de pueblos peregrinantes.* Frente a la diversidad, un punto, una madre y un origen común: Chicomoztoc, el “Lugar de las Siete Cuevas”.

Relación uterum—caverna

En los mitos y ritos prehispánicos de nacimiento la caverna es el arquetipo de la oquedad creadora que es la matriz de la naturaleza humana y divina. En esta abstracción de la naturaleza, entendemos la incertidumbre de la comunidad por explicarse lo que le antecede, y este antecedente está en el útero de la Madre Tierra como un conducto de tránsito entre el tiempo sagrado y el tiempo humano. La caverna es el arquetipo de la matriz como la materialización del *regressus ad uterum* de Eliade. De la tierra brotan los árboles, de donde emerge la vida a través de fauces monstruosas¹⁸ que no son sino la imagen de la misma Tierra. Arqueológicamente se han localizado pasos estrechos y túneles construidos dentro de las cavernas que comunican galerías consagradas, estas construcciones eran indispensables como el arquetipo del útero, por el que los iniciados tenían que pasar arrastrándose para significar su nacimiento en una nueva esencia.

Relación culto acuático—caverna

Las geofomas subterráneas eran deificadas por contener agua. Entre los

¹⁸ Iconográficamente en las fauces de esos monstruos se representa a la caverna.

mayas con Chaac, en Oaxaca con Cocijó, y en el Altiplano con Tlaloc, el culto acuático representa la más importante veneración practicada a las cuevas. El principal pretexto de las visitas fue pedir a los dioses de la lluvia que ahí habitan, la cantidad necesaria para irrigar los campos agrícolas. Es por esta coherencia que se propone que el lugar de nacimiento iconográfico de las deidades acuáticas en Mesoamérica se localice en una cueva, y esta podría ser Juxtlahuaca con una antigüedad de más de 3,000 años según lo apreciamos en sus pinturas rupestres de un jaguar, una serpiente y un sacerdote.

Relación zoolatría mesoamericana—caverna

Las especies reverenciadas son: la abeja, representa la solidaridad con el inframundo; el venado, articulado por la forma de su pezuña con lo femenino; los batracios, su conducta troglófila los relaciona con las cavernas y las deidades menores de la lluvia; las aves, codornices y guacamayas eran sacrificadas en las cuevas; los perros, acompañantes de los muertos por el inframundo; la araña, representación de Mictlantecuhtli que desciende al inframundo; el jaguar, símbolo entre mayas y olmecas del lado nocturno de la vida, del reino del misterio, de la oscuridad, de las tinieblas, de las cavernas, y de todo aquello que implica las fuerzas de la irracionalidad, y lo inconsciente, el jaguar es el Sol al penetrar al ámbito del inframundo, su piel es el cielo nocturno manchado de estrellas; la tortuga, relacionada con deidades acuáticas; la serpiente, por su apariencia y veneno desde tiempos primitivos ha sido objeto de terror y admiración, desde el psicoanálisis se dice que es un vertebrado que encarna la psique inferior, el hombre y la serpiente son opuestos y complementarios, en este sentido, también, hay algo de serpiente en el hombre, tal vez su

falo, es una deidad ctónica relacionada con el origen de la vida; el búho, mensajero del inframundo; el murciélago, por el motivo de vivir en las cavernas es la divinidad que mejor representa al inframundo, fue la deidad más importante en Monte Albán.

Relación pirámide—caverna

Comprende el enlace de estructuras sacralizadas en una sobreposición que permite generar un *axis mundi* de fuerzas místicas impresionantes producto de la adhesión de las regiones cósmicas: el inframundo, por medio de la cueva; el plano terrestre, que es una montaña por la estructura piramidal; y lo celeste por el templo en la cúspide del edificio. Esta tradición mesoamericana describe un proceso evolutivo que parte del Clásico con el uso de espeluncas acondicionadas; posteriormente ante la carencia de oquedades con características geománticas se construyeron recámaras al interior de estructuras para suplir a la cueva como observatorio, tumba o centro ritual; finalmente durante el Posclásico sirviéndose de una compleja abstracción religiosa las cavernas ya no fueron necesarias de manera objetiva, sino simbólica a partir de signos o mensajes que satisfacían el mito propuesto por la clase sacerdotal en las fachadas zoomorfas de los templos como se aprecia en la zona maya.

Relación urbe—caverna

Primero las pirámides y posteriormente la traza urbana de las grandes ciudades fueron generadas por la interpretación geomántica del medio epigeo e hipogeo. Esta cosmovisión alcanza su apoteosis en Teotihuacan.

Relación observatorio astronómico—caverna

La caverna permite observar y determinar con precisión eventos astronómicos desde una cámara oscura que hace evidente el aparente movimiento del Sol a través de una apertura en el techo, estos relojes solares permitían ajustar los calendarios destacando las fechas propias de solsticios, equinoccios y pasos cenitales del Sol como se aprecia en Teotihuacan, Xochicalco, el Cerro de la Estrella, y Monte Albán.

Relación petroglifo—caverna

Ya sea en el Altiplano o en la zona maya, la presencia de petroglifos es un motivo recurrente en la entrada de cuevas sacralizadas. Estos petroglifos nos transmiten un mensaje que se puede interpretar como la delimitación del espacio ritual subterráneo con respecto al secular epigeo; para tal motivo se utilizaron motivos geométricos, abstractos, zoomorfos, fantásticos, y rostros humanos de sencillo trazo en Yucatán a los que he definido como “los guardianes de la cueva”. Por otra parte, destacan por su complejidad de símbolos las representaciones de sacerdotes, como en la gruta de Loltún; en otros casos se contempla a los petroglifos como mapas rituales de las cuevas.

Relación curanderismo—caverna

La cueva ha sido utilizada como un instrumento psicoterapéutico desde la antigüedad. Esta función perdura hasta nuestros días entre los grupos oprimidos, no obstante que los curanderos fueron perseguidos durante la Colonia, y soportan hasta nuestros días la incredulidad de la ciencia médica.

Relación actividades extractivas—caverna

Los principales productos extraídos de las cavernas desde el período prehispánico son: piedra caliza y tezontle para la construcción de templos; arcilla para elaboración de cerámica y medicamentos (Navarrete, cit. por Bonor, 1989:39); cinabrio, como colorante y para realizar amalgamas; nitrato de potasio o salitre, para uso medicinal. Durante la Colonia destaca la extracción de cinabrio¹⁹ como sulfuro de mercurio para la producción de plata. En la actualidad el guano de murciélago, como abono agrícola; y el procesamiento de rocas calizas para la producción de cemento.

2.2 La sociedad colonial

Relación idolatría—caverna

La evangelización católica lanzó al panteón mesoamericano al nivel de la superstición, la magia, el culto demoniaco, y la idolatría. La cueva se convirtió entonces en un reducto para esa ideología subalterna que era sancionada por las estructuras del poder eclesiástico y secular.

Relación resguardo—caverna

Las espeluncas también pudieron ser utilizadas como resguardo, cabe pensar en la iniciativa de ocultación de bienes y objetos rituales por parte de los indios durante el proceso de conquista y evangelización.

Relación marginación—caverna

Para los indígenas insurrectos que se revelaron al sistema colonial, intentando conservar su forma de vida, *la cueva fue un*

refugio durante el proceso de extinción mesoamericano. Sus rituales eran el camino para proteger necesidades específicas que controlaban su mundo físico y social en crisis. Estos cultos, fueron rectores de la “casualidad” adversa a la comunidad campesina, los cuales no contenían un carácter público sino privado, y que políticamente daban cohesión a un grupo marginado y destinado a desaparecer.

Relación santuario—caverna

Durante el proceso de evangelización por sustitución iniciado desde la Colonia, la espelunca no pudo ser excluida del pensamiento religioso indígena, así que en algunos casos extraordinarios fue incorporada al culto oficial, son ejemplo, más no los únicos, los santuarios de Chalma y El Señor de la Cueva en Iztapalapa. La supervivencia del paganismo al lado del cristianismo.

Relación calendario—caverna

Destacan como fechas del santoral cristiano para la visita a cavernas: primer viernes de marzo, para rituales nigrománticos; 22 al 25 de abril, fiesta de San Marcos; 3 de mayo, día de la Santa Cruz; 24 de junio, se abren las cuevas en la noche de San Juan para ofrecer sus tesoros; 28 de agosto, peregrinación al santuario de Chalma; 3 de noviembre, agradecimiento por la temporada de lluvias; y 31 de diciembre, visita a cuevas para la petición de bienes materiales. Queda sancionado entrar a las cuevas durante la Semana Santa.

¹⁹ Como minería.

2.3 Sociedades contemporáneas

Relación ciencia—caverna

Con el capitalismo se produce la primera articulación efectiva entre el conocimiento científico y la naturaleza subterránea. Los modernos espeleonautas se denominan espeleólogos, su tarea es la ciencia de las cavernas. El trabajo espeleológico se acentúa en tres disciplinas: geología, biología y arqueología. En México la disciplina se ha desarrollado en cuatro etapas: 1. Los pioneros del siglo XIX; 2. El letargo de las primeras décadas del siglo XX; 3. Las aportaciones detalladas de Federico Bonet y Cándido Bolívar y Pieltain; 4. La formalización de gremios, agrupaciones y asociaciones con reuniones de especialistas, expediciones y exploraciones sistemáticas de fin de milenio.

Relación mercancía—caverna

La caverna se convierte en medio de trabajo²⁰ adquiriendo la forma de mercancía para la industria turística. El turismo orienta economías locales con la prestación de servicios y el comercio establecido al exterior. A la industria turística se integra la modalidad del “turismo de aventura”. En el mercado moderno, la caverna ha perdido su capacidad mística, quedando reducida a los intereses monetarios del capital.

Relación conflicto ecológico—caverna

Comprende factores que dañan el ambiente subterráneo como: la depredación vegetal, los hacinamientos de basura, los actos vandálicos que destruyen concreciones, el saqueo de espeleothemas, la contaminación

²⁰ Adquiere esta forma cuando la estructura productiva desequilibra el ecosistema natural e introduce un artificio ambiental.

de los cuerpos de agua, la captura de especies animales, el saqueo arqueológico, la extracción ilegal de fósiles, y las horribles cicatrices del *graffiti*. Es así como la sociedad moderna rompe el equilibrio ecológico de los reductos ambientales menos alterados en toda la historia de la humanidad

Relación nacionalismo—caverna

Por medio de la exaltación de la geografía autóctona se busca fortalecer un discurso de identidad nacional para un país heterogéneo en crisis política y económica. Las expresiones artísticas emitidas desde el siglo XIX y el caso extraordinario del Monumento Nacional a la Bandera, en el río subterráneo San Jerónimo²¹ van dirigidas a ese objetivo político.

Relación espeleismo—caverna

Propuestas de las sociedades urbanas contemporáneas que contemplan a las cavernas como un sitio adecuado para el esparcimiento, la diversión, y el deporte.

Bibliografía.

- Bonor, J. L. 1989.** *Las cuevas mayas: simbolismo y ritual*. Editorial de la Universidad Complutense de Madrid. Instituto de Cooperación Iberoamericana. Madrid, España. 459 pp.
- Heyden, D. 1988.** *México, origen de un símbolo*. Departamento del Distrito Federal. México. D.F. 198 pp.

²¹ Único monumento subterráneo a una insignia en el mundo, se le rinde homenaje el domingo más cercano al 24 de febrero.

Lazcano, C. 1986. *Las cavernas de la Sierra Gorda.* Universidad Autónoma de Querétaro, Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología y Sociedad Mexicana de Exploraciones Subterráneas. Querétaro, México. 205 pp.

Montero, I. A. 1998. *Las formaciones subterráneas naturales en la historia de México.* Tesis Maestría Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. 498 pp subterráneo durante el Proyecto Arqueológico Cerro de la Estrella, 97-98. Méx. D.F. 39 pp.

Martino, E. de. 1985. *El mundo mágico.* Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F. 438 pp.



Sitio Arqueológico de Sacbé, Yucatán, México. Foto: Expedición Franco-Mexicana de Espeleobuceo FFS-FFESSM

ANTROPOLOGÍA Y PATRIMONIO EN EL ESTUDIO DE CUEVAS.

Mtra. Sandra Cruz Flores. *Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural. INAH.*

Abstract: After our fieldwork, we expose which are the elements to explain the value that caves have for individuals and groups. The interaction of different disciplines gives a sense of the co-responsibility of this heritage and its future.

Résumé: Après nos travaux sur le terrain, nous exposons les éléments qui expliquent la valeur que les cavernes ont pour des individus ou des groupes. L'interaction de différentes disciplines donne un sens de co-responsabilité de cet héritage et de son futur.

Introducción.

¿Qué relación existe entre la tradición de los sombreros tejidos con palma de jipijapa en Campeche, las peticiones de lluvia para las milpas entre los tzeltales, la extraordinaria conservación de los fardos mortuorios prehispánicos en el norte de México, la obtención del barro para la cerámica del Día de Muertos en la región maya, el estudio de poblaciones de ácaros, la identificación de yacimientos minerales, y las pinturas y grabados con más de 8,000 años de antigüedad en el noroeste de nuestro país?

¿Qué relación existe entre estos aspectos y qué relación tienen con el tema de las cuevas?.

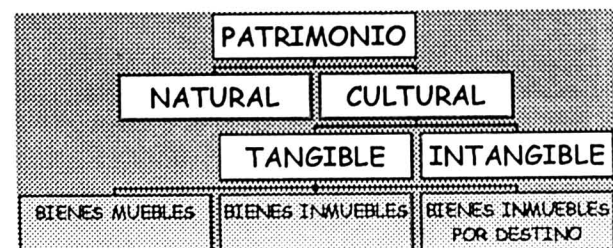
Parecerían ser hechos inconexos, pero todos y cada uno de ellos son ejemplos elocuentes que nos hablan de muy diversas relaciones que el hombre ha establecido con las cuevas a través del tiempo, desde el pasado remoto hasta nuestros días.

Dan cuenta de relaciones funcionales, productivas y simbólicas, que hoy en día atraen la atención de numerosos campos de estudio hacia las oquedades naturales. Desde las diversas ciencias: exactas, naturales o sociales, estos contextos han sido y son objetos de estudio de un creciente número de investigadores.

Más allá de la fascinación que estas formaciones geológicas despiertan por su naturaleza en quienes se aventuran en ellas, ya sea por sus características físicas, por ser hábitat de diversas especies animales y vegetales o por el reto que la sola incursión en ellas representa; las cuevas son sitios de excepcional importancia en el devenir humano y por ello, constituyen un tema relevante desde la perspectiva antropológica.

Nuestro patrimonio.

Diferentes disciplinas estudian tanto los hechos y fenómenos naturales o culturales generados o relacionados con las cuevas, como los productos derivados del uso de ellas. Existe una noción que nos permite relacionar y asir estas manifestaciones tan vastas como diversas, y esta es la noción de patrimonio.



El patrimonio está integrado así, por el conjunto de elementos, tanto tangibles

como intangibles, que tienen un significado para los grupos humanos, y cuyo reconocimiento en una sociedad dada está expresado a través de muy diversos valores tales como los científicos, estéticos, económicos, sociales, históricos, entre otros.

El patrimonio constituye la base que vincula a los hombres entre sí, que provee elementos para encontrarnos entre la diversidad, que permite reconocer nuestra identidad y que tiende los lazos que reafirman la pertenencia a un grupo humano dado.

El patrimonio, en su dimensión más amplia, abarca la naturaleza y la cultura, de tal forma que hablamos de patrimonio natural y de patrimonio cultural. El primero, se encuentra íntimamente relacionado con los recursos existentes en la naturaleza y que representan satisfactores directos o potenciales materias primas para la sobrevivencia y desarrollo humano. El segundo, se refiere a todas aquellas manifestaciones derivadas de las diferentes formas de vida de los grupos humanos y que dan cuenta tanto de sus coincidencias como de sus diferencias a través del devenir histórico, abarcando todas las esferas del quehacer humano.

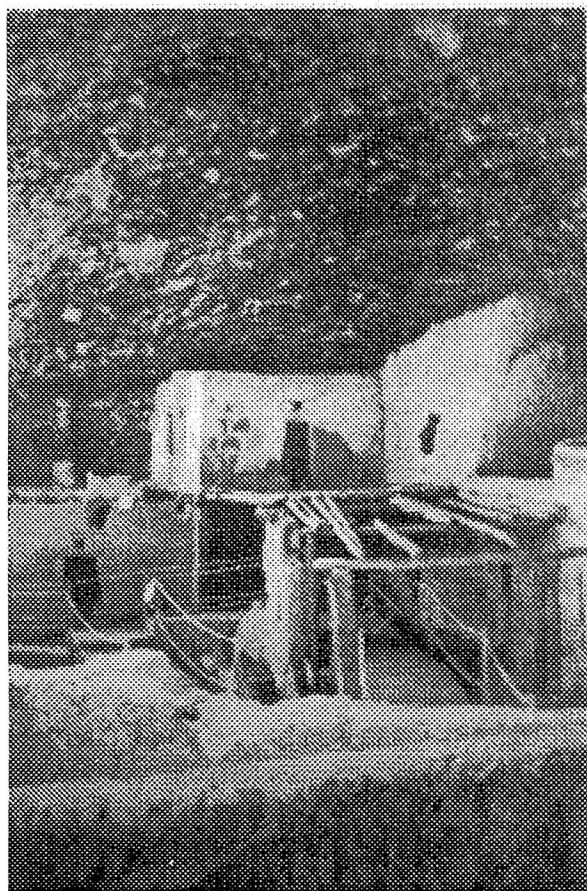
En su aspecto intangible, el patrimonio cultural abarca elementos tales como la música, la danza, la tradición oral, las creencias mágicas y religiosas; en su aspecto tangible, existe una clasificación internacionalmente aceptada que agrupa a todos los productos derivados de la creación humana en tres categorías: bienes muebles, bienes inmuebles y bienes inmuebles por destino.

El patrimonio y las cuevas.

Y en este contexto, reconocemos que las cuevas, por sí mismas, son patrimonio y que además resguardan y nos legan otras múltiples formas de patrimonio, las cuáles son sumamente ricas e incluso se nos antoja sugerir que su verdadera magnitud es aún incalculable.

Por ejemplo, por su propia conformación, ecología característica, o por los particulares procesos de su génesis, ¿quién no reconoce como un valioso patrimonio natural las magníficas formaciones espeleológicas en las cámaras y túneles de la cueva Actún Cot o Caverna de las Albarradas, en la Península de Yucatán?, o ¿el Sótano del Barro, en Querétaro, con uno de los tiros más profundos del mundo?. Podemos imaginarnos así, muchos sitios más que aguardan aún ser descubiertos y estudiados.

Y en el aspecto cultural, ¿no son las cuevas contenedores y receptáculos de las más diversas formas de aprovechamiento humano?. Podemos hablar de usos habitacionales, en variedades que van desde resguardos transitorios, temporales o estacionales hasta con carácter permanente, ejemplos sobresalientes son los complejos habitacionales edificados en las cuevas y abrigos rocosos en la zona arqueológica de Las Cuarenta Casas, en Chihuahua, cuyas construcciones son reconocidas como importantes bienes inmuebles prehispánicos.



Construcciones de tierra (bienes culturales inmuebles) en la cueva de Las Ventanas, zona arqueológica de Las 40 Casas, Chihuahua

Otro ámbito de usos es aquél relacionado con actividades productivas, tal como el empleo de las oquedades para la elaboración artesanal, digamos: talleres de trabajo de lítica en la época prehispánica; manufactura de sombreros, los ya mencionados de palma de jipijapa, en la época contemporánea en Campeche. Así como la obtención de materias primas, tales como arcilla, piedra, agua, yeso, sascab o la procuración de algunas especies animales, como aves o roedores, para consumo.

Otros usos son los relacionados con asociaciones simbólicas, tema abordado por autores como Heyden (1975, 1976), Montero (2000), Cruz (2000); que abarcan los más diversos aspectos: mitos cosmogónicos y de

nacimiento, comunicación con el inframundo, cultos acuáticos, celebración de ritos iniciáticos y de paso, rituales mortuorios y relaciones astronómicas, entre otros. Estos usos, han dejado plasmada su huella en las cavidades a través de una gran cantidad de bienes culturales muebles como son: piezas de cerámica, esculturas en piedra o madera, objetos de hueso y concha, instrumentos musicales, efigies religiosas y todos aquellos elementos que podrían depositarse como ofrendas o haber sido empleados en algunos de los ritos celebrados en las cuevas. En cuanto a bienes inmuebles por destino sobresalen las manifestaciones gráfico-rupestres, esto es, pintura y grabado, plasmadas en las paredes de las cavidades y cuyo significado se liga fuertemente con creencias mágico-religiosas, basta citar, en este caso al complejo gráfico-rupestre de la Sierra de San Francisco, en Baja California, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.



Desarrollo de un ritual al interior de una cueva en el Norte de México

La antropología y las diversas perspectivas de estudio de las cuevas.

Contando con este panorama, reconocemos entonces, la importancia de los estudios de cuevas, porque en ellas se encuentran de la forma más integral e indisoluble manifestaciones únicas e irrepetibles del patrimonio natural y cultural.

Por ello, tanto las ciencias naturales como las antropológicas desarrollan orientaciones dirigidas a comprender, desde sus diferentes objetos de estudio, algunos aspectos de estos contextos y numerosos investigadores se adentran en ellas, enfrentándose a un sinnúmero de retos: desde los teórico-científicos en el planteamiento de los proyectos de investigación, los logísticos para el desarrollo del trabajo en campo, hasta los pragmáticos en lo referente a los aspectos técnicos de la incursión subterránea.

Si bien, las cuevas pueden ser generosos contextos que muchas veces aguardan la llegada de los investigadores para compartir sus secretos, también exigen de ellos acercamientos respetuosos y responsables, indistintamente de la disciplina en la que se desarrollen.

En este punto de las consideraciones, la perspectiva antropológica aporta los elementos para reconocer la dimensión humana en la relación con las oquedades, permitiendo comprender los diferentes significados y valores que las cuevas han tenido para los grupos humanos, pero sobre todo, nos permite valorarlas en la justa dimensión que tienen ahora, por sus aspectos culturales y naturales, permitiéndonos ser sensibles ante las distintas formas de relación que otros individuos, grupos humanos o disciplinas desarrollan hacia éstas y a partir de ello, respetarlas.

Indistintamente de la perspectiva de estudio con que se aborden las cuevas, sea: biológica, geológica, médica, psicológica, económica, estética, histórica, antropológica, o cualquier otra, a los investigadores se les plantea la necesidad de reconocer que toda incursión altera, en mayor o menor grado el contexto espeleológico y que puede llegar a

desvirtuar elementos que constituyen el objeto de interés de otras disciplinas, así como afectar las formas de relación de las comunidades vinculadas con las cuevas, principalmente si se les atribuye una connotación simbólica, hecho que proviniendo de la época prehispánica persiste aún, de forma muy profunda entre diversos grupos indígenas o tradicionales en todo el país.

Desde esta perspectiva antropológica y sensible ante el patrimonio ¿cómo podemos asumir responsablemente nuestras incursiones y el estudio de cuevas desde nuestras diversas disciplinas o especialidades?. La experiencia nos ha permitido identificar algunos aspectos que contribuyen a que seamos partícipes de aproximaciones respetuosas y responsables hacia estos contextos:

- Reconociendo que la vinculación entre el hombre y las cuevas ha sido permanente, desde los tiempos más antiguos hasta nuestros días. Y que estas formas de vinculación se han manifestado de las maneras más diversas.

- Reconociendo que las cuevas representan por ellas mismas y por los elementos que albergan, un patrimonio natural y cultural que merece ser valorado, protegido y conservado.

- Comprendiendo que siempre existen individuos o grupos humanos vinculados de formas semejantes o distintas a la nuestra, con las cuevas, independientemente de lo aisladas o lejanas que puedan parecer estas cavidades.

- Siendo sensibles y teniendo por principio fundamental el no agredir con nuestras incursiones o estudios, ya sea de forma

intencional o imprudencial, la relación que otros tengan hacia la cueva.

- Mostrando un comportamiento respetuoso ante las creencias místicas que las comunidades vinculadas con las cuevas tengan, reconociendo los códigos, explícitos o tácitos de aproximación o incursión en las cuevas y acatando las restricciones que puedan existir respecto a ello; aunque esto difiera de nuestras propias creencias.

- Siendo conscientes de que toda incursión produce alteración en las cuevas, que la sola presencia del investigador es una alteración en sí misma.

- Buscando las formas de minimizar el impacto que la incursión produce en el ambiente de las cuevas y respetar a las formas de vida en ellas, los microambientes, las huellas de uso así como a los vestigios culturales.

- Comprendiendo que por sus características físicas y microambientales, las cuevas pueden ser valiosas reservas de materiales culturales, por lo que en caso de que existan vestigios arqueológicos, éstos no deben ser alterados, ya que la ubicación y posición, las asociaciones y el estado en que se encuentran son fundamentales para los estudios arqueológicos. Perder o alterar estos aspectos, implica perder la posibilidad de llevar a cabo una interpretación cultural.

- No siendo indiferentes ante saqueos o deterioro de las cavidades o de los elementos naturales o culturales que pueda haber en su interior, dando aviso a las autoridades correspondientes.

- En caso de que las cuevas continúen en uso, como puede ser el uso ritual, incursionando en ellas sólo si se cuenta con el permiso expreso de quienes las emplean y ésto sin alterar los objetos que puedan haber

sido o que estén siendo parte de rituales o ceremonias.

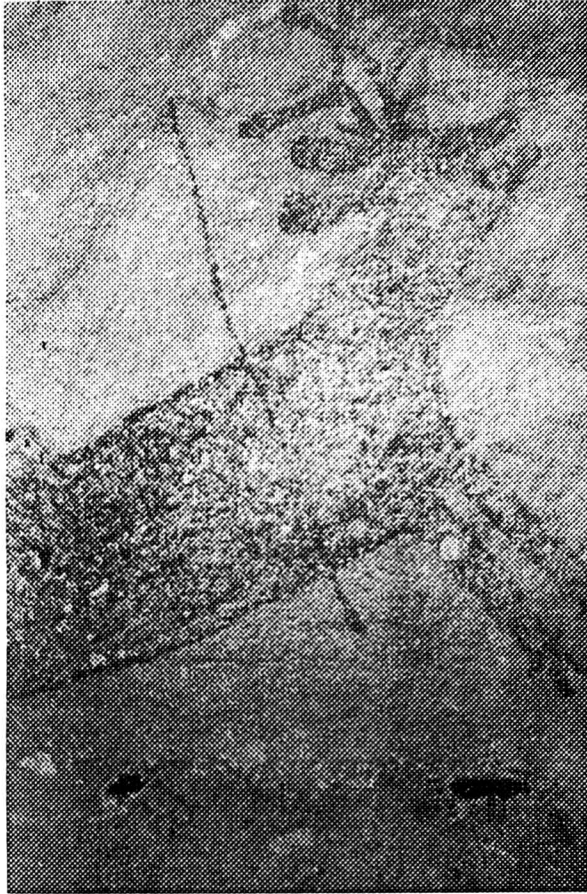
- Buscando las alternativas para hacer partícipes a las comunidades vinculadas con las cuevas de los objetivos y alcances de los estudios que se emprendan.

- Retroalimentando el conocimiento de las comunidades con los resultados de los estudios llevados a cabo. Esto es, asumiendo un compromiso de reciprocidad ante ellas.

- Buscando las formas de difundir los estudios que se emprendan para incrementar el ámbito académico y de opinión pública en torno a la importancia de los estudios de cuevas.

- Reconociendo que el patrimonio en cuevas forma parte de una unidad indisociable, de un todo, cuya comprensión será mayor mientras mayores elementos seamos capaces de vincular y correlacionar; ello lleva a que propiciemos la vinculación entre diferentes disciplinas para intercambio de experiencias entre éstas y colaboración en el estudio de las oquedades. Esto es, construyendo un ámbito de trabajo conjunto.

El conducirnos de acuerdo con los aspectos señalados anteriormente, lleva ventajas en el aspecto más práctico y evidente al permitir no sólo mejorar las condiciones en que se realiza el estudio específico, estableciendo buenas relaciones con los habitantes del lugar o quienes se vinculan con las cuevas; sino desde el punto de vista más profundo, representa la oportunidad de poder compartir y enriquecer nuestro conocimiento con el saber y el legado de los pueblos de cada región, reconociéndonos también como herederos del legado natural y cultural representado por las cuevas y contribuir conscientemente a su conservación y protección.



Detalle de una pintura rupestre que se ha conservado en una cueva de la Sierra de San Francisco, Baja California

Consideraciones finales.

Habría que puntualizar que reconocer y respetar los aspectos inherentes a las cuevas y a su uso humano, pasado o presente, independientemente de que éstos desborden el ámbito de nuestros intereses particulares de estudio, nos permiten, como investigadores y como seres humanos vernos beneficiados con el enriquecimiento de nuestras perspectivas de vida y profesionales, así como convertirnos en aliados conscientes de otras disciplinas.

El reconocer en las diversas manifestaciones culturales en las cuevas, así

como en sus elementos naturales, nuestro propio patrimonio, y el contribuir a su conservación, equivale a hablar de la construcción de una corresponsabilidad ante el legado común y a vislumbrar su permanencia y transmisión al futuro.

Finalmente, a manera de conclusión deseo compartir un pensamiento inspirado en el sentir desarrollado dentro del ámbito antropológico:

“ Los hechos, los seres y los bienes que el investigador encuentra en las cuevas o vinculados con éstas, no son de su propiedad exclusiva, para tratarlas como a él le plazca, o de una forma tan negligente como él escoja. Estos, son un legado directo de la naturaleza o de la actividad cultural a nuestro presente y a nuestra realidad; y el investigador sólo es el intermediario privilegiado a través de cuyas acciones y estudios son conocidos; y si por descuido, negligencia o ignorancia, degrada o aminora la suma de conocimiento que debe haber sido obtenida de estos elementos; sabrá, en su propia intimidad que es culpable de un serio atentado. La destrucción del patrimonio es tan penosamente sencilla como tan irremediablemente irreparable”.

Bibliografía.

- Cruz, S. 2000.** *Cuevas con Ocupación Prehispánica en el Norte de México: Dos Estudios de Caso en el Sureste de Durango.* Tesis de Maestría en Antropología (Arqueología). Facultad de Filosofía y Letras/ Instituto de investigaciones Antropológicas, UNAM, México. 458 pp.

Heyden, D. 1975 An Interpretation of the Cave Underneath the Pyramid of the Sun in Teotihuacan, México. *American Antiquity*, 40:131-147.

Heyden, D. 1976. Los Ritos de Paso en las Cuevas. *Boletín del Insituto Nacional de Antropología e Historia*, 19, época II:17-26.

Montero, I. A. 2000. Las Formaciones Subterráneas Naturales en la Historia de México. Tesis de Maestría en Historia de México. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. 498 pp.

LOS DIFERENTES APORTES DE ENERGÍA EN LAS CUEVAS

Saúl R. Castañeda Contreras. *Taller de Biología de Suelo y Cuevas. Lab. de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Depto. Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM.*
E-mail: saulrcas@hotmail.com

Abstract: Caves represent environments with very peculiar conditions, very related to the ecosystem. Most of the cave fauna depends on the energy from outside, because it is alloctonous. Exchange of matter and energy is produced through physics (water flows and infiltrations, wind and sedimentation) or through biological phenomena (the movement of animals and nutriments through the roots of the plants).

Resumé: Les cavernes et grottes représentent des environnements dont conditions très particulières, liées à l'écosystème. La majeure partie de leur faune dépend de l'énergie extérieure, parce qu'elle est alloctone. L'échange de la matière et de l'énergie est produit par des phénomènes physiques (écoulements et infiltrations d'eau, vent et sédimentation) ou biologiques (mouvements des animaux et des matières nutritives a travers les racines des arbres).

INTRODUCCIÓN

Generalmente las cuevas se describen como ambientes muy estables donde la temperatura es constante, cercana a la media anual de la superficie donde se encuentran, ambientes con humedad relativa

alta y con bajos niveles de O₂, altos niveles de CO₂ y oscuridad total.

También se les considera como ecosistemas cerrados donde el alimento es muy escaso. Sin embargo, la mayoría de las cuevas dependen casi totalmente de fuentes alóctonas de energía, por lo que se dice que “una cueva sin conexiones con el medio circundante es una cueva sin vida.” (Hoffmann *et al.*, 1986).

Con respecto a la escasez de alimento, aunque en algunas cuevas hay inmensas acumulaciones de guano, como es el caso de Mammoth Cave, donde ha sido explotado a escala industrial (Cano y Martínez, 2000), generalmente la cantidad de materia orgánica que en ellas se encuentra es muy escasa; se ha estimado que en una cueva típica de Estados Unidos, la cantidad de biomasa que existe es menor de 1 gr/ha en pozas y de 20 gr/ha en pasajes terrestres (Arita, 1994).

EL AMBIENTE CAVERNÍCOLA

La oscuridad es una característica muy importante, ya que debido a la ausencia de luz no hay fotosíntesis dentro de las cuevas, a excepción de las entradas o debajo de las claraboyas donde la poca luz que se cuela permite que crezcan algunas plantas. Pero en general, la producción autotrófica es insignificante y son ecosistemas basados en detritos y no en vegetales como los epigeos.

El agua juega un papel primordial en la formación de las cuevas, así como también lo hace en el mantenimiento de los ecosistemas cavernícolas. Las inundaciones aportan la mayor parte de la materia orgánica que hay en muchas cuevas y los

periodos de lluvias y sequías regulan el ciclo de vida de la biota cavernícola (Orval, 2000).

DIFERENTES APORTES DE ENERGÍA

El aporte energético que realiza el agua se puede dividir en dos: materia orgánica arrastrada y materia orgánica disuelta. La materia orgánica arrastrada, consiste en ramas, hojas, troncos, cadáveres, etc., que se depositan en los pasajes mayores, constituye la fuente de energía más importante para las comunidades terrestres. Un ejemplo de este aporte lo constituyen los cadáveres, éstos, en el interior de la cueva, son colonizados por hongos, bacterias, larvas de dípteros, coleópteros, colémbolos, etc.

En un estudio realizado en Inglaterra por Terrer-Nield & MacDonald (1997), se encontraron 33 especies de invertebrados en cadáveres de ratas que fueron colocados a diferentes distancias de la entrada. Aunque el número de especies disminuía conforme aumentaba la profundidad, la proporción de organismos cavernícolas presentes en los cadáveres aumentaba.

El agua que se percola a través de las fisuras, arrastra verticalmente detritos y sustancias coloidales que constituyen la principal fuente de alimento para los organismos que viven en el ambiente mesocavernoso (Howarth, 1983), que es la red de conductos y cavidades que van desde 1mm hasta 20 cm. de ancho. Muchos organismos troglobios viven en estas mesocavernas ya que las condiciones de temperatura y humedad son aún más estables.

La materia orgánica disuelta por otro lado, es la más importante fuente de energía para las comunidades acuáticas. Otra fuente

de energía en los ecosistemas cavernícolas son las raíces de los árboles.

Las raíces que penetran profundamente en el suelo y perforan el techo de las cuevas sostienen complejas comunidades biológicas (Cano y Martínez, 2000), que a veces no son tomadas en cuenta en los levantamientos biospeleológicos ya que se les confunde con organismos edáficos.

Este fenómeno ocurre generalmente en zonas tropicales como en los tubos de lava en Hawaii y la península de Yucatán donde este aporte de energía es muy importante.

Otra fuente tan importante como la materia arrastrada por el agua es la que introducen los troglóxenos.

Los troglóxenos son organismos ajenos a las cuevas pero que se pueden encontrar en ellas como habitantes ocasionales y no presentan adaptaciones a la vida cavernícola. Entre estos se encuentran artrópodos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Los grillos Rhabdophoridae son los artrópodos troglóxenos mejor conocidos. Estos se encuentran en las entradas, pero muchas especies penetran a zonas más profundas de la cueva para alimentarse y ovipositar, incluso algunas especies usan las mesocavernas para migrar (Howarth, 1983) dejando sus excrementos y huevecillos como aporte energético.

Otros artrópodos troglóxenos con importantes contribuciones energéticas a las cuevas son las hormigas. Alrededor de sus nidos concentran grandes cantidades de materia orgánica que permite el crecimiento de hongos y bacterias. Dentro de algunas cuevas de Yucatán, hormigas de los géneros

Atta y *Acromyrmex*, forman basureros donde se establecen grandes poblaciones de artrópodos, principalmente de ácaros (Castaño-Meneses, 2001).

Dentro de las aves encontramos a los Guácharos (*Steatornis caripensis*) que descansan en grandes números dentro de las cuevas, o aves del género *Collocalia* del viejo mundo que anidan en la profundidad. Estas pueden navegar en la oscuridad de la cueva mediante la ecolocalización (Howart, 1983). El excremento de estas aves es explotado también por varios organismos constituyendo otra fuente de energía.

Los roedores, como los del género *Neotoma*, también aportan cantidades significativas de materia orgánica, éstos encuentran su camino dentro de la cueva dejando rastros de orina. Además les gusta recolectar objetos diversos y llevarlos a sus madrigueras. En las cuevas, sus excrementos, semillas y materiales vegetales diversos sirven también de alimento para varios organismos.

Pero sin duda, los troglóxenos más importantes son los murciélagos. Numerosas especies de murciélagos utilizan las cuevas como refugios diurnos o albergues temporales por las noches. En México existen alrededor de 60 spp. cavernícolas (Arita, 1994).

Los murciélagos salen al exterior a buscar su alimento y regresan a la cueva donde tiene lugar la digestión con la subsecuente defecación y deposición del guano.

Algunas especies como *Tadarida brasiliensis* pueden formar colonias de hasta 40 millones de individuos, acumulando

verdaderas montañas de guano en las cuevas donde habitan.

Los nutrientes que contiene el guano son utilizados por bacterias y hongos de los géneros *Coprinus*, *Mucor*, *Actinomucor* e *Histoplasma*.

Estos hongos a su vez, sirven de alimento a colémbolos, cucarachas, tisanuros, dipluros, grillos, escarabajos y ácaros. Estos organismos son presa de arácnidos depredadores como ricinúlidos, arañas y pseudoescorpiones. Escorpiones y amblopígididos se alimentan de los anteriores y de insectos más pequeños (Cano y Martínez, 2000).

Las corrientes de agua que pasan a través de las acumulaciones de guano disuelven y arrastran nutrientes de éste, sosteniendo comunidades de organismos acuáticos. Los protozoarios y rotíferos utilizan esta fuente de alimento, convirtiéndose a su vez en presas para pulgas de agua, ostrácodos y copépodos. Peces, decápodos y anfípodos se alimentan de estos últimos (Cano y Martínez, 2000).

Pero también se ha observado en algunas cuevas que los nutrientes del guano ocasionan la eutroficación de sus cuerpos de agua.

La gran cantidad de nitrógeno y fósforo en el agua ocasionan el crecimiento de grandes poblaciones de algas y la disminución de la diversidad (Orval, 2000). Y tal es el caso de la mina Cucaracha en Sonora, que alberga alrededor de 700 murciélagos, tanto insectívoros como nectarívoros. Esta mina recibe su nombre debido a la gran cantidad de cucarachas que ahí viven, y que alcanzan una densidad de 100 individuos por metro cuadrado en las zonas donde se acumula el guano. En la

mina hay una corriente de agua que pasa a través de las pilas de guano y forma un estanque cerca de la entrada. Este estanque está lleno de algas y de renacuajos que se alimentan de ellas (Horst, 1972).

También hay evidencias de que los nutrientes del guano, arrastrados por el agua, no son tan importantes para las comunidades acuáticas como la materia orgánica disuelta que trae el agua del exterior.

Brown (1996) encontró que no había diferencia en la concentración total de carbono orgánico en el agua por encima y debajo de las colonias de murciélagos en Logan Cave, sugiriendo que el guano no era un aporte significativo de energía al ecosistema acuático.

El guano entonces, constituye una fuente de energía muy importante y con una abundante fauna asociada por lo que se le considera como un biotopo particular en los estudios bioespeleológicos, y se ha propuesto la clasificación de guanobios, guanófilos y guanoxenos para la fauna que vive en él.

Hay otras cuevas que cuentan con fuentes de energía autóctona, en estas, los productores primarios son bacterias quimiolitotróficas que metabolizan los minerales produciendo materia orgánica, poniéndola a disposición de los organismos heterótrofos.

La más peculiar de estas cuevas resulta ser Movile, misma que fue descubierta en 1986, cuando se hacían perforaciones para instalar una central térmica en el sureste de Rumania.

Encontraron, a 20 m de profundidad, una red de pasajes de 240 m de longitud parcialmente anegados que contenían una comunidad de invertebrados que dependían

de bacterias quimiosintéticas. Es el único ecosistema terrestre, conocido hasta hoy, que funciona totalmente por quimiosíntesis.

Esta cueva permaneció completamente aislada hasta su descubrimiento, esto es, sin ninguna conexión con el medio epigeo. Los poros de la caliza están colmatados por arcillas por lo que no hay infiltración de agua pluvial, y otra evidencia de su aislamiento es la ausencia de contaminación radioactiva por la explosión de Chernobyl (Lascu *et al.*, 1993).

El único aporte energético en esta cueva es una corriente de agua rica en minerales y sulfuro de hidrógeno, que presumiblemente son de origen magmático.

El productor en Movile, es un velo microbiano constituido por bacterias quimiolitotróficas de los géneros *Beggiota*, *Thiobacillus* y *Thiomicrospira*, que se encuentran dentro de una matriz de hifas fungales de los géneros *Plasmophora*, *Gliocladium*, *Penicillium* y *Trichoderma*. Estos hongos y otras bacterias heterótrofas, se alimentan de las bacterias autótrofas o de las moléculas que excretan, formando el primer eslabón de la cadena alimenticia.

Las bacterias quimiosintéticas oxidan el sulfuro de hidrógeno transformándolo en sulfitos y sulfatos, utilizando la energía liberada de estas reacciones para fijar el CO₂ y transformarlo en materia orgánica, produciendo ácido sulfúrico como producto metabólico (Lascu *et al.*, 1993).

En México tenemos otro ejemplo de este tipo de ecosistema en la cueva de las Sardinas en Tabasco, que aunque no está cerrada y recibe aportes de materia orgánica tanto de murciélagos como de hojarasca, sus aguas sulfurosas mantienen colonias de bacterias quimiosintéticas de color blanco,

estas cuelgan de techo y paredes de la cueva y son llamadas "snootitas".

La cueva también alberga a una variedad de mucílago bacterianos que cubren las paredes y el piso de ésta, de colores verde, pardo y rojo. Sobre el nivel del agua hay una capa de mucílago verde del cual se alimentan densas poblaciones de larvas de dípteros (Hose y Pizarowicz, 1999).

Como podemos ver, las cuevas son ecosistemas donde el alimento es muy escaso, y los organismos que en ellas viven aprovechan cualquier tipo de materia orgánica que encuentren. Podemos resumir los diferentes aportes de energía en las cuevas en cuatro:

- Materia acarreada y disuelta por el agua
- Raíces que penetran en las cuevas
- Materia orgánica introducida por los troglóxenos
- Bacterias quimiosintéticas

LITERATURA CITADA

- Arita, H.T. 1994.** La vida bajo la tierra. *Ciencias*, 36: 50-58.
- Brown, J. 1996.** Population dynamics and growth of Ozark Cavefish in Logan Cave National Wildlife Refuge, Benton County, Arkansas. Master's thesis, University of Arkansas, Fayetteville, Arkansas. 105 pp.
- Cano, Z. & J. Martínez. 2000.** *Las cuevas y sus habitantes*. La ciencia para todos. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 165 pp.
- Castaño-Meneses G. 2001.** El papel ecológico de las hormigas en ambientes cavernícolas. *Mundos Subterráneos*, 11-12: 5-9.
- Hoffmann, A., J. G. Palacios-Vargas & J. B. Morales-Malacara. 1986.** *Manual de Bioespeleología*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 274 pp.
- Horst, R. 1972.** Bats as primary producers in an ecosystem. *Bulletin of the National Speleological Society*, 34: 49-54.
- Hose, L.D. & J.A. Pizarowicz. 1999.** Cueva de Villa Luz, Tabasco, México: Reconnaissance study of an active sulfur spring cave and ecosystem. *Journal of Cave and Karst Studies*, 87:13-21.
- Howarth, F.G. 1983.** Ecology of cave arthropods. *Annual Review of Entomology*, 28: 365-389.
- Lascu, C., R. Popa, S. M. Sarbu, L. Vlasceanu & S. Prodan. 1993.** La cueva de Movile: Una fauna fuera de tiempo. *Mundo Científico*, 141: 1032-1038.
- Orval, G.G. 2000.** Ecosystem dynamics of an ozark cave. Dr. Ph. Thesis, University of Arkansas. 89 pp.
- Terrell-Nield, C. & J. MacDonald. 1997.** The effects of decomposing animal remains on cave invertebrate communities. *Cave and Karst Science*, 24: 53-63

FUENTES DE ENERGÍA EN AMBIENTES CAVERNÍCOLAS: EL CASO DE LOS MICROARTRÓPODOS

Daniel A. Estrada Bárcenas. *Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM 04510 México, D. F. 5622-4902 E-mail: biodan@hotmail.com*
Proyecto CoNACyT 33965-N

Abstract: Caves are closed ecosystems where energy is not available to man. So it is not possible to obtain food, except for snakes, opossums and even dogs, which can feed on bats. For microarthropods, caves are an environment with many possibilities, quiet, with few variations and constant conditions (darkness, and little disturbances, temperature or humidity variations).

Resumé: Les cavernes sont des écosystèmes fermés, où l'énergie n'est pas disponible pour l'homme. Ainsi il n'est pas possible d'obtenir la nourriture, excepté des serpents, sarigues et chiens, qui peuvent s'alimenter de chauve-souris. Pour les microarthropodes, les cavernes sont un environnement offrant beaucoup de potentialités, tranquille, aux conditions constantes (obscurité, peu de variation de température et d'humidité).

Las cuevas, son ecosistemas cerrados con un aporte energético, en el aspecto antropocéntrico, casi nulo, es decir, la posibilidad de obtener alimento a partir de éstas, es muy improbable, sólo algunos mamíferos se alimentan de algunos murciélagos que habitan en este ambiente, como tlacuaches, perros salvajes, o distintas

serpientes como boas. Para la mayoría de los vertebrados, es un ambiente poco apropiado, debido a la cantidad de alimento que ellos requieren. Sólo algunos sobreviven en este ambiente por que necesitan poca energía por su tamaño pequeño como en algunos peces o la posibilidad de no alimentarse tan recurrentemente como el anfibio urodelo: "El Proteus", que se tiene registro que puede carecer de alimento más de tres meses (Cano & Martínez, 1999).

En el caso de los microartrópodos, las cuevas son un nicho abierto de posibilidades, con tranquilidad, poca perturbación y condiciones ambientales constantes, como oscuridad, temperatura sin mucha variación, la mayoría con un aporte hídrico. El término *microartrópodo*, lo definió por primera vez Rappoport en 1959 en su trabajo algunos aspectos de la biología del suelo refiriéndose a Van der Drift ocho años atrás, separándolos en una escala arbitraria pero que nos da una panorámica de los distintos grupos faunísticos, en un intervalo de 0.2 a 2 mm. La diversidad de microartrópodos se caracteriza por tener un cuerpo segmentado, además de tener apéndices articulados, entre ellos se encuentran: escarabajos (Coleoptera), hormigas (Hymenoptera), larvas de mariposas (Lepidoptera), larvas de moscas (Diptera), proturos (Protura), colémbolos (Collembola), arañas (Aranae), ácaros (Acari), ciempiés (Chilopoda), milpiés (Diplopoda), cochinillas (Crustacea), y paurópodos (Pauropoda). De acuerdo a los distintos aportes de energía, se pueden clasificar los microartrópodos en filtradores, detritívoros, parásitos, guanobios, depredadores y/o bacteriófagos (Juberthie & Dacu, 1994, 1998).

En el agua encontramos los microartrópodos filtradores que se alimentan de la materia orgánica, que puede venir desde restos vegetales o de los residuos de los escurrimientos, entonces, estos seres también

pueden ser depredadores de organismos unicelulares como protozoos o de bacterias, los principales representantes son los de la clase Crustácea, como copépodos, cladóceros, anostracos, anfípodos, conostracos, ostrácodos, todos éstos son conocidos como pulgas de agua, o por ejemplo las artemias, aunque no nos podemos olvidar de que existen otros más grandes como los decápodos, que aunque no son microartrópodos, son importantes en el ambiente acuático, el ejemplo claro de éstos son los camarones y cangrejos. Aunque también existen algunos insectos como los hemípteros gérridos o los Belostomatidae también llamado patinadores, además de algunos coleópteros acuáticos.

El aporte vegetal crea grandes comunidades dentro de la cueva, tanto que existen algunos troglobios que sobreviven de este aporte energético, ellos degradan la hojarasca, pequeños troncos y se encargan de la putrefacción, en conjunto con algunas bacterias y hongos. Aquí encontramos colémbolos, caracterizados por la carencia de ojos, o disminución de éstos y grandes sedas, que son características troglomórficas como *Arrothalites*, *Trogolaphysa*, o algunos no tan especializados como los de la familia Neanuridae por ejemplo *Americanura*. Una diversidad sorprendente de ácaros de distintos órdenes como oribátidos, prostigamados y astigmados. Algunos otros grupos como crustáceos terrestres, isópodos llamados comúnmente “cochinillas”, con ausencia de pigmentos. Aunque podemos encontrar algunos otros grupos sin estas adaptaciones en cuevas como dipluros, proturos o distintos coleópteros por ejemplo de la familia Staphinylidae, todos éstos son muy importantes por su labor de descomponedores primarios.

Otro aporte energético, son los murciélagos, que puede ser directa o indirectamente. Directamente ellos son la base

de algunos microartrópodos parásitos como dípteros y ácaros que se alimentan de su sangre, pero estos son tan específicos que se han dado base para ver distintas especies de estos quirópteros, y diferencias en su distribución.

Indirectamente ellos producen, por medio de sus heces fecales; el guano, que es un medio en el cuál tiene condiciones constantes y ricas en compuestos nitrogenados en los que se pueden encontrar diversos organismos como, larvas de coleópteros, larvas de dípteros y ácaros. La abundancia en este medio es tal que se han encontrado más de 1,000 organismos en una muestra de 500 cm³.

En estas comunidades también existe otra categoría: los depredadores, como son los pseudoescorpiones que son expertos cazadores para devorar otros microartrópodos, aunque también se encuentran otros grupos, como arañas, esquizómidos, ricinúlidos o palpígrados, aunque no son exclusivos del guano. Pero también otros muy característicos y de mayor talla como son los ambliplígidos y opiliones.

Un caso muy especial son los artrópodos bacteriófagos. Como hemos visto, todos los aportes de energía vienen principalmente del exterior, como la hojarasca, la materia orgánica y los propios murciélagos. Pero hay ciertas cuevas que tienen su propio aporte de energía que es el azufre, se han registrado varias cavidades con la presencia de bacterias que aprovechan la energía pasando de H₂S ácido sulfhídrico a ácido sulfúrico incorporando oxígeno, esta es una reacción exotérmica en donde la energía es aprovechada por estos organismos, creciendo sin la necesidad de energía solar o de algún aporte externo, algunos autores han propuesto que hasta puede ser similar a la vida en Marte, por las condiciones similares, pero todavía queda mucho que investigar.

Las cuevas donde se han registrado estas bacterias son: La cueva de la Lechuguilla en Nuevo México; en Turkmenia la de Kugitangtou o en la yesera de Tromen; en Nauquen en Argentina. Pero las dos más importantes biológicamente son: la cueva en Movile en Rumania, al lado del Mar Negro, y la cueva de las Sardinias en Tabasco, México

La cueva de Movile está aislada de cualquier contacto exterior, y por investigaciones se ha visto que desencadena una red trófica en los que se incluyen algunos microartrópodos como: pseudoescorpiones, arañas, Symphyla, quilópodos, diplópodos, collembola, diplura, coleópteros, y crustáceos como ostrácodos, cyclopoida, copépodos, anfipodos, isópodos e insectos heterópteros (Sarbu & Pupa, 1992).

En México la cueva de "Las Sardinias" o también llamada Cueva de Villa luz, debido a que se localiza en el rancho del mismo nombre se ubica al sur de Villahermosa. A diferencia de Movile, esta cueva recibe aportes del exterior con una gran cantidad de claraboyas que reciben grandes aportes de hojarascas, además de poseer una colonia inmensa de murciélagos insectívoros de la familia Mormoopidae, dando cámaras con grandes cantidades de guano. Pero la característica principal son las "snootitas" nombre anglosajón que quiere decir "mocositas", por la forma de sus colonias.

Estas colonias de bacterias podrían ser la base alimenticia de algunos microartrópodos. Actualmente se está llevando una investigación por parte de nuestro laboratorio, en donde se encontró cierta relación con un ácaro astigmado, que parece ser una nueva especie.

Las redes tróficas en este ambiente aunque son más cortas y con menos relaciones, son de vital importancia, y los microartrópodos dan un papel fundamental para que estos ecosistemas se mantengan en su estabilidad y lograr su conservación.

Bibliografía

- Cano S. Z. & J. Martínez. 1999.** *La cueva y sus habitantes. La Ciencia para todos. Vol 181. Fondo de Cultura Económica*, México. 164 pp.
- Drift, J. Van der. 1951.** Analysis of the animal community in a beech forest floor. *Tjidschr. Ent.* 94:1-168
- Juberthie C. y V. Dacu. 1994.** *Encyclopaedia Biospeologica. Vol. I* Societé de Biospéologie. Bucarest. Rumania. 834 pp.
- Juberthie C. y V. Dacu. 1998.** *Encyclopaedia Biospeologica. Vol. II.* Societé de Biospéologie. Bucarest. Rumania. 939 pp.
- Rapoport E. H. 1959.** *Algunos Aspectos de la Biología de Suelo. La Burbuja. Universidad Nacional del Sur, Bahía blanca.* 23 pp.
- Sarbu S. M. y R. Pupa. 1992.** A unique chemoautotrophically based cave ecosystem. Pp. 637-666. *In: Camacho A. I. Ed. The natural history of biospeleology.* CSIC. Madrid. España.

CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DEL KARST

Laura Rosales Lagarde. *Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito de la Investigación s/n, C.P. 04510 México, D.F. E-mail: lagarde@servidor.unam.mx*

Abstract: In this contribution we deal with how limestone caves developed. These rocks dissolve most easily and produce a karstic system that is very widespread in surface area and in depth. The important factors for speleogenesis (purity of rocks, size of the grain, permeability, porosity, stratification and climate) are discussed.

Resumé: Dans cette contribution nous traitons de la manière dont les cavernes calcaires se sont développées. Ces roches se dissolvent facilement et produisent un système karstique avec de nombreuses cavernes en surface mais parfois aussi très profondes. Les facteurs importants pour la spéléogénèse (pureté des roches, taille du grain, perméabilité, porosité, stratification et climat) sont discutés.

Karst o carst es un término servocroata que significa campo de piedras calizas y se caracteriza por una hidrogeología y geomorfología (paisaje) característica desarrollada en rocas solubles. Las principales rocas susceptibles a formar paisajes kársticos son rocas carbonatadas (calizas y dolomitas), sin embargo se observa también karst en yeso, sal y en menor grado en conglomerados calcáreos y cuarcitas.

Se facilita el desarrollo del karst cuando se cuenta con un tipo de roca, litología, el cual al disolverse no produce residuos que obstruyan las cavidades por donde circula el agua y que sufra una disolución preferencial a lo largo de ciertos planos. La roca que cumple mejor con estas características es la caliza.

Además las calizas son las rocas solubles más comunes y con posibilidad de generar un sistema kárstico más desarrollado, tanto superficialmente como a profundidad.

Las calizas cubren aproximadamente el 12% de las áreas continentales con un espesor de varios kilómetros y alrededor de 25% de la población mundial bebe agua de acuíferos cársticos (Ford & Williams, 1989). En el caso de México más del 20% de su territorio está afectado por el karst y ciudades como Monterrey, Nuevo León; Saltillo, Coahuila; Ciudad Valles, San Luis Potosí; Ciudad Mante, Tamaulipas; Chilpancingo y Teloloapan, Guerrero, obtienen la totalidad de su agua de acuíferos cársticos (Espinasa-Pereña, 1990).

Pero, ¿qué es una caliza? La caliza es una roca sedimentaria de origen químico y bioquímico compuesta principalmente de granos, matriz y cementante. Los fragmentos o granos pueden ser esqueléticos o no esqueléticos.

Actualmente las calizas se depositan en aguas cálidas (aprox. 25°C), con bajo aporte de arenas y limos del continente y profundidades relativamente bajas.

Los depósitos de caliza comienzan como sedimentos lodosos sin consolidar con una porosidad de 40-80% que al sufrir diagénesis forma una roca consolidada con una

porosidad de 15-5%. La diagénesis ocurre mediante la compactación, cementación, disolución y reemplazo de los minerales originales. Las calizas se clasifican de acuerdo a sus componentes y a la unión entre ellos (textura) en: mudstone, wackestone, packstone, boundstone y caliza cristalina (Dunham, 1962).

La mayoría del material original de la caliza está formado por calcita o aragonita (carbonato de calcio, CaCO_3) precipitados por animales marinos para construir su concha o esqueleto o como heces o como precipitado de los tejidos de las algas. También se puede precipitar un poco de aragonita en la superficie del mar en forma inorgánica. De esta forma se pueden generar 500-1000 g/m^2 de calcita al año.

El más importante constituyente de las calizas es el lodo calcáreo o micrita, el cual se encuentra formando capas completas o sirviendo como matriz. La mayoría se origina como agujas de aragonita de algas, precipita directamente o es materia fina producida por abrasión u otro proceso orgánico. La arena calcárea está formada por pastillas (pellets) fecales, oolitos y fragmentos de esqueletos y conchas. Se pueden formar en ambientes de alta energía como playas, deltas o barreras. Los intraclastos o litoclastos son fragmentos erosionados de mayores dimensiones producidos durante tormentas, por corrientes.

Los arrecifes constituyen un volumen muy bajo de los carbonatos en el mundo pero son espectaculares pues llegan a medir décimas a cientos de metros de alto de coral o algas. Actualmente el coral crece entre una latitud de 30°N y 25°S , en la zona fótica (parte superior del mar donde ocurre la fotosíntesis).

La naturaleza y medio ambiente donde se generen las calizas y las condiciones de diagénesis determinan en gran parte sus propiedades, tales como pureza, textura, espesor de la capa o estrato, etc.

El agua pura no tiene gran capacidad para disolver a la caliza, pero al disolverse CO_2 en ella y generar ácido carbónico (H_2CO_3) se vuelve corrosiva. Este CO_2 puede provenir de la atmósfera (0.03%) y del suelo (>5%) (Ford & Williams, 1989). Esta agua "ácida" disuelve hasta que se genera un cambio en la presión de CO_2 , PCO_2 , lo cual genera otra vez la precipitación del CaCO_3 formando espeleotemas.

Las formas de disolución generadas se observan tanto en superficie: karren o lapiaz, conos, dolinas, etc., como a profundidad formando cavernas. Los sistemas de cavernas más largos alcanzan 500 km (Kentucky, EUA) y más profundos 1.7 km (Kasakstán).

Algunos factores que afectan la disolución de las calizas se muestran en la figura 1.

La mayoría de los rasgos kársticos se derivan del drenaje profundo del agua a acuíferos cársticos.

Los requerimientos para que se produzca carstificación son:

- a) La entrada del agua en un lugar (zona de absorción) y salida de la misma en otro sitio (zona de emergencia o resurgencia), y la diferencia de altura entre ambas necesaria para proporcionar al agua la suficiente energía para su circulación;
- b) La densidad de fisuración, (frecuencia de fracturas y relación planos de estratificación-fracturas).

Variables clave que afectan el control de los procesos de disolución de las calizas

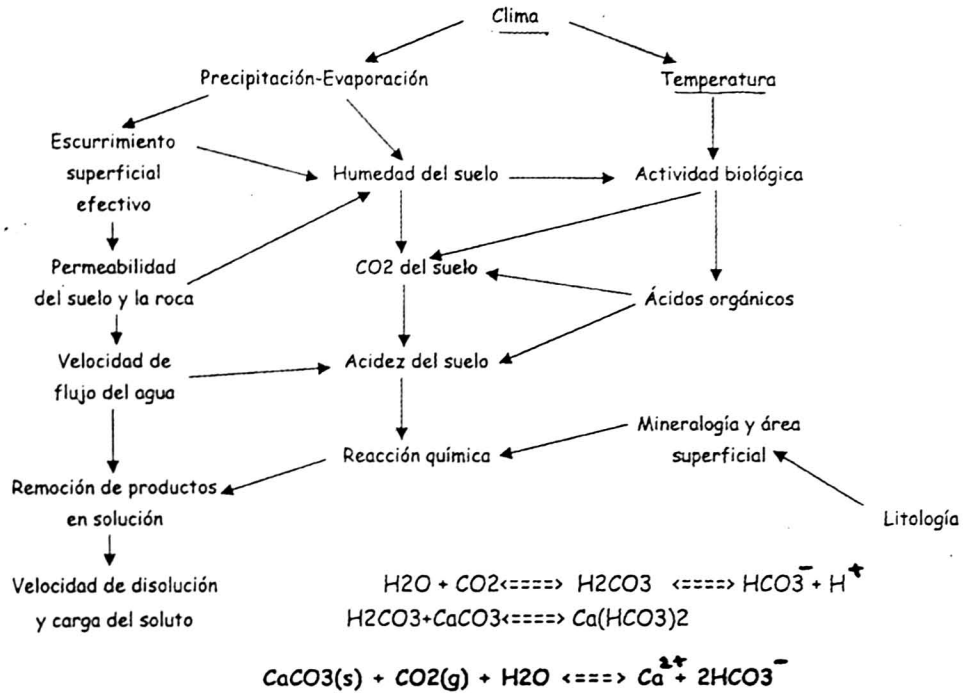


Figura 1. Factores que afectan el desarrollo del karst

Considerando las características litológicas de las calizas los factores principales que propician el desarrollo del karst son: el porcentaje de impurezas insolubles, el tamaño de grano, la permeabilidad, la porosidad y la alternancia con otras rocas.

Las **impurezas insolubles** más comunes en las rocas carbonatadas son sílica y minerales arcillosos provenientes de erosión de terrenos distantes. Las mejores rocas para la formación del karst tienen una pureza $\geq 70\%$. Entonces, las calizas con un 20-30% de arcilla forman poco karst, probablemente por la obstrucción de microporos. Si el porcentaje de sílica excede el 20-30% se

forman generalmente dolinas someras pero no arreglos kársticos largos y diversificados.

Las dolomitas puras son normalmente las más lentas para disolverse, en cambio en el yeso, la anhidrita y la sal, la disolución es más rápida que en las calizas.

Entre menor el **tamaño de grano** la solubilidad de la roca aumenta debido a que también aumenta el área expuesta de la superficie del grano. Este es uno de los factores más significativos que influyen la solubilidad. Sin embargo, calizas de grano muy fino pueden funcionar como semi-impermeables. A mayor heterogeneidad en el tamaño de grano, mayor rugosidad de la superficie de disolución; esta rugosidad aumenta la solubilidad hasta cierto límite.

La **permeabilidad** de una roca es la habilidad que ésta tiene para transmitir un fluido. Para decir que una roca es permeable debe ser porosa y estos poros estar interconectados. Los poros se forman por el empacado de los granos minerales y por disolución durante la diagénesis; a este tipo de **porosidad** o variación en los espacios vacíos se le llama *porosidad primaria*. A la combinación de fracturas, juntas (formados por procesos tectónicos posteriores) y planos de estratificación se les llama *porosidad secundaria*. Para la formación del karst es de mayor importancia la porosidad secundaria de gran escala e interconectada (fisuras, canales y cavernas) que en rocas donde la porosidad primaria es baja (<15%). En general, se consideran las calizas como rocas permeables comparativamente con las lutitas, rocas sedimentarias arcillosas.

Alternancia con otras rocas: Generalmente el mejor desarrollo de karst se forma en unidades de carbonatos sin estratificación de rocas con diferente litología. Sin embargo, el agua subterránea penetra con mayor facilidad, al comenzar el desarrollo del karst, en el contacto entre caliza y lutita que entre planos de estratificación, fracturas, etc. dentro de la caliza.

Los planos de estratificación, fracturas y fallas (porosidad secundaria) albergan y guían casi todos los conductos de disolución subterráneos que distinguen a un sistema cárstico de otros sistemas.

Los **planos de estratificación** en rocas sedimentarias se producen por algún cambio o interrupción en la sedimentación (cambio en el tamaño de grano, introducción de arcilla, etc.)

Los planos de estratificación mayores pueden considerarse entidades continuas

lateralmente durante la propagación de cuevas de disolución mientras las fracturas y las fallas se consideran entidades discretas (terminan comparativamente en distancias cortas). Los pasajes de los más extensos sistemas de cuevas conocidos actualmente (Mammoth, Kentucky y Holloch, Suiza) son guiados por planos de estratificación.

Se reconoce que generalmente las formas cársticas mejor desarrolladas requieren de estratos de espesor medio a masivo (10 cm a 1 m o mayores) pues la disolución se dispersa en estratos delgados además de que estos no tienen sustento para la formación de conductos mayores.

Las **juntas** son fracturas simples sin desplazamiento vertical o lateral significativo entre los estratos. Se forman durante la diagénesis, movimientos tectónicos, carga erosional y descompresión, éstos provocados por fuerzas de compresión o extensión. La mayoría de las juntas se desarrollan perpendiculares a los planos de estratificación pero pueden encontrarse oblicuas a este. Las más comunes son rectangulares y aquellas que tienen un ángulo de 60°/120°.

Karst y clima: Los lugares en el mundo donde ocurre una mayor disolución de caliza son los lugares más húmedos como Papua, Nueva Guinea con una precipitación de 5,700-12,000 mm/a y una velocidad de denudación de 270-760mm/ka (Maire, 1990) La denudación aumenta en regiones alpinas con temperaturas frías con respecto a los trópicos.

Bibliografía

- Dunham, R.J., 1962. *Classification of carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoirs, 1:* 108-121.

Espinasa-Pereña, R. 1990. *Propuesta de Clasificación del Karst de la República Mexicana.* Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. 131 pp.

Ford, D. & P. Williams. 1989. *Karst Geomorphology and hydrology,* Unwin Hyman, London, Great Britan. 601 pp.

Maire, R. 1990. *La haute montagne calcaire; karst, cavités, remplissages, Quaternaire paléoclimats:* Karstologia-Mémoires, no. 3, 73 p.

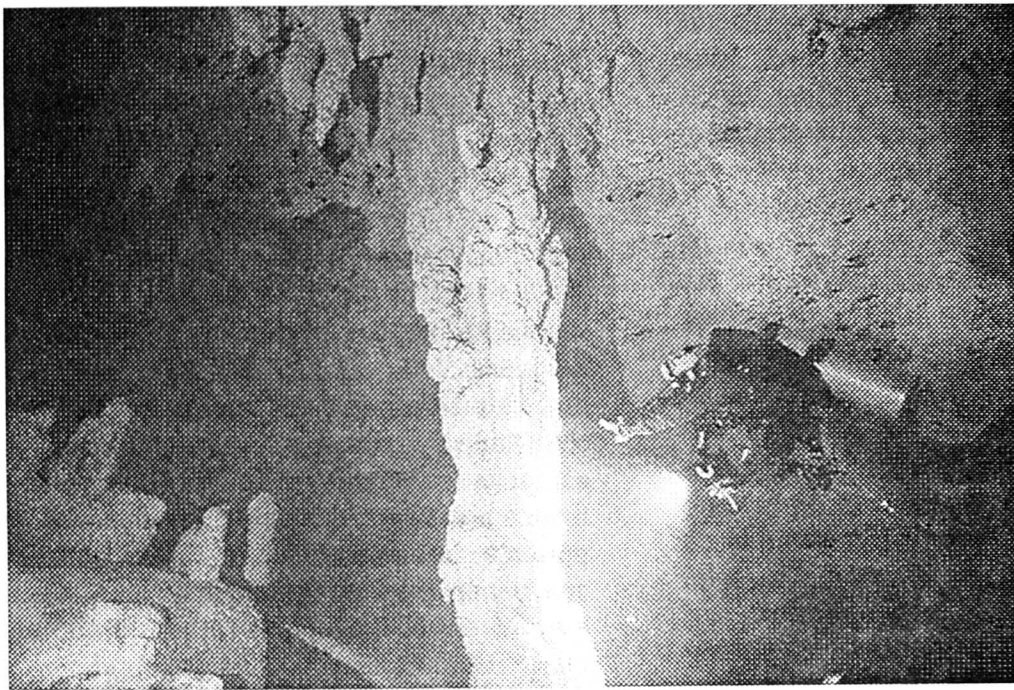


Foto Expedición Franco Mexicana de Espeleobuceo FFS-FFESSM Enero-Febrero de 1999

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES EN LA FORMACIÓN DE CUEVAS

Sergio Yussim Guarneros. *División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM. E-mail: yussim@servidor.unam.mx*

Abstract: The process of karst is more likely to occur in limestone, but under certain conditions, it also can occur in evaporable rocks and sandstone and even in granite. These caves depend on the structural characteristics of the body of the rock. Five main patterns of caves are identified which depend on the dominant structure and their development (branchwork, network, ramiform, anastomosed and spongework).

Resumé: Le processus de karstification est plus souvent produit en roche calcaire, mais sous certaines conditions, il peut également se produire en roches et grès évaporables et même en granit. Ces cavernes dépendent des caractéristiques structurales de la roche. On identifie cinq types principaux de grottes, dépendant de leur structure dominante et de leur développement (arborescent, réticulé, anastomosé, embranché et spongiforme).

Introducción

El karst es un paisaje topográfico característico formado por la disolución causada por el agua en capas de rocas principalmente carbonatadas, como calizas, dolomías o mármol, aunque también afecta a otros tipos de rocas como areniscas, evaporitas y aún a granitos. Estos fenómenos geológicos resultan en inusuales características que varían de formas superficiales como dolinas, tiros verticales,

corrientes que desaparecen y manantiales a complejos drenajes subterráneos y cavernas.

Aunque las cavernas se asocian comúnmente con el fenómeno de karst en calizas, no todas son formadas de esta manera. Otro fenómeno importante en la formación de cavernas es el vulcanismo; a éste se deben los tubos de lava, que son conductos subterráneos por donde fluyó el magma. Existen otros procesos geológicos que también dan lugar a la formación de cavernas, como son los glaciares y la erosión, aunque en este trabajo nos enfocaremos a factores, como la litología y la estructura, que favorecen el desarrollo del karst.

Litología

De acuerdo a Pettijohn (1975), el 75 por ciento de la superficie terrestre se encuentra cubierta por rocas sedimentarias, de las cuales del 10 al 20 por ciento son calcáreas. Por otro lado, las principales rocas susceptibles de karstificarse son las rocas sedimentarias, en particular las calizas, dolomías, el yeso y la sal, por ser especialmente solubles. Puesto que el más abundante tipo de estas rocas son las calizas, es quizá en donde mejor se ilustra este fenómeno. El proceso de karstificación se presenta particularmente en rocas calcáreas con por lo menos 80 por ciento de pureza, aunque en calizas puras el desarrollo es mejor. Como ejemplo, el karst sobre calizas del Cretácico y del Terciario Temprano de Dinaric en Yugoslavia, tiene del 95 al 100 por ciento de pureza (Herak, 1972). En el caso de margas y calizas arcillosas, las impurezas inhiben el desarrollo del karst; aunque existe disolución, ésta se realiza predominantemente a lo largo de las zonas con menor porcentaje de impurezas. Cuando las calizas presentan nódulos, lentes o bandas de pedernal, pueden ser karstificables, de la misma manera que las calizas totalmente puras, donde estas impurezas se comportan como capas

impermeables, al menos hasta que el pedernal es erosionado.

Rocas tales como areniscas silíceas y granitos se consideran en general no karstificables. Aunque en climas tropicales estas rocas se intemperizan y dan lugar a formas parecidas a las kársticas, generan una gran cantidad de residuos insolubles que rellenan las fisuras existentes, impidiendo el emplazamiento de un drenaje subterráneo y limitando las formas a la superficie, por lo que no se considera un karst, sino un pseudokarst (Espinasa-Pereña, 1990).

En el caso de los conglomerados, no se consideran karstificables, salvo cuando los fragmentos que lo constituyen son principalmente calcáreos o cementados por una matriz de carbonato de calcio, en cuyo caso se comportan como una caliza muy permeable.

Estructura

El término estructura, en el ámbito de la Geología, se refiere a la disposición relativa de los componentes de una roca, su distribución y las discontinuidades que presentan. Estas representan características espaciales y temporales de las rocas, que se pueden dividir de acuerdo a su origen en primarias y secundarias. Es importante notar que una estructura geológica siempre representa una discontinuidad dentro del material, que se traduce como una zona de

debilidad y que finalmente nos puede generar o propagar cavidades de diferentes dimensiones.

En la descripción general de una roca, existen dos términos que tienden a confundirse con el concepto de estructura. El primero es la textura, que se refiere a la apariencia general o carácter de una roca, que incluye los aspectos geométricos y las mutuas relaciones entre las partículas o cristales constituyentes; por ejemplo, el tamaño, forma y arreglo de los constituyentes de una roca sedimentaria. El segundo término es la fábrica, definida como la configuración espacial y geométrica de todos los componentes que comprende una roca, incluyendo textura, estructura y orientación preferencial; por ejemplo, orientación en el espacio de partículas, cristales y cementos de los cuales una roca sedimentaria se compone.

Las *estructuras primarias* son aquellas que se forman durante la génesis de rocas ígneas y sedimentarias, y son el resultado de un proceso de depósito o emplazamiento. Las más importantes se encuentran enunciadas en la Tabla I. Es importante mencionar que las estructuras primarias en rocas sedimentarias que más influyen en la formación de cuevas son las tres primeras, mientras que en el caso de las ígneas, todas influyen.

Tabla I. Principales estructuras primarias en rocas sedimentarias e ígneas.

Estructuras Sedimentarias	Estructuras Igneas
Estratificación; tabular, gradada, cruzada	Diques, mantos, troncos, batolito
Orgánicas; estromatolitos, galerías, arrecifes	Coladas de lava; Pahoehoe, cordada, AA, etc.
De corte y relleno	Conductos volcánicos
Grietas de desecación	Pipas de explosión
Huellas de lluvia	Pillow lava (almohadillada)
Marcas de base	Volcanes; escudo, estratovolcán, cinerítico
Rizaduras; oscilación, corriente	Caldera
Imbricación	Domo

En contraparte con las estructuras anteriores, las *estructuras secundarias* se forman como respuesta a la deformación o al metamorfismo de rocas preexistentes. A éstas las encontramos en cualquier tipo de roca, ígneas, sedimentarias o metamórficas.

Mientras que existe un gran número de estructuras primarias, pudiéndose particularizar infinitamente, las estructuras secundarias se pueden agrupar en unas cuantas clases (Tabla II).

Tabla II. Conjuntos mayores de estructuras secundarias.

Estructuras Secundarias	
Discordancias: angular, inconformidad, paraconformidad.	Superficies de erosión o no depósito, que ponen en contacto rocas de diferentes edades
Fracturas, juntas o diaclasas	Planos en donde se ha roto una roca, pero sin movimiento apreciable.
Fallas: normal, inversa, lateral, oblicua.	Son desplazamiento de bloques de roca a través de un plano de deslizamiento.
Pliegues: anticlinales, sinclinales, monoclinales.	Estructura producida cuando una superficie originalmente plana, como una capa sedimentaria, es inclinada o curvada como resultado de la deformación
Foliación	Planos originados por la reorientación mineralógica de una roca.

Condicionantes Estructurales

La instalación de un karst y la posterior formación de una caverna es posible, en gran parte, a una estructura geológica; si una roca presentara los mínimos rasgos estructurales se presentaría como impermeable y no permitiría la infiltración, por lo que la disolución sólo actuaría en la superficie de ésta. Queda implícito que la acción del agua juega un papel más importante en este proceso, de tal manera que las estructuras funcionan únicamente como conductos de ésta. En este sentido, las estructuras geológicas primarias más importantes en rocas sedimentarias son la estratificación, las orgánicas y las de corte y relleno. La primera al ser el límite físico entre diferentes depósitos funciona como zona de debilidad por la que puede circular el agua. En el caso de las otras dos estructuras mencionadas, por

presentar variación en el tamaño de grano, contrastes entre los materiales, porosidad primaria y generalmente alteración del material, son por si mismas zonas permeables y susceptibles de flujo de agua. En el caso de las estructuras primarias de origen ígneo, en general estos materiales son muy susceptibles a la alteración, además de que desde su origen presentan estructuras en forma de cavernas (tubos de lava) o que pueden dar lugar a la formación de éstas, como las pipas de explosión.

En el caso de las estructuras secundarias, el fenómeno no es muy diferente; podemos agrupar a las discordancias, las fracturas, las fallas y la foliación como estructuras que atravesando el material, presentan zonas por donde se favorecerá la circulación. Aquí hay que mencionar que las fallas tienen efectos más amplios sobre el medio, por ser el

desplazamiento de bloques de rocas; éstas tienen toda otra serie de características asociadas, como son el de presentarse, generalmente, como enjambre y en patrones preferenciales, originando patrones de flujo subterráneo mejor definidos. Por otra parte, en el plano en donde se da el desplazamiento (plano de falla), los materiales suelen sufrir modificaciones que van desde su brechamiento, formando áreas con materiales angulosos y molidos, hasta la formación de milonitas (rocas metamórficas de granos muy finos y orientados) y la fusión parcial de las rocas afectadas por el fallamiento. No todas las fallas o fracturas favorecen el flujo subterráneo, de hecho, éstas pueden ser rellenas por materiales arcillosos lo que las convierte en zonas impermeables, por lo tanto en barreras para el flujo subterráneo.

Respecto a los pliegues, estos juegan dos papeles; en primer lugar, dependiendo de la litología en la que se presentan, su morfología y su grado de desarrollo, éstos pueden favorecer la presencia de estructuras de presión-solución por los esfuerzos ejercidos hacia el interior del pliegue. Esto es particularmente común en rocas carbonatadas, en donde en el núcleo de los pliegues encontramos karstificación. Además, dependiendo del grado de desarrollo del pliegue, se puede llegar a desarrollar fallamiento inverso en el núcleo del pliegue. La entrada a las “Grutas Los Herrera”, en San Joaquín, Querétaro, es un buen ejemplo de lo antes mencionado. El segundo papel que juegan los pliegues, es el de reorientar estructuras preexistentes; esto es, que tanto las estructuras primarias, como las secundarias, cambiarán su ubicación espacial original y serán controladas por el desarrollo del plegamiento.

En resumen, estructuras como la estratificación, el fracturamiento, el fallamiento o las mismas discontinuidades,

favorecen la percolación de las aguas subterráneas, mientras que los pliegues reorientan a las primeras estructuras, sin olvidar que lo más común es encontrar la sobreposición de varias estructuras, formadas por uno o varios eventos geológicos. En general, las estructuras deben de ser analizadas en sus íntimas relaciones entre sí y con su entorno geológico.

Patrones Comunes de Cavernas

Los patrones de las cavernas más simples consisten de arreglos de pasajes que se intersecan, formando patrones distintivos (Fig. 1). El patrón fundamental de una caverna puede ser identificado a partir de la observación en el campo o en mapas con vista tanto de planta como de sección. Es de esperar que en diferentes secciones de la cueva presente diferentes patrones y más de un patrón puede estar yuxtapuesto en una sola localidad. Palmer (1991), tomando en cuenta el control estructural en el origen y desarrollo de una caverna, los clasificó en cinco grupos:

Arborescente: Consiste de pasajes que se juntan como tributarios. Es el tipo más común de cueva, la cual se forma a partir de un pasaje de primer orden que sirve de conducto para el flujo de agua en fuentes de recargas discretas. El agua converge en pasajes de mayor orden que son pocos y generalmente mayores corriente abajo. Los pasajes cerrados son raros, excepto cuando el agua abandona la ruta original en favor de uno nuevo y se reúne con éste, o con otro pasaje corriente abajo. El tipo de cuevas arborescente es el equivalente hidrológico subterráneo de los canales de río dendríticos en superficie. El desarrollo de este patrón se da a lo largo de un estrato que es menos resistente que los adyacentes, sin ningún otro control estructural.

Reticular: Es una red de fisuras que se intersectan, formada por la coalescencia de las más cercanas y mayores fracturas dentro de áreas favorables para la disolución dentro de la roca. Las galerías cerradas son comunes, aunque relativamente son rectos, largos y estrechos. Algunos patrones rudimentarios consisten de arreglos angulares en el final de las fisuras, con algunas galerías cerradas. Este patrón se desarrolla a partir de dos o más sistemas de fracturas que se intersectan, siempre y cuando el residuo de la roca encajonante no obstruya el flujo. Estas fisuras carecen de fuentes de recarga individual, como el tipo anterior.

Anastomosado: Son cámaras curvilíneas que se intersectan en un patrón trenzado con varias galerías cerradas. Usualmente forma arreglos en dos dimensiones a lo largo de una sencilla superficie favorable o una fractura de bajo ángulo. Las variantes en tres dimensiones son raras, pero llegan a desarrollarse siguiendo más de una estructura geológica. Pueden presentarse fragmentos controlados por fracturas, pero no son dominantes del patrón. Los patrones anastomosados son usualmente superpuestos a los patrones arborescentes y rara vez constituyen la totalidad de una caverna.

Espongiforme: Este patrón consiste de cavidades formadas por solución interconectadas, de varios tamaños y aparentemente en una disposición tridimensional aleatoria, como poros en una esponja. Este patrón parece ser formado por la coalescencia de porosidad intergranular e intersticios menores.

Ramiforme: En una vista en planta parecen ser gotas de tinta o los patrones de

Rorschach. Cámaras y galerías irregulares se distribuyen de manera tridimensional con ramificaciones que se extienden alejándose de las principales áreas de desarrollo. Los pasajes interconectados son comunes, produciendo una continua graduación entre los patrones esponjiforme y reticular. Es típico encontrar abruptas variaciones en el gradiente y la sección transversal de las cámaras.

Para ejemplificar los diferentes tipos de patrones de cavernas, se muestra en la Figura 2 la Cueva de Onesquethaw, en Nueva York. Esta cueva se desarrolló sobre una serie de calizas, en donde a su entrada se observa que la disposición de las capas es prácticamente horizontal, con una ligera inclinación (2.5°) hacia el sur. En la última parte de la caverna aparece un anticlinal asimétrico, orientado NE-SW, que buza ligeramente al SW. En la primera parte de la caverna (A, B y C) se presenta un sistema arborescente, controlado por la estratificación. Los corredores en D, E y F, al igual que los tiros en D y E, son un patrón reticular, en donde se puede ver que aprovechan fracturas verticales orientadas del NE al E para desarrollarse. En los corredores que van de G a H, encontramos un patrón anastomosado, yuxtapuesto a uno reticular. En este caso la evolución de esta sección se lleva a cabo de manera diferente a la entrada de la cueva, debido a la mayor inclinación del estrato (15°), además de que el desarrollo longitudinal de esta galería está controlado por el fracturamiento orientado en la misma dirección que el anticlinal.

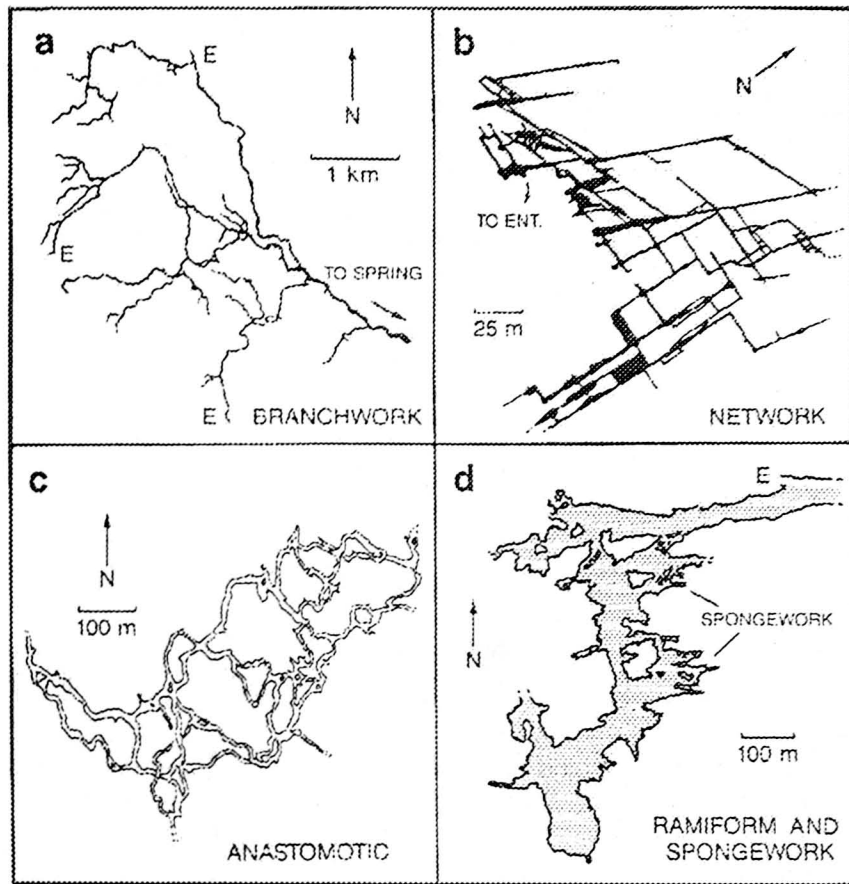


Figura 1. Patrones comunes de cuevas de solución. (a) arborescente: Cueva Crevice, Missouri, (b) reticular: parte de la Cueva Crossroad, Virginia, (c) anastomosado: parte de Hölloch, Suiza, (d) ramiforme y esponjiforme: Cueva Carlsbad, Nuevo México (tomado de Palmer, 1991).

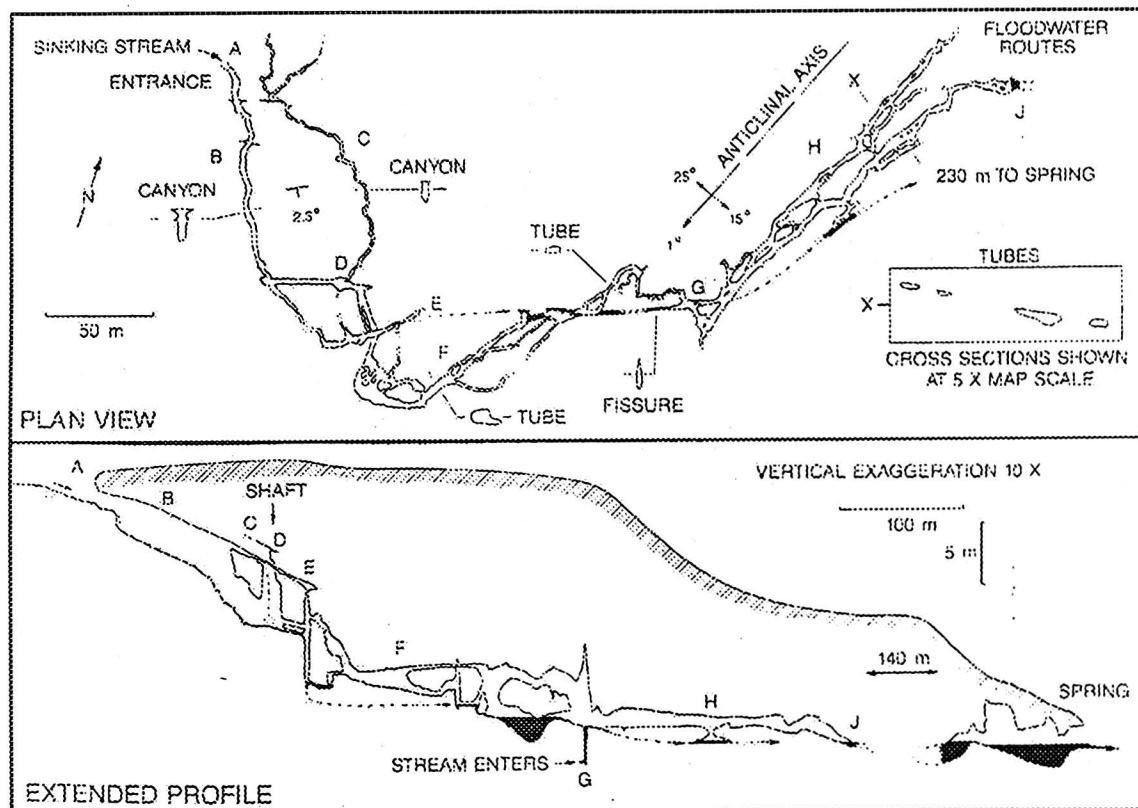


Figura 2. Mapa y perfil de la Cueva Onesquethaw, Nueva York, en donde se muestran los pasajes formados y las características estructurales geológicas más sobresalientes del área (tomado de Palmer, 1991).

Conclusiones

No obstante que las estructuras geológicas son factores importantes en la formación de cuevas, de ninguna manera son únicas. Es en última instancia, de la combinación de todos los factores, en donde el más importante es la litología. El papel de las estructuras es orientar y favorecer los "camino" por donde inicialmente se infiltrará el agua, para posteriormente desarrollar un flujo subterráneo.

El conocimiento del control estructural en el desarrollo de una caverna siempre será una información importante, no sólo desde el punto de vista descriptivo, sino también como una guía para la exploración.

Bibliografía

- Espinasa-Pereña, R.** 1990. Propuesta de Clasificación del Karst de la República Mexicana. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, UNAM. 131 pp.
- Herak, M.** 1972. Karst of Yugoslavia, pp. 25-83. In: M. Herak and V. T. Stringfield (Eds.). *Karst: Important Karst Regions of the Northern Hemisphere*. Elsevier Pub. Co., New York.
- Palmer, A. N.** 1991. Origin and Morphology of Limestone Caves. *Geological Society of American Bulletin*, 103: 1-21.
- Pettijohn, F. J.** 1975. *Sedimentary Rocks (3th Edition)*. Harper & Row, New York, USA. 628.

MÉTODOS ESPELEOLÓGICOS.

Leonardo González Valencia. *Taller Biología de Suelo y Cuevas. Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Depto. Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.*

E-mail: leonardofc@tutopia.com
Leonardo_glez76@starmedia.com

Abstract: Man has been visiting caves for centuries with detriment effects on their speleothems and their fauna. In this paper we deal with 1, the prevention necessary to avoid the destruction caves, and 2, the biospeological techniques of capture and recapture for the studying of the animals without destroying their populations.

Resumé: L'homme a visité les grottes pendant des siècles avec des effets nocifs sur leurs speleothems et leur faune. Dans cet article nous traitons de la protection nécessaire pour éviter la destruction des cavernes et des techniques biospéléologiques de capture et de "prélèvement" pour étude des animaux sans détruire leurs populations.

ANTECEDENTES

Las cuevas son hábitats que juegan un papel muy importante dentro de los ecosistemas de los cuales son parte, ya que representan un eslabón dentro del ciclo vital de un gran número de animales que se encuentran dentro de la clasificación de troglóbios y troglófilos según Racovitza (1907).

Desde la aparición de los homínidos tales como el *Homo erectus* y el *Homo*

sapiens, éste tipo de hábitat les servía como refugio o casa principalmente, estos organismos al encontrarse dentro de tales accidentes geológicos plasmaron un sin número de ilustraciones sobre las paredes, entre las que se encuentran pinturas, grabados y relieves (Hoffmann *et al.*, 1986). En donde se encontraban habitando, por lo general tales grafos hacían referencia a animales de los cuales se alimentaban y los que les causaban asombro. Además de que éste tipo de hábitat en muchas ocasiones proveía de agua a éstos seres, ya que se podía extraer con suma facilidad de las pozas o "gourst". Aunque también cabe mencionar que en la actualidad algunas poblaciones que se encuentran cercanas a cuevas, hacen uso del agua que se encuentra contenida dentro de éstas.

Un punto de vista cultural de las cuevas dentro de las diferentes civilizaciones que han surgido a través del tiempo, es el religioso, ya que estos hábitats en algunas culturas pueden significar santuarios que la gente decoraba con obras pictóricas y esculturas haciendo alusión a sus Dioses, aunque también se utilizaban como centros ceremoniales en donde se depositaban algunas vasijas con ofrendas y figurillas. Pero por el contrario en otras culturas, a estos ambientes también se les consideraba como lugares malignos en donde habitan espíritus del inframundo, aunque también se les ha asociado a leyendas típicas de los poblados cercanos a las cuevas, incluso la muerte de personas que se adentraban a las cuevas se asociaba con la presencia de tales "seres malvados".

Pero hoy en día, afortunadamente, se sabe en una gran parte de los poblados cercanos a muchas cavidades, que la muerte de las personas que se adentran en esos recintos, es causada por algún tipo de

enfermedad y no por obra de algún ser “malvado”. Tal enfermedad en la mayoría de los casos es la “histoplasmosis” que la ocasiona el hongo *Histoplasma capsulatum*. (Hoffman *et al.*, 1986).

Una amplia variedad de enfermedades se han asociado con las cuevas a lo largo del tiempo, debe de aclararse que no son exclusivas de éstos hábitats ya que se pueden contraer en partes de la superficie que están distantes de las cavidades. Algunos ejemplos de dichas enfermedades son: la rabia, histoplasmosis, envenenamiento (piquete o mordedura de animales ponzoñosos), alguna enfermedad causada por algún protozoo, ácaro, etc.

Desde hace mucho tiempo hasta la actualidad se han hecho un sin número de estudios acerca de las interacciones que se dan dentro de las cavidades, y las que se dan entre éstas y el medio externo. Estos han sentado las bases para un mejor entendimiento, protección y conservación de estos hábitats.

INTRODUCCIÓN

Desde hace pocos siglos el estudio de las cuevas con interés científico (*la Espeleología*), ha ido adquiriendo un gran auge por parte de los investigadores de diversas áreas del conocimiento humano, principalmente de la Geología, la Biología y la Antropología así como sus ramas afines. Aunque también cabe mencionar que conjuntamente con lo anterior, también ha crecido el interés de mucha gente por adentrarse a estos hábitats con convicciones deportivas y aventureras; lo cual, en gran parte de las ocasiones, se ve reflejado en la degradación total o parcial de aspectos *bióticos y abióticos* de tales hábitats.

Existen diversos estudios científicos acerca de éstos ambientes, que se han ido acumulando a lo largo del tiempo y que son fruto de intensos trabajos desarrollados por mucha gente en diversas partes del planeta. Tales trabajos han ido dando un panorama cada vez más amplio acerca de las interacciones tanto físicas, químicas y biológicas que se llevan a cabo dentro de las cuevas, como también la relación de éstas con el medio externo. Pero a su vez, tales estudios nos han revelado la fragilidad de estos sistemas, además de que se demuestra que las cuevas son de suma importancia para mantener la salud de diversos ecosistemas, ya que un sin número de organismos interactúan en ambos medios. Principalmente las diversas especies de murciélagos, que proveen de un importante flujo de energía vital para el desarrollo de numerosos organismos que viven dentro de la cueva.

En el estudio de las cavidades con fines netamente científicos, como en el caso de la espeleología y la bioespeleología, y no dejando de lado a la antropología y arqueología; es necesario que se tomen en cuenta una serie de aspectos que son importantes para la preservación y la conservación de estos recintos, así como la seguridad de los investigadores. Entonces la meta sería el mínimo impacto por la presencia humana dentro de la misma.

Para lograr esa meta se tiene que hacer uso de indumentaria, instrumentos que se adecuen a las condiciones biológicas, físicas y químicas del recinto, además de contar con una serie de reglas éticas (Tuoby, 1998).

Por otra parte también es necesario recordar que la entrada de la gente a estos hábitats “siempre va a estar modificando su ambiente” ya sea a escalas mínima o máxima, según se sigan las medidas precautorias.

DESARROLLO

Para cualquier tipo de expedición y no importando el o los objetivos con los que se desee realizar un viaje, siempre es muy importante tomar en cuenta una serie de aspectos que nos van a ser de gran utilidad antes y durante la estancia en ese lugar, éstos se engloban dentro de lo que se denomina:

LA PLANEACIÓN.

Un punto muy importante son los objetivos, los cuales pueden ser de diferente índole sean recreativos, deportivos o científicos; eso va depender del interés de las personas.

- El siguiente sería contar con información geográfica que sea lo más completa posible acerca de las condiciones físicas y geomorfológicas de la zona (camino, clima, permisos).

- También se debe hacer la elección del equipo adecuado que tendrá que ser el necesario y el apropiado además de que dependerá de los objetivos.

- El número de personas tendría que ser pequeño en la mayoría de los casos, ya que se tiene una mejor comunicación con todas las personas, además que hay un menor impacto y en sí un mejor desplazamiento dentro de la zona.

- Otro punto también importante es, evitar llevarse cualquier cosa que se encuentre dentro del área donde se permanezca; esto conlleva a tomar en cuenta dos aspectos. El primero sería el legislativo, es el que compete a las autoridades para poner algún tipo de castigo a personas que saquean áreas protegidas por la ley.

El aspecto ético es, el *no extraer nada* de las zonas en donde se permanezca, eso es con el propósito de que otras personas puedan disfrutar de todo lo que se encuentra dentro del área.

- El acampar o permanecer en las superficies durables o "aptas", con esto se podrá evitar impactar zonas frágiles además de que se estará preservando y conservando lo mejor posible el lugar. Por otra parte también se tiene que evitar al máximo el uso de fogatas en las cuales se utilice madera u hojarasca.

- El manejo de la basura es de suma importancia para evitar la contaminación del área donde se permanezca, ésta consta de reempacar cualquier desecho que se pueda generar durante la expedición. Además de que también se tiene que levantar y reempacar la basura que se encuentre conforme se avance en el área.

- Por último el manejo de los desechos humanos, éste punto hace referencia a orinar y defecar lejos de cuerpos de agua, así como enterrar las heces.

Dentro del estudio de las cavidades o *Espeleología*, se tienen que tomar en cuenta varios puntos importantes.

- Cuando se llega a una cavidad se tiene que conocer la ubicación geográfica de la misma, esto se hace por medio de una serie de coordenadas (latitud, longitud y altitud). Esto se puede realizar de formas diferentes. La primera consta de calcular la distancia que existe entre el poblado más cercano y la cueva y, con la ayuda de una brújula se orienta con respecto al Norte Geográfico.

La segunda forma se realiza por medio de un aparato de precisión

denominado GPS (geographic position system), el cual, por medio de oprimir algunos botones indicará las coordenadas antes mencionadas.

Esta última es mejor con respecto a la primera, ya que el GPS por tener conexión vía satélite, nos da una lectura más precisa y con un margen de error de tan solo algunos cuantos metros. Aunque resulta ser un método más caro que el anterior.

- De ser posible también se tiene que tener conocimiento acerca de la flora y la fauna existente en los alrededores de la cueva.

- Es de suma importancia que cualquier espeleólogo tenga conocimiento de técnicas espeleo-deportivas, éstas son de gran utilidad para la exploración de cuevas que tienen una geomorfología bastante irregular o mixtas.

- Un aspecto muy importante que cualquier espeleólogo siempre debe tener en cuenta es *la cuestión ética*, el objetivo de ésta es “no dejar rastro alguno” en el interior del recinto. Esto se logra causando el menor impacto posible por medio del evitar daño a estructuras o espeleothemas, no contaminando con materia orgánica y evitar al máximo perturbar el ecosistema por medio de la introducción de organismos ajenos al recinto, esto último se logra de manera indirecta en la mayoría de los casos y un ejemplo de esto es la intromisión de semillas o esporas que pueden ir adheridas a la ropa.

- La entrada se tiene que hacer con la ropa adecuada y el equipo necesario, eso permitirá que las personas se desplacen con mayor facilidad y seguridad dentro, además de que se minimizará la alteración de los factores bióticos y abióticos. El equipo tendrá que elegirse de acuerdo a los objetivos del estudio y permitirá hacer las

mediciones físicas, químicas y geomorfológicas del lugar.

Dentro de una cueva siempre es recomendable o indispensable en cualquier tipo de estudio científico realizar una serie de mediciones de parámetros físicos de la misma. Tales aspectos son principalmente la temperatura (T°C) y la humedad relativa (Hr), las cuales pueden medirse con la ayuda de un termómetro y un higrómetro, respectivamente. Además existen otros tipos de instrumentos que pueden medir parámetros físicos como la presión barométrica, la evaporación y la condensación, que son barómetros y evaporímetros.

Si se tiene un registro de la mayor parte de las variantes físicas de la cueva entonces se tendrá un mejor panorama y cuantificación de las condiciones “atmosféricas” que predominan de dentro de la misma.

Aunado a lo anterior, también se debe hacer una prospección topográfica y topografía de la cavidad. Esta se realiza con la ayuda de algunos instrumentos (flexometro, clisímetro y marcadores, éstos indicaran cada una de las estaciones en las que se esté midiendo dentro de laguna cámara o túnel), además de que se deben tomar los datos y pasarlos al diario de campo conjuntamente con un croquis que se elabore al tiempo que se toman los datos.

Con la información geomorfológica obtenida de toda la cueva así como con el croquis de la misma se puede conformar una carta topográfica de ese recinto, en este tipo de documento se puede observar desde diferentes vistas (transversal y longitudinal), la forma de la cavidad, así como los tipos de accidentes geológicos que la conforman en su interior (tiros, sótanos, pendientes, gourst, dolinas, claraboyas, corrientes de agua, etc). Este documento presentará información

acerca de los alrededores, la dirección, orientación y ubicación geográfica del lugar de estudio.

Dentro de la *Bioespeleología*, que es la ciencia que estudia la vida en las cuevas, los métodos son variados y dependen de los objetivos de estudio.

Método de colecta de organismos:

- Se tiene que preveer que tipo de trampa o colectores se van a utilizar, lo cual dependerá del tipo de organismo que se requiera capturar, ya que para los insectos, arácnidos, reptiles, mamíferos terrestres o voladores, organismos acuáticos, guanófilos, guanóbios, etc; se tienen que colectar de forma diferente y con algún tipo de aparato.

- Se tiene que hacer un reconocimiento o recorrido por la cueva con el propósito de ubicar las zonas de colecta, que dependerán del tipo de organismos que se desee colectar. Por ejemplo, si se quiere atrapar murciélagos, sólo se tienen que tomar en cuenta los lugares en donde se encuentren las colonias; pero si se quieren capturar organismos que viven en el guano entonces se debe de tomar en cuenta los lugares que contengan este sustrato; y si el objetivo es capturar organismos acuáticos entonces el interés se centrará en cualquier cuerpo de agua.

- En la recolección de los organismos se podrá hacer por medio de trampas, las cuales se deberán ubicar en lugares estratégicos dentro del sustrato o biotopo además de que se le adicionará algún tipo de conservador el cual tendrá la función de mantener en buenas condiciones al organismo u organismos que se encuentren dentro de las mismas.

Los tipos de trampas más utilizadas son las *pit-fall* y *necrotrampas*.

Pero si se hacen colectas *in situ* se usan colectores manuales, en los que se

puede atrapar a los organismos vivos. Los tipos de colectores más comúnmente utilizados son; aspiradores, pinzas entomológicas, redes de golpeo y de arrastre, tamices y pinceles húmedos.

- Conjuntamente con las colectas, sean del tipo manual o por medio de trampas, se tienen que hacer mediciones de los factores físicos como la temperatura y la humedad, así como también el pH si es que los organismos se encuentran en condiciones acuáticas. También se debe de hacer una caracterización del biotopo en donde se encuentren los organismos que se capturen. Con los datos que se tengan de las colectas se podrá tener un mejor conocimiento acerca de las condiciones del hábitat donde se encuentran los organismos capturados.

- Los organismos que sean colectados deben ser puestos dentro de recipientes con algún tipo de conservador, una de las funciones será de evitar que los organismos sufran daño físico alguno al ser transportados del sitio de captura al lugar donde se harán estudios posteriores, otro es evitar la descomposición de tales organismos.

Así también serán variables las técnicas de fijación por medio de líquido para los diferentes grupos de organismos; algunos tipos de fijador: formol al 5% para anélidos y moluscos, alcohol al 70% para artrópodos, líquido de Bouin o FAA para platelmintos, Bálsamo de Canadá para nemátodos, entre otros (Hoffmann *et al.*, 1986).

- Conjuntamente con los recipientes de colecta se debe anexar una etiqueta, la cual cuente con los datos principales de la colecta como:

tipo de biotopo, datos taxonómicos del organismo (grupo, orden, familia, género, etc.), fecha de la colecta, datos de la cavidad (nombre y ubicación geográfica) y nombre (s) del o los colector (es).

Método de captura y recaptura.

Es utilizado para estimar los patrones de densidad de los organismos, los cuales no son abundantes.

- Se tiene que capturar al organismo por medio del método antes mencionado (trampas secas o colectores), procurando no dañarlo físicamente.
- Se toman los datos morfológicos del organismo (longitud, anchura, peso, número de apéndices que presenta, disposición de los segmentos corporales, coloración que presenta, etc.); de ser posible se hace o se pone alguna marca en el organismo.
- Se registra por medio de algún tipo de imagen (dibujo o fotografía), éste es con el objetivo de complementar los datos morfológicos del organismo.
- Se libera al o a los organismos.
- Se procede a hacer una nueva captura de organismos, se toman datos morfológicos de los mismos, se registran visualmente; si hay organismos recapturados sólo se les tomará en cuenta dentro del censo. Devolver a los organismos al entorno.
- Con los datos obtenidos de las diversas capturas y recapturas, y, con ayuda de métodos estadísticos se podrá determinar los patrones de densidad de los grupos de organismos.

Se pueden realizar un gran número de estudios científicos con los organismos provenientes de las colectas, para lo cual sólo hago mención de algunos de los más importantes:

- El del tipo taxonómico; es el que se encarga de la descripción morfológica así como de la *determinación taxonómica* de los organismos dentro de un sistema de clasificación.
- El de tipo ecológico; se encarga de la interpretación acerca de las relaciones que se dan entre los diferentes grupos de organismos que se encuentran dentro (tales

como simbiosis, competencia, depredación, cadenas tróficas, flujos de energía, etc), así como también las relaciones que se establecen entre organismos del medio interno y externo.

- El de tipo evolutivo; estudia la filogenia y origen de los organismos, y la comparación entre las formas hipogeas y epigeas del mismo grupo.
- El de tipo fisiológico; en el se estudian aspectos hormonales y ciclos circadianos o relojes biológicos de los diferentes grupos de organismos.
- El de tipo etológico; también involucra relojes biológicos y se trata de entender el comportamiento de organismos.

Como corolario quiero mencionar algunos tipos de estudios más importantes que se pueden realizar dentro de las cavidades, estos pueden ser del tipo científico o humanístico.

- La espeleología es la encargada de generar mapas, los cuales tienen la finalidad de representar en papel la geomorfología de las cavidades y para ello se auxilia de métodos topográficos.
- La hidrogeología estudia los aspectos de las aguas subterráneas, las cuales son parte fundamental dentro de la formación de cuevas. Ésta se apoya de métodos *isotópicos*.
- La espeleogénesis estudia la formación de las cavidades, así como la litología de las rocas que las componen y se complementa con la hidrogeología, además de auxiliarse de métodos isotópicos para determinar la edad de las cuevas.
- Dentro de los estudios del tipo humanísticos se encuentran la antropología y la arqueología; las cuales tienen como objetivo principal, mostrar la importancia que han tenido las cavidades para la humanidad a través del tiempo.

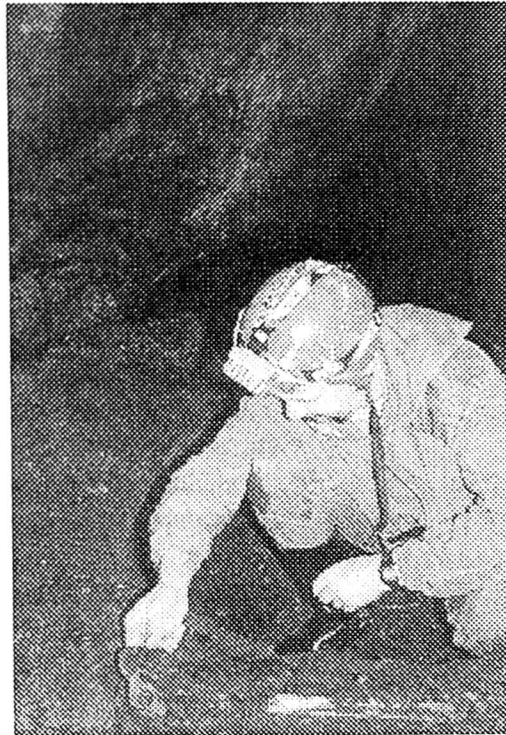
BIBLIOGRAFÍA.

Cigna, A. 1978. *Manuale di speleologia*, Vol. 144. Longanesi & C. Italia. 567 pp.

Hoffmann, A., J. G. Palacios-Vargas & J. B. Morales. 1986. *Manual de Bioespeleología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, México)*. Dirección General de Publicaciones, UNAM, México. 274 pp.

Núñez, A., N. Viña, M. Acevedo, J. Mateo, M. Iturralde & A. Graña. 1988. *Cuevas y Carsos*. Primera reimpresión. Editorial Científico-Técnica, La Habana. Cuba. 431 pp.

Tuoby L. 1998. *Caving. Leave no trace. Outdoor skills & ethics caving*, 14: 1-20.



EXPLORACIÓN EN IXTACXOCHITLA AVANCES Y PERSPECTIVAS

Javier Vargas¹ Guerrero & Rodrigo Remolina Anzures². *Grupo Espeleológico UNAM.* ¹Av. México 1099 - 17, Santa Teresa, 10710, México, D. F. E-mail: javo_vg@hotmail.com ²Juan Sánchez Azcona 1360, Del Valle, 03100, México, D. F. E-mail: ro_remolinanzures@hotmail.com

Abstract: This work describes the main activities of exploration of caves made by the Grupo Espeleológico of the Universidad Nacional Autónoma de México (GEUNAM), throughout nine years in the zone of Ixtacxochitla, in the Black Mountain range of Puebla, Mexico.

Resumé: Ce travail décrit les activités principales de l'exploration des grottes faites par le Grupo Espeleológico de l'Universidad Nacional Autónoma de México (GEUNAM), tout au long de neuf ans dans la zone d'Ixtacxochitla, dans la chaîne noire de montagne de Puebla, Mexique.

Localización geográfica

La Sierra Negra, donde se ubica la zona de Ixtacxochitla, se encuentra en el extremo sureste del estado de Puebla, inmediatamente al oriente del Valle de Tehuacán. Limita con la Sierra Mazateca-Cuicateca del estado de Oaxaca al sur y oriente y con la Sierra de Zongolica, Veracruz, al norte. Junto con las anteriores formaciones, es parte de la Sierra Madre Oriental, y constituyen una de las zonas

espeleológicamente más interesantes de México; es aquí donde se encuentran las cavernas más profundas del país, cuya importancia las ubica también entre los primeros lugares mundiales.

Se ha denominado Ixtacxochitla al área de la Sierra Negra que el GEUNAM ha estado explorando ya que dentro de ella se encuentra la comunidad del mismo nombre, fundada probablemente hace unos 50 años, en la que habitan alrededor de 400 indígenas de habla náhuatl. Esta población se asienta sobre la ladera norte del Zizintépetl, una de las montañas más altas del estado de Puebla (descontando por supuesto al Pico de Orizaba, al Popocatepetl y a la Iztaccíhuatl) y la elevación mayor de la Sierra Negra. Sus coordenadas geográficas aproximadas son 18° 21' latitud norte y 96° 54 ' longitud este.

Antecedentes

En una reunión, cuando se estaba formando la UMAE (Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas), algunos espeleólogos de la UNAM, consultando un boletín de la AMCS (Asociation for Mexican Cave Studies), se dieron cuenta de que varios grupos extranjeros estaban realizando exploraciones en la Sierra Negra de Puebla, por lo que ésta aparecía en el mapa dividida entre ellos, sin que hubiera presencia de mexicanos. Esto llamó fuertemente su atención, por lo que se consideró necesario hacer presencia en una zona que ya tenía algunas cavidades importantes como Akemati y Akemabis (ambas con más de 1,000 m de profundidad) exploradas por un grupo de Bélgica, y el Sótano de Los Planos, por un grupo de Canadá.

Con esto en mente el GEUNAM emprendió un recorrido de prospección en septiembre de 1989 que empezó en el

municipio de Zoquitlán, Puebla, con la idea de llegar hasta Huautla de Jiménez, Oaxaca. En esa ocasión se pasó por varios lugares inexplorados espeleológicamente, pero siendo la comunidad de Ixtaxochitla la que pareció más prometedora, se decidió tomarla como punto base para exploraciones futuras.

En esta primera visita del Grupo a la comunidad, en la que participaron los espeleólogos Gerardo Galindo, Sergio Lozada y Javier Vargas, la gente ni siquiera respondía el saludo, pero gracias a la intervención del maestro de la escuela primaria, Alejandro Velásquez, se estableció un primer contacto para poder explicar el motivo de la visita y empezar la exploración de la zona.

En diciembre de ese mismo año se hizo la primera expedición formal a la zona con muy buenos resultados, lo que definitivamente llevó a pensar en más exploraciones que con el tiempo han dado forma al Proyecto Ixtaxochitla .

Primeras expediciones (1989-1995)

Como ya se dejó ver, acceder a Ixtaxochitla fue difícil desde el comienzo, y aún hoy presenta varios inconvenientes. El primero es el difícil acceso que tiene la zona, debido principalmente a su topografía extremadamente montañosa. Hay varias formas de acercarse a la Sierra Negra por carretera, principalmente desde Tehuacán, Puebla, o desde Córdoba, Veracruz, uniendo estos dos accesos un camino de terracería de más de 80 kilómetros, sólo transitable en época de secas.

La vía que el Grupo eligió para entrar a la zona, y que actualmente se sigue utilizando fue Córdoba, pasando después por

las poblaciones de Yanga, Omealca, Tezonapa, Motzorongo (donde termina el pavimento), Pueblo Nuevo, Almilinga, La Pedrera, Tepeyac y Tlacotepec de Díaz (donde terminaba la terracería). Posteriormente, se realizaba una caminata de siete horas vía Zacatilihuic y Tequitlale para finalmente llegar a la comunidad de Ixtaxochitla. Actualmente, la terracería termina en Zacatilihuic, de donde se caminan alrededor de 5 horas hasta el pueblo.

A pesar de la larga caminata, el problema mayor no es el traslado de los espeleólogos si no el del voluminoso equipo necesario para la exploración espeleológica, que incluye cuerdas, equipo para su colocación, camilla, botiquín, equipo de topografía y fotografía y alimentos. Su transporte representó desde el principio un gran problema, ya que es indispensable alquilar animales de carga. Los arrieros del municipio de Tlacotepec decían que estaba muy lejos el lugar al que se quería ir, y ponían muchos pretextos para alquilarnos sus animales. Afortunadamente, hoy en día varias personas de Ixtaxochitla cuentan con "bestias", lo que ha facilitado un poco este procedimiento.

Otro punto que dificulta las exploraciones en la zona es la desconfianza de la población indígena, que aún hoy no comprende que alguien se interese tanto por las cuevas, a las que ellos inclusive temen. Constantemente surgen preguntas sobre si dentro se encuentran tesoros o si hay animales peligrosos o seres sobrenaturales. Aunado a esto, la comunicación con la comunidad es difícil ya que muchos de los habitantes de Ixtaxochitla sólo hablan náhuatl, idioma que ninguno de los integrantes del Grupo habla.

Un tercer factor importante es el clima de la zona, que puede registrar variaciones muy grandes según la época del año o incluso en unos cuantos días. Se han registrado temperaturas de cerca de 40° C en verano en el mismo lugar donde en invierno

“cae hielo”. Así mismo, la neblina es constante y en ocasiones impide la visibilidad más allá de dos o tres metros, y la lluvia puede caer ininterrumpidamente por 72 horas o más.



A cargo de esta primera etapa de exploraciones estuvieron entre 1989 y 1990 Sergio Lozada, de 1991 a 1993 Javier Vargas Guerrero y de 1994 a 1995 José Antonio Soriano Sánchez. Resumiendo los resultados de estas primeras expediciones se exploraron un total de 36 cavidades y muchas más se localizaron y se quedaron pendientes.

Interrupción de las actividades

A partir del levantamiento armado del EZLN en 1994 en Chiapas y del surgimiento del EPR en varios Estados del país, se generó gran tensión entre los habitantes de Ixtaxochitla por la supuesta aparición de grupos armados en la Sierra Negra. Esto, aunado a la presencia del Ejército en la zona, y a la natural desconfianza de la población hacia personas ajenas a su comunidad, dificultaba la exploración de las cavidades del área, e incluso la volvía peligrosa, por lo que se decidió suspender indefinidamente las exploraciones.

Fue así que surgió en el Grupo la necesidad de realizar otras actividades, tanto

de exploración como de corte meramente deportivo.

El Proyecto Chiquinibe, de 1996, comprende la exploración de una zona en los altos de Chiapas y entre sus descubrimientos más importantes está el Sótano del Chiquinibal, que tiene un tiro de 214 metros que ocupa el lugar 17 en la lista de las verticales más largas de México. Este trabajo también se interrumpió por problemas sociales.

El proyecto más reciente del GEUNAM fue en el Sótano de Akemati, en una porción menos remota de la misma Sierra Negra, que se convirtió después de sus dos ediciones (en 1998 y 1999) en el segundo descenso a un sótano de más de 1,000 m de profundidad realizado por una expedición 100% mexicana.

Además de estos dos proyectos propios del Grupo, es importante mencionar la participación, en 1995 y 1997, de dos espeleólogos pumas en el Proyecto Cheve, Oaxaca, que es una de las cuevas más profundas del mundo cuya exploración, a

cargo de un grupo de los Estados Unidos que aún no concluye.

Reinicio de las expediciones (2000 – 2001)

Teniendo la zona de Ixtaxochitla un gran potencial no se quería abandonar de manera definitiva este proyecto, por lo que a principios del 2000, con los levantamientos indígenas armados al parecer concluidos, se planeó una nueva expedición. El primer punto fue la obtención de un permiso por parte del municipio de Coyomeapan para explorar la zona. Simultáneamente comenzó en la Ciudad de México la recopilación y organización de los datos de las expediciones anteriores con el fin de establecer las metas de la nueva visita a realizar.

Tres semanas después los dos instructores del GEUNAM que tramitaron el permiso se adelantaron al resto de los expedicionarios para presentar los permisos en Ixtaxochitla y platicar con la comunidad sobre los objetivos y la importancia de la exploración y llegar a un acuerdo para trabajar en la zona. Dos días después llegó el resto del grupo.

Desde el reinicio de las actividades de exploración en la zona en abril de 2000, el GEUNAM ha realizado cuatro expediciones que han resultado especialmente productivas; en ellas han participado alrededor de veinte espeleólogos. Los objetivos principales durante estas expediciones han sido localizar entradas ya exploradas cuya ubicación era imprecisa, topografiar en la superficie las principales veredas (8,948 m hasta el momento) y las

cavidades cercanas para ubicarlas en un plano general y facilitar la exploración futura y el análisis de los resultados de cada expedición, y por último continuar buscando y explorando cavidades desconocidas.

La zona explorada hasta el momento se extiende por unas 120 hectáreas de la ladera norte del Zizintépetl, aproximadamente entre los 1,300 y los 1,900 m snm. Se han agregado a las entradas exploradas en los años 1989 a 1994, 47 más, lo que en total suma 83, de las cuales han sido exploradas y topografiadas 69.

A continuación se mencionan brevemente algunos de los hallazgos más interesantes de la zona como una muestra de la gran riqueza espeleológica que guarda Ixtaxochitla.

Sistema Platanitos

De las primeras cavidades encontradas en 1989 había una que estaba a unos metros de la Inspectoría, lugar que la comunidad prestó para instalar a los exploradores. Aunque no prometía mucho, se descendió el pequeño tiro de entrada (de 1.5 m de diámetro y 13 m de profundidad) y aparecieron un ramal estrecho donde corría un poco de agua y un pequeño pasaje. Al siguiente día un grupo empezó la exploración de una entrada grande que se encontraba fuera del centro del pueblo, mientras que otro grupo se dirigió a explorar la entrada marcada con el número 6. Al regresar al campamento y comentar los incidentes y logros de la jornada, grande fue la sorpresa de que la entrada 2 se conectaba con la 1 al forzar un paso quitando algunas piedras de un derrumbe. Así, el sistema sumó una profundidad de 218 m y un desarrollo de 789 m; cuenta con dos entradas y posiblemente se conecta con el Sistema Iztaxochitla, aunque por medio de pasajes

muy estrechos, como se menciona más adelante.

Sistema Iztaxochitla

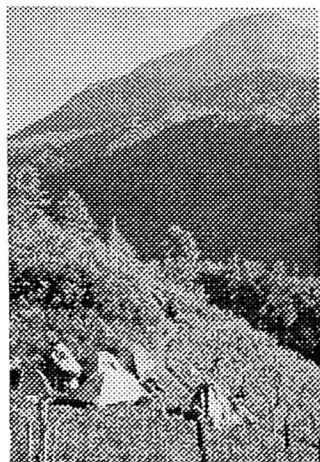
En diciembre de 1989, durante la primera expedición, el Inspector Auxiliar de Ixtaxochitla, Don Goyo Cacho, gran amigo, mostró al Grupo las cuevas que estaban en el pueblo y en los alrededores, las cuales se marcaron y comenzaron a explorar. Se topografiaron la 4 y la 6 y durante la exploración de la primera se localizó un ramal a 10 m de altura que se escalaron para encontrar un pasaje activo. Río arriba apareció una cascada que no se pudo superar, por lo que la exploración continuó río abajo, donde se encontró un tiro de 28 m el cual hizo la conexión con la entrada 6.

En diciembre de 1990 se exploraron cuatro entradas, que se encuentran muy cerca entre sí, marcadas con los números 8, 9, 10 y 11 esperando que se conectaran. Al seguir la exploración se vio que ya se había pasado por uno de los ramales en la

expedición pasada y se localizó la estación de topografía más próxima para poder hacer la conexión, que resultó ser con las entradas 4 y 6. A este sistema se le denominó Iztaxochitla ya que su desarrollo transcurre por debajo del centro del pueblo.

Cabe señalar que se publicó con este nombre escrito con “z” y sin “c”, lo que lo hace diferente de la ortografía que los habitantes de la comunidad usan (y que por lo tanto es la más válida), que es como aparece en el resto del texto.

Al realizar los planos se notó que el agua que se pierde por el paso estrecho de la entrada 1 va en dirección de la cascada del pasaje superior de la 6; estando ambas entradas muy cerca es muy probable que exista una conexión. Finalmente, su profundidad es de 171 m y su desarrollo de 1,834 m con 6 accesos dispersos.



Cueva de Los Ídolos

Para 1991 ya se habían explorado la mayoría de las cavidades que están alrededor de la comunidad, por lo que comenzó el avance hacia cotas más altas del Zizintépetl.

Al estar buscando la entrada marcada con el número 17 un grupo de exploradores encontró una gran dolina, en el fondo de la cual se halló una entrada mediana y en una de sus laderas una pequeña cueva, que al ser

explorada reveló una agradable sorpresa: restos de cerámica prehispánica.

Resulta interesante que esta cueva es una pequeña resurgencia en la que la gente del lugar actualmente mantiene unos pequeños troncos acanalados para el aprovechamiento de su agua. Por otra parte, una de las piezas de cerámica encontradas es un busto de Tláloc, dios nahua de la lluvia, y otras son partes de una vasija con su rostro en alto relieve. Esto nos sugiere que la relación de la cueva con la comunidad es antigua e importante, tanto así que perdura hasta nuestros días. Por respeto al lugar y considerando su posible importancia científica, las piezas no se han movido de su sitio original.

Sótano del Andrajo

Este sótano comienza en una rampa de poca inclinación hasta un tiro de 15 m. A un lado se encuentra un ramal fósil con pasos bastantes estrechos de roca muy abrasiva con abundante “coral de caverna”, lo que ocasionó que la ropa de los exploradores quedara hecha jirones y que se le pusiera nombre a la cavidad. Posteriormente se llega a un pequeño salón, donde se montó un campamento, de donde se llega a un tiro de 80 m que conecta con la parte activa, que continúa en una serie de rampas hasta un sifón que se estrecha mucho impidiendo el paso. El Sótano alcanzó una profundidad de 315 m y un desarrollo de 360 m, lo que la convierte en la segunda cavidad en profundidad de las exploradas hasta hoy en la zona.

Sistema El Encanto

A un par de días de que se terminara la exploración de Semana Santa de 1994, Don Goyo guio a los expedicionarios a un sótano de grandes dimensiones; se le

preguntó cómo le llamaban a ese lugar y contestó que “El Encanto”, por lo que se le puso así a la cavidad. La entrada es alargada y hace pensar en un cañón. En diciembre, con 15 espeleólogos y casi 500 kilos de equipo y alimentos, empezó la exploración. En esa ocasión se alcanzó una profundidad de más de 300 m sin llegar a la sima, por lo que la exploración quedó pendiente hasta la Semana Santa de 1995, cuando se llegó a la profundidad de 575 m ante un gran derrumbe, debajo del cual se oye una corriente de agua.

En la segunda etapa de exploraciones en Ixtacxochitla, en Semana Santa de 2000, se exploró una entrada (la número 50) que conectó con El Encanto a casi la mitad de su profundidad, agregándole 1,500 m de desarrollo y facilitando el acceso hasta el derrumbe. Además se localizaron dos entradas muy cercanas a la 50 que hacen pensar en El Encanto como un gran sistema de múltiples entradas. Actualmente tiene una profundidad de 564 m y un desarrollo de más de 3,000 m, por lo que es hasta el momento la cavidad más profunda y larga explorada en la zona, cuya exploración continúa.

Biodiversidad

Un aspecto sobresaliente de la zona de Ixtacxochitla es su gran biodiversidad, notoria hasta para los neófitos en cuestiones de biología (como la mayor parte de los miembros del GEUNAM). El Zizintépetl, la montaña sobre la cual se ubica el área explorada, es la más alta del sur de Puebla, ya que se desplanta desde los 300 m snm, en la cañada del Río Coyolapa, y su cumbre está a 3,250. Está además fuertemente influenciada por las masas de nubes provenientes del Golfo de México, que por su altitud retiene constantemente. Esta

situación ha propiciado el crecimiento de diversos tipos de bosques, entre los que destacan los mesófilos de montaña.

Aunque hasta el momento no se ha realizado un estudio serio en la zona, un indicio de su importancia es la presencia, tan sólo en las 120 hectáreas exploradas hasta el momento, de 30 especies de orquídeas, entre las que podemos encontrar especies vulnerables que están desapareciendo en otras áreas de México, como *Maxillaria meleagris* y *Oncidium incurvum*.

Desgraciadamente, esta riqueza está fuertemente amenazada. La mayor parte de la Sierra Negra está gravemente degradada, principalmente por la tala del bosque para la agricultura y por los incendios forestales, de los cuales los de 1998 fueron especialmente devastadores; incluso, a pesar de su clima, tiene extensas zonas sin vegetación. El Zizintépetl se ha conservado prácticamente como una isla en medio de este panorama, siendo la única parte de la Sierra Negra que, a decir de sus habitantes, nunca ha sufrido un incendio forestal.

Sin embargo, cada año las comunidades que están en sus faldas, de las cuales una de las más grandes es Ixtacxochitla, a 1,350 m snm en promedio, abren nuevas parcelas de cultivo en medio de estos bosques. El problema no es nuevo, pero se ha agravado en los últimos años debido a la caída internacional de los precios del café, que era la principal fuente de ingresos de la comunidad. El cultivo de esta planta, que al menos conservaba parte de los árboles y de la biodiversidad locales se ha abandonado, y al carecer de ingresos, los campesinos siembran para autoconsumo maíz y frijol.

Las tierras de cultivo alrededor del pueblo están muy empobrecidas, ya que la capa de suelo es muy delgada y se ha

erosionado fuertemente, y la vegetación secundaria es cada vez menos diversa y vigorosa. De esta forma, los campesinos se ven obligados a subir cada vez más a la montaña a abrir sus campos en el bosque primario, talando árboles de hasta 1.5 m de diámetro y 40 m de altura. El maizal más alto que hasta ahora se ha localizado está a 1,900 m snm, 550 m arriba del pueblo y a 2.5 km montaña arriba (una hora y media de caminata a buen paso), lo que puede dar idea de la tenacidad y la necesidad de los habitantes de Ixtacxochitla.

Poco queda de la vegetación original de las partes bajas y cálidas del área, sin embargo los bosques de las cotas medias y altas se encuentran todavía intactos. El Grupo está convencido de que más allá del potencial espeleológico del área, es de suma importancia conservar este sitio excepcional, a la vez de que sus habitantes, cada vez más empobrecidos, tengan un modo de vida más digno en todos aspectos.

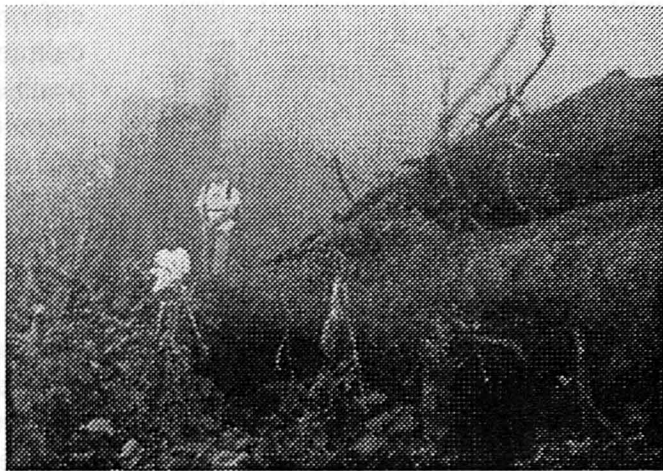
Es por esta preocupación que el GEUNAM, además de sus exploraciones espeleológicas, ha decidido comenzar una serie de trabajos adicionales que por una parte beneficien directamente a la población de Ixtacxochitla y que por otra contribuyan a conocer, para después poder proteger, sus riquezas naturales. Es así que durante las expediciones de diciembre de 2000 y abril de 2001, el Grupo realizó la donación de ropa, medicinas y juguetes a la comunidad, artículos que debido al aislamiento del área y a la pobreza de sus habitantes, están generalmente fuera de su alcance.

Dentro de los planes a futuro ya en marcha destaca la presencia, en los primeros meses de 2002, de una brigada de salud dental organizada por el Dr. Guillermo Gutiérrez Aceves, miembro activo del GEUNAM, con alumnos del Servicio Social de la Facultad de Odontología de la UNAM. Así mismo, se está organizando comenzar a

realizar un inventario florístico del área a cargo también de especialistas del Grupo.

Potencial de Ixtaxochitla

A pesar de los nueve años efectivos de exploraciones en Ixtaxochitla, se ha trabajado menos del 10% del área, por lo que está ya organizándose una expedición para diciembre de 2001. Estamos seguros de que los mejores descubrimientos están por venir.



HISTOPLASMOSIS

Maria Lucia Taylor, Gabriela R. Peña-Sandoval. *Laboratorio de Inmunología de Hongos, Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 México D.F., México.*

E-mail:emello@servidor.unam.mx

Abstract: Several cave activities related to archaeology, anthropology, geology and biology expose professionals to health risk (i.e. histoplasmosis). Histoplasmosis is a disease produced by microscopic fungi (*Histoplasma capsulatum* var. *capsulatum*). In Mexico this fungi has been found in mines, caves, houses and abandoned buildings. They are also found in open sites.

Resumé: Les activités dans les grottes, liées à l'archéologie, à l'anthropologie, à la géologie et à la biologie exposent les spécialistes aux risques sanitaires comme l'histoplasmosis, maladie produite par des mycètes microscopiques (*Histoplasma capsulatum* var. *capsulatum*). Au Mexique celles mycètes ont été trouvés dans les mines, les cavernes, les maisons et les bâtiments abandonnés. Ils sont également trouvés dans les emplacements ouverts où le guano de chauve-souris et d'oiseaux est accumulé et fournit assez de matières nutritives pour le développement des mycètes.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La histoplasmosis es la micosis sistémica de mayor trascendencia en el mundo (Kwon-Chung y Bennett, 1992; Tewary *et al.*, 1998). En México, su importancia resalta por el alto porcentaje de

letalidad de la forma clínica pulmonar primaria, generalmente asociada a brotes epidémicos, por su relación cercana con ciertas actividades laborales que aumentan el riesgo de cursar la enfermedad y por su frecuente asociación con el SIDA (Reyes-Montes *et al.*, 1999; Vaca-Marín *et al.*, 1998; Velasco-Castrejón, 1998).

Los registros de la enfermedad en el país se iniciaron aproximadamente entre 1940 y 1945, aunque existen datos que remontan la probable descripción de la enfermedad en el siglo XIX y aspectos culturales que permiten conjeturar sobre la posible existencia de la enfermedad en época precolombina (Taylor *et al.*, 1996; Vaca-Marín *et al.*, 1998).

La enfermedad afecta principalmente a algunos tipos de trabajadores del campo, como: campesinos recolectores de guano y particularmente mineros. Ciertas actividades ocupacionales relacionadas a la arqueología, la antropología, la geología y la biología también exponen a sus profesionistas a riesgos de adquirir la histoplasmosis (Taylor *et al.*, 1996; 1997; 2000a). Asimismo aficiones como la espeleología y el ecoturismo en ambientes cavernícolas son actividades que conllevan riesgo de infección por el hongo dimórfico, *Histoplasma capsulatum* var. *capsulatum*, agente etiológico de la histoplasmosis, que se distribuye ampliamente en las zonas tropicales y subtropicales del mundo. En el ambiente natural el hongo no es reconocible macroscópicamente, aunque se desarrolla en su fase micelial infectante en el suelo hasta 15 cm de profundidad. En México, este parásito ha sido encontrado en minas, cuevas, casas u otras construcciones abandonadas, además de espacios abiertos, donde existe guano de murciélagos y/o de aves que contienen nutrientes especiales que aunados a temperatura y humedad óptimas en ambientes de poca luz,

conforman su nicho ecológico ideal, donde prevalecen las condiciones propicias para su crecimiento y buena esporulación (Goodman y Larsh, 1997; Mahvi, 1970). En cultivo a 25-28°C *H. capsulatum* forma micelio café a blanquecino, el cual presenta a la observación microscópica hifas delgadas septadas y dos tipos conidios: los macroconidios esféricos tuberculados o digitiformes de 8-15 µm de diámetro y los microconidios piriformes de 2 x 4 µm de diámetro. En el hospedero infectado, el hongo se convierte en levadura que es su fase parasitaria y virulenta. Bajo ciertas circunstancias este patógeno sobrevive dentro de las células fagocíticas y puede o no causar infecciones fatales en hospederos no inmunocompetentes.

Por lo general, el caminar en los suelos contaminados, produce la formación de aerosoles que contienen principalmente microconidios y pequeños fragmentos de hifas que constituyen la forma infectante del hongo y que al penetrar por vía respiratoria, producen la infección en sujetos susceptibles y asegura además una alta morbilidad entre los individuos que laboran o visitan lugares cerrados (Taylor *et al.*, 1996; 1997; 2000b; Vaca-Marín *et al.*, 1998).

En la mayoría de los individuos, la infección cursa en forma asintomática o moderada (leve), como un catarro común, lo que indica que desarrollan una respuesta de defensa rápida y eficiente para controlarla.

En ocasiones, ésta se manifiesta bajo la forma de una enfermedad severa diseminada, con mayor riesgo de curso letal, la cual puede estar asociada con la supresión de la respuesta inmune celular de los individuos infectados. Una reactivación endógena puede ocurrir cuando un hospedero infectado previamente se expone a procesos naturales o adquiridos de

inmunosupresión, siendo los pacientes con SIDA un blanco natural para estos mecanismos (Tewary *et al.*, 1998; Reyes-Montes *et al.*, 1999).

La infección presente o pasada puede ser determinada en los individuos por la manifestación de la respuesta inmune celular *in vivo*, conocida como intradermorreacción que en los casos positivos, desarrolla una respuesta inflamatoria con edema, eritema e induración en piel, después de la aplicación intradérmica del antígeno específico, el filtrado del cultivo del hongo, denominado histoplasmina (histoplasmino-reacción). Esta prueba carece de valor diagnóstico, a menos que en el individuo se presente una conversión de una reacción negativa a positiva. En México, altos valores de histoplasmino-reacción positiva han sido observados en áreas donde la población desempeñaba actividades laborales con alto riesgo de infectarse, como: recolección de guano de murciélago para fertilizar el campo; servicio de guía turístico de cuevas; y manejo de excretas de aves para complemento alimenticio de ganado. En contraste, una escasa o nula respuesta a la histoplasmino-reacción se observa en áreas donde los habitantes se dedican a actividades no relacionadas al manejo de productos y desperdicios de aves y murciélagos, como la pesca por ejemplo (Pedroza-Serés *et al.*, 1994; Taylor *et al.*, 1996; 1997; 2000b).

A partir de 1988, se iniciaron los registros oficiales de la enfermedad por parte de la Dirección General de Epidemiología (DGE), de la Secretaría de Salud (SS). Este registro se interrumpió en 1995 y la enfermedad fue nuevamente condenada al anonimato, a pesar del incremento de la tasa de morbilidad entre 1988 y 1994.

La enfermedad ha sido asociada a un posible riesgo genético, que aumenta la probabilidad de cursar una forma clínica determinada en los individuos que tienen ciertos marcadores de histocompatibilidad. La determinación de la frecuencia génica de los marcadores de MHC (Major Histocompatibility Complex) en una población mexicana con riesgo ocupacional y residente en zona endémica de la enfermedad y comparada con valores de mestizos mexicanos, mostró que el marcador MHC, HLA-B22, presentó una diferencia significativa de su frecuencia génica y por su presencia en individuos que referían enfermedad pasada, se encontró que podía estar asociado con el riesgo de la manifestación pulmonar de la histoplasmosis (Pedroza-Séres *et al.*, 1994; Taylor *et al.*, 1997).

Los animales pueden sufrir infecciones leves o evolucionar a enfermedad grave y muerte. Los registros que se conocen de aislamiento, infección y enfermedad por *H. capsulatum* se refieren a mamíferos. Aunque se tienen reportes de aislamientos positivos del hongo en excretas de aves, no se ha descrito en la literatura la enfermedad ni la infección de estos animales, posiblemente por la limitación de su elevada temperatura corporal.

La asociación entre los murciélagos y la enfermedad es muy conocida desde hace muchos años (Emmons, 1958). Los murciélagos son uno de los vertebrados infectados que pueden ser responsables del mantenimiento y dispersión del hongo en la naturaleza (Hoff y Bigler, 1981; Chávez-Tapia *et al.*, 1998; Taylor *et al.*, 1994; 1999; 2000a; 2000b). La mayor incidencia de *H. capsulatum* en especies coloniales tiene relación directa con la acumulación de guano y las características del refugio (dimensiones, topografía, condiciones climáticas), las cuales determinan la

proliferación del hongo en el ambiente. Kunz (1988) refiere de 1970 a 1981 una lista de 30 especies, de las cuales se ha aislado el hongo. Los trabajos realizados por Fernández-Andreu (1988) y Taylor *et al.* (1994; 1999) incluyen nuevos aislamientos que representan primeros registros para América y México. Las especies citadas tienen hábitos principalmente coloniales y una gran variedad de dietas: insectívoros, polinívoros, nectarívoros, frugívoros, hematófagos y piscívoros, por lo que la ocurrencia de *H. capsulatum* en estas especies parece no estar relacionada al tipo de alimentación.

Las circunstancias que favorecen la infección de los murciélagos no han sido determinadas. Los estudios experimentales han mostrado que *Artibeus lituratus* puede infectarse por vía intranasal con sólo 100 células levaduriformes viables (McMurray y Greer, 1979). Considerando la importancia de producción de heces y características del refugio, parámetros como: número y tamaño de la colonia, coexistencia de especies, selección de percha, período de permanencia y hábitos alimentarios, constituyen factores relevantes para la concentración, posibilidad de inhalación de esporas y el establecimiento de *H. capsulatum*.

Se ha reportado una incidencia de infección por *H. capsulatum*, en murciélagos, de 1 al 12% (Bryles *et al.*, 1969; McMurray y Russell, 1982), sin embargo los trabajos realizados por nuestro equipo a la fecha, sugieren una incidencia mayor al 66% registradas en muestras de refugio específicos (Taylor *et al.*, 1999).

Al tipificar por RAPD-PCR aislados de *H. capsulatum* recuperados de murciélagos infectados capturados en diferentes áreas del país, éstos fueron clasificados de acuerdo con sus similitudes genéticas en un solo grupo, el cual presenta

un patrón polimórfico común para aislados de murciélagos capturados en Morelos, Oaxaca y Puebla.

Recientemente, por estudios de la secuencia parcial de cuatro genes (*ARF*, *H-ANTI*, *OLE* y *TUB1*) se determinó una identidad genética del 100% entre los aislados de murciélagos procedentes de los estados antes referidos. Este patrón molecular resulta de interés, ya que podría ser utilizado como un marcador para diferenciar aislados de murciélagos infectados (Taylor *et al.*, 2000a). Algunos de los murciélagos en los que ha sido aislado el hongo tienen una baja tasa de movimientos regionales y comparten cuevas con otras especies. Sin embargo, especies de murciélagos cavernícolas que realizan movimientos regionales importantes, como *Leptonycteris curasoae* y *L. nivalis*, podrían ser las responsables de dispersar al hongo. La asociación entre la distribución geográfica de las cepas del hongo con idéntico patrón polimórfico del DNA (marcador biológico) y su aislamiento de murciélagos, debería ser utilizada para rastrear los desplazamientos habituales de los murciélagos migratorios. Esta propuesta resulta interesante, considerando las dificultades que implica estudiar y demostrar el alcance geográfico de estos movimientos. Se afirma que el murciélago nectarívoro *L. curasoae* realiza migraciones latitudinales entre el sur de los EUA y el trópico de México. Las pruebas de estas migraciones son circunstanciales y se ha demostrado que algunas poblaciones de *L. curasoae* son residentes y por lo tanto no migran. Se han documentado movimientos intertropicales entre cuevas de la región semiárida del centro de México (Guerrero-Hidalgo, Hidalgo-Morelos y Morelos-Oaxaca) (Álvarez *et al.*, 1999; Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996; Rojas-Martínez *et*

al., 1999), y en ésta misma región ha sido identificado un polimorfismo común del DNA de *H. capsulatum* para murciélagos nectarívoros (Taylor *et al.*, 2000a), por lo que la biogeografía del polimorfismo de este hongo puede contribuir a resolver la polémica que existe con relación al alcance de las migraciones de especies murciélagos.

En México, hay una carencia de información sobre la histoplasmosis, por lo que tratamos de divulgar su conocimiento y con esto contribuir a disminuir la incidencia de infección y enfermedad, particularmente entre las poblaciones de alto riesgo.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, T., N. Sánchez-Casas y J. A. Villalpando. 1999. Registro de los movimientos de *Leptonycteris curasoae* en el centro de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 45: 9-15.
- Bryles, M. C., G. C. Cozad y A. Robinson. 1969. Isolation of *Histoplasma capsulatum* from bats in Oklahoma. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 18: 399-400.
- Chávez-Tapia, C. B., R. Vargas-Yáñez, G. Rodríguez-Arellanez, G. R. Peña-Sandoval, J. J. Flores-Estrada, M. R. Reyes-Montes y M. L. Taylor. 1998. I. El murciélago como reservorio y responsable de la dispersión de *Histoplasma capsulatum* en la naturaleza. II. Papel de los marcadores moleculares del hongo aislado de murciélagos infectados. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, México*, 11: 187-191.

- Emmons, C. W. 1958.** Association of bats with histoplasmosis. *Public Health Report*, 73: 590-595.
- Fernández-Andreu, C. M. 1988.** Aislamiento de *Histoplasma capsulatum* en murciélagos en Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 40: 36-43.
- Goodman, N. L. y H. W. Larsh. 1967.** Environmental factors and growth of *Histoplasma capsulatum* in soil. *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, 33: 145-156.
- Hoff, G. L. y W. J. Bigler. 1981.** The role of bats in the propagation and spread of histoplasmosis: a review. *Journal of Wildlife Diseases*. 17: 191-196.
- Kunz, T. H. 1988.** *Ecological and Behavioral Methods of the Study of Bats*. Smithsonian Institution Press, London. 533 pp.
- Kwon-Chung, K. J. y J. E. Bennett. 1992.** Histoplasmosis, pp. 464-513. In: Emmons, Ch. W., Ch. H. Binford & J. P. Utz (Eds.). *Medical Mycology*. Lea and Febiger, Philadelphia.
- Mahvi, T. A. 1970.** Factors governing the epidemiology of *Histoplasma capsulatum* in soil. *Mycopathology and Mycology Applied*, 41: 167-176.
- McMurray, D. y D. Greer. 1979.** Immune responses in bats following intranasal infection with *Histoplasma capsulatum*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 28: 1036-1039.
- McMurray D. y L. Russell. 1982.** Contribution of bats to the maintenance of *Histoplasma capsulatum* in a cave microfocus. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 31: 527-531.
- Pedroza-Serés, M., H. Quiroz-Mercado, J. Granados y M. L. Taylor. 1994.** The syndrome of presumed ocular histoplasmosis in Mexico: a preliminary study. *Journal of Medical and Veterinary Mycology*, 32: 83-92.
- Reyes-Montes, M. R., M. Bobadilla Del-Valle, M. A. Martínez-Rivera, G. Rodríguez-Arellanes, E. Maravilla, J. Sifuentes-Osornio y M. L. Taylor. 1999.** Relatedness analyses of *Histoplasma capsulatum* isolates from Mexican patients with AIDS-associated histoplasmosis by using histoplasmin electrophoretic profiles and randomly amplified polymorphic DNA patterns. *Journal of Clinical Microbiology*, 37: 1404-1408.
- Rojas-Martínez, A. E. y A. Valiente-Banuet. 1996.** Análisis comparativo de la quiropterofauna del valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*, 67: 1-23.
- Rojas-Martínez, A., A. Valiente-Banuet, M. C. Arizmendi, A. Alcántara-Eguren y H. T. Arita. 1999.** Seasonal distribution of the long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in North America: does a generalized migration pattern really exist? *Journal of Biogeography*, 26: 1065-1077.
- Taylor, M. L., C. B. Chávez-Tapia y M. R. Reyes-Montes. 2000a.** Molecular typing of *Histoplasma capsulatum* isolated from infected bats, captured in Mexico. *Fungal Genetics and Biology*, 30: 207-212.

- Taylor, M. L., C. B. Chávez-Tapia, R. Vargas-Yáñez, G. Rodríguez-Arellanes, G. R. Peña-Sandoval, C. Toriello, A. Pérez y M. R. Reyes-Montes. 1999.** Environmental conditions favoring bat infection with *Histoplasma capsulatum* in Mexican shelters. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 61: 914-919.
- Taylor, M. L., J. Granados y C. Toriello. 1996.** Biological and sociocultural approaches of histoplasmosis in the State of Guerrero, Mexico. *Mycoses*, 39: 375-379.
- Taylor, M. L., A. Pérez-Mejía, J. K. Yamamoto-Furusho y J. Granados. 1997.** Immunologic, genetic and social human risk factors associated to histoplasmosis: studies in the State of Guerrero, Mexico. *Mycopathologia*, 138: 137-141.
- Taylor, M. L., M. R. Reyes-Montes, C. B. Chávez-Tapia, E. Curiel-Quesada, E. Duarte-Escalante, G. Rodríguez-Arellanes, G. R. Peña-Sandoval y F. Valenzuela. 2000b.** Ecology and molecular epidemiology findings of *Histoplasma capsulatum*, in Mexico. *Research Advances in Microbiology*, 1: 29-35.
- Taylor, M. L., C. Toriello, A. Pérez-Mejía, M. A. Martínez, M. R. Reyes-Montes, L. Espinosa-Ávila y C. Chávez-Tapia. 1994.** Histoplasmosis in the State of Guerrero, Mexico: a biological approach. *Revista Mexicana de Micología*, 10: 49-53.
- Tewary, R., L. J. Wheat y L. Ajello. 1998.** Agents of histoplasmosis, pp. 373-407. In: Ajello, L. & R. J. Hay (Eds.). *Medical Mycology. Topley & Wilson's, Microbiology and Microbial Infections*, 9th ed. Arnold and Oxford University Press, New York.
- Vaca-Marín, M. A., M. A. Martínez-Rivera y J. J. Flores-Estrada. 1998.** Histoplasmosis en México, aspectos históricos y epidemiológicos. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, México*, 11: 208-215.
- Velasco-Castrejón, O. 1998.** La histoplasmosis pulmonar primaria en México. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, México*, 11: 221-225.

IMPORTANCIA DE LOS MURCIÉLAGOS

Aldo Bernal Rojas. *Taller de Biología de Suelo y Cuevas. Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Depto. Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM.*

Se despiertan al aparecer la penumbra nocturna y se van a dormir al amanecer. Durante el día permanecen en refugios como cuevas, troncos huecos, grietas, minas, bajo puentes, etc. Aún en las ciudades encuentran acomodo en oquedades o rendijas entre los edificios. Casi inadvertidos por los demás seres vuelan en busca de alimento a lo largo de la noche. Por su apariencia y el sigilo con que se mueven, los murciélagos han sido inspiración de incontables leyendas y supersticiones inseparables del folklore de muchas culturas en el mundo (Télez-Girón, 1992).

Un ejemplo muy claro, el Popol Vuh relata las aventuras de Hunahpú e Ixbalanqué, héroes mitológicos arrojados por sus enemigos a la Casa de Camazotz “un gran animal cuyos instrumentos de matar eran como una punta seca”. Al parecer, al decir punta seca se referían a los colmillos. En esta historia el héroe muere a la causa de otro Camazotz que vino del cielo, lo cual deja pocas dudas que el relato se refiere a los murciélagos.

Al llegar los conquistadores europeos a América, trajeron consigo historias originadas en los Balcanes, acerca de los espíritus que en forma de murciélagos bebían sangre humana. Desde entonces hasta hoy, entre el común de las personas existen más supersticiones que conocimiento real sobre los murciélagos. Probablemente debido a su estilo de vida, los murciélagos

siempre han estado asociados con los mitos más sórdidos que ha producido la humanidad, así como también su aspecto extraño ha despertado increíblemente la imaginación del hombre (Sánchez, 1998).

Esta falta de información sobre estos animales ha ocasionado que sus poblaciones estén en constante decremento. Dentro de las principales causas encontramos:

1.- La utilización de insecticidas. El uso abundante de plaguicidas agrícolas, por muchas décadas, ha eliminado a un gran número de estos mamíferos voladores, que generalmente se reunían en grupos de millones de individuos. Los plaguicidas no matan inmediatamente a todos los insectos, por lo que, antes de morir, éstos pueden ser comidos por murciélagos, los cuales llegan a acumular dosis mortales de tóxicos mientras tratan de alimentarse.

2.- La caza no selectiva. El combate improvisado a los murciélagos vampiros, en sitios tropicales de alta incidencia de rabia bovina, ha tenido efectos negativos. En efecto, los vampiros pueden transmitir esta enfermedad mientras se alimentan de sangre de vacas, pero las técnicas de combate no selectivas han conducido al exterminio simultáneo de otras especies de murciélagos. Se ha afectado a especies no involucradas en el problema de la rabia y que, en cambio, son altamente útiles para el hombre y su ambiente. Paradójicamente, en sus selvas nativas los vampiros nunca existieron en altos números, sino que su explosión demográfica dio inicio cuando éstas se talaron y en su lugar se instalaron potreros, con cientos o miles de vacas (Sánchez, 1998).

3.- El cierre de cuevas y minas. Las cuevas y minas protegen a las mayores concentraciones de mamíferos que existen, por ejemplo, de las 39 especies de

murciélagos latinoamericanos que se sabe que forman colonias de cientos de animales, 30 se refugian en cuevas y todas las 24 especies que se sabe que forman colonias de miles o cientos de miles, también se refugian en cuevas y minas (Tuttle *et al.*, 2000).

4.- Introducción del turismo en cuevas. Este fenómeno ha causado grandes daños no sólo en las poblaciones de los murciélagos, sino que ha influido directamente también en las demás poblaciones de organismos que existen en el interior de las cuevas. La introducción de luces artificiales, la generación de caminos en el interior de las cuevas, así como la introducción excesiva de la gente al interior de estos verdaderos laboratorios naturales, han afectado las condiciones microclimáticas de manera muy preocupante.

5.- La destrucción de selvas, bosques y desiertos. La constante tala inmoderada ha ocasionado grandes daños a las poblaciones de organismos, llegando a un punto en el que muchas de las especies existentes en los ecosistemas devastados, sean consideradas ó estén en el famoso y desagradable grupo de “especies en peligro de extinción”. Realmente esta situación es muy preocupante, ya que el papel que juegan los murciélagos en los diferentes ecosistemas es de vital importancia, tanto económica como ecológicamente hablando con respecto al hombre y al ambiente respectivamente.

Dentro de los ecosistemas “externos”, refiriéndome a ellos de esa forma, porque es donde existe incidencia de luz solar y por ende la presencia de organismos autótrofos (plantas), presentan varias funciones primordiales, dentro de las cuales podemos mencionar las siguientes :

1.- Son animales importantes en lo que se refiere a la dispersión de semillas de diversos tipos de plantas. Por ejemplo, el Dr. Medellín dentro del Plan de Conservación de Murciélagos Migratorios de México y Estados Unidos, indica que los quirópteros son un factor esencial en el proceso de recuperación NATURAL de las selvas devastadas por el hombre: los murciélagos riegan las semillas de las plantas pioneras – las cuales crecen primero – como la hierba santa o el guarumbo, que crean las condiciones físico-químicas del suelo y moderan los cambios de temperatura y humedad que permiten la germinación de muchas otras plantas. Esparcen entre dos y ocho semillas por metro cuadrado por noche. Esto es indicativo de que si los murciélagos desaparecen ó bajan su densidad poblacional, se vería afectada de manera notable la velocidad de recuperación del ecosistema (Medellín, 2001).

2.- Son importantes controladores de insectos “plaga”. Los murciélagos son los depredadores principales de un gran número de insectos que vuelan en la noche, y muchos de ellos representan plagas agrícolas y forestales muy costosas en Latinoamérica. Estas incluyen a los escarabajos del pepino y de la papa, gorgojos, las larvas de las polillas del maíz y homópteros. Un solo murciélago moreno puede destruir más de 1,200 insectos del tamaño de un mosquito en una hora, y cada millón de murciélagos de cola libre (*Tadarida brasiliensis*), que habitan en toda Latinoamérica consume más de diez toneladas de insectos cada noche, la mayoría de los cuales son insectos plaga.

3.- Realizan la polinización de plantas con importancia económica y ecológica en diferentes ecosistemas. Muchas plantas dependen directamente de la polinización que ellos realizan para reproducirse. Por

ejemplo, los murciélagos magueyeros (*Leptonycteris curasoae*) y los trompudos (*Choeronycteris mexicana*) son importantes polinizadores para unas 60 especies de plantas de agave y son tanto polinizadores como dispersores de semillas (garambullo, pitaya, saguaro, agave tequilero). La pérdida de estos murciélagos podría arriesgar más a estas plantas, cuyas poblaciones ya están declinando y dañando ecosistemas completos (Tuttle *et al.*, 2000).

4.- Así mismo, otra importancia que representan, aunque es visto desde un punto de vista antropocéntrico como negativa, es de que son transmisores de enfermedades como la rabia. Estos son los murciélagos que se alimentan de sangre de vertebrados, como es el caso de *Desmodus rotundus*, el cual obtiene su alimento principalmente del ganado, lo que crea grandes pérdidas económicas para el hombre.

Como hemos visto, los Quirópteros representan organismos de mucha relevancia en los diferentes ecosistemas externos, pero no solamente se limita su importancia en éstos, debido a que su principal hábitat ó refugio lo representan las cuevas, en donde, también su presencia es vital tanto para el hombre como para el mismo ambiente cavernícola.

Los murciélagos juegan un papel muy importante en las cuevas, ya que en muchas ocasiones representan el único aporte energético en el interior de éstas, lo que provoca que con base en ellos va a estar sustentada la cadena trófica de la cueva, así como las condiciones de temperatura y humedad.

El aporte de energía se da principalmente por el guano y los cadáveres de los mismos murciélagos. El guano es el excremento de los murciélagos, es muy rico en nutrientes, minerales y energía (sodio,

fósforo, potasio, nitrógeno). Este es aprovechado por organismos que se alimentan directamente de él, como es el caso de bacterias, hongos, algunos colémbolos y ácaros. Los hongos y el guano, así como las bacterias, sirven de alimento a tisanuros, dipluros, cucarachas, escarabajos, los cuales a su vez sirven de presas a muchos arácnidos depredadores: arañas, ricinúlidos y pseudoescorpiones. Continuando con la cadena trófica, existen otros arácnidos, los *amblipígid*os y los escorpiones, así como insectos depredadores de gran tamaño, que se pueden alimentar a su vez de los arácnidos e insectos más pequeños. Al final de estas cadenas se encuentran tortugas, sapos, ranas, etc, cuyo alimento son éstos grandes artrópodos. Cuando los animales no se comen completamente a sus presas, dejan restos del cadáver que son aprovechados principalmente por cucarachas y cangrejos. Los cadáveres de los murciélagos son aprovechados por organismos saprófagos, como es el caso de hongos, algunos escarabajos, cucarachas, etc.

El guano también ha representado un papel importante dentro de la economía del hombre, ya que como es bien sabido, ha sido utilizado como fertilizante en los cultivos, debido a las altas concentraciones de diferentes nutrientes que presenta. Así mismo también ha sido utilizado para la fabricación de bombas y armas en la industria bélica (Sistema Mamut) (Cano & Martínez, 1999).

Por otra parte, los murciélagos participan en forma muy directa en lo que se refiere a temperatura y humedad dentro de las cuevas, ya que el calor irradiado por éstos, unido al agua que evaporan, proporciona al aire del recinto los más altos valores de temperatura (28-40° C) y humedad relativa (99%). Estas circunstancias confieren al refugio cavernario la máxima independencia y, en

consecuencia, la máxima estabilidad microclimática con respecto a las condiciones del ambiente exterior. (Silva, 1979).

Estas condiciones climáticas dentro de las cuevas, no suelen variar mucho a lo largo del año u hora del día, lo que indica que la fauna de la cueva es frágil, ya que están tan adaptados a su ambiente que cualquier cambio en la temperatura ó humedad puede provocar su desaparición. (Arita, 1993).

Esto no quiere decir que en todas las cuevas se presenten las mismas cadenas tróficas, ya que varían de acuerdo a: 1) la constitución de las cuevas, 2) los aportes de agua, 3) la región en la que se localizan las cuevas, 4) la presencia de otras fuentes de energía, y 5) el tipo de murciélagos que habiten en ellas, pues según el tipo de alimento que consumen será el tipo de guano que produzcan (Cano & Mantínez, 1999).

Finalmente, es necesario el tratar de difundir un poco la información no sólo lo que respecta a murciélagos, sino que se realicen proyectos con el fin de que la gente que carece de este tipo de información, conozca un poco más de lo que la rodea, generando así una conciencia en beneficio del ambiente y para el ser humano.

El Dr. Medellín, ya comenzó esta tarea, ya que dentro del PCMM, está realizando pláticas con las comunidades que se encuentran cercanas a lugares donde habitan murciélagos, sobre todo dirigiéndose a los niños, lo cual representa un pequeño avance en lo que respecta a la conservación de animales. Desafortunadamente, creo que no es tan fácil, ya que la mayor parte de nuestra gente presenta otro tipo de prioridades, y no es porque no le interese el tema como tal, sino que la situación en la que se vive actualmente tanto social como

económica, deja en tercer término o hasta más, la importancia del tratar de mantener y conservar nuestro patrimonio biológico.

Bibliografía.

Arita, H. T. 1993. Las cuevas: otro ecosistema en peligro. *Oikos*, 19:2.

Cano Z. & J. Martínez. 1999. *La cueva y sus habitantes. La Ciencia para todos. Vol 181. Fondo de Cultura Económica*, México. 164 pp.

Medellín, R. 2001. Los murciélagos, factor esencial para la recuperación natural de selvas. *Boletín UNAM-DGCS*, 46. (http://www.dgi.unam.mx/boletin/bd_boletin/2001_463.html)

Sánchez, O. 1998. Los murciélagos de México. *Biodiversitas*, 20: 2-11.

Silva, G. 1979. Los murciélagos de Cuba. Editorial Academia, Habana, Cuba, 423 pp.

Téllez-Girón, G. 1992. Voladores de la noche. *Oikos*, 15: 12

Tuttle, M. D. D. A. R. Taylor, R. A. Medellín & S. Walker. 2000. *Murciélagos y minas*. Programa de Conservación de Murciélagos Mexicanos, Bat Conservation International. University of Texas Press, Austin. 56 pp.

ESTRATEGIAS ADAPTATIVAS A LA VIDA CAVERNÍCOLA

Alejandra Domínguez Álvarez. *Taller de Biología de Suelo y Cuevas. Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Depto. Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM*
E-mail: aledomingueza@yahoo.com.mx

Abstract: The different strategies of many animals to survival of hostile world of caves are presented. There is little food, total lack of light and often low temperatures. This makes that cave inhabitants develop amazing forms and adaptations, which make more efficient their search for food and mates.

Resumé: Les différentes stratégies de beaucoup d'animaux pour survivre au monde hostile des cavernes sont présentées. Le peu de nourriture, le manque de total de lumière et souvent des températures basses, font que les habitants des grottes développent des formes et des adaptations étonnantes, qui rendent plus efficace leur recherche de nourriture et de partenaire sexuel.

INTRODUCCIÓN

Para algunas civilizaciones las cuevas fueron consideradas como lugares inhóspitos; se creía que la oscuridad reinante hacía imposible la vida para cualquier ser normal. Estos lugares podían ser habitados solamente por criaturas tales como demonios y dragones. Sin embargo, para extrañeza de los primeros exploradores las cuevas no estaban habitadas por estos seres míticos sino por criaturas igualmente fascinantes e intrigantes, como es el caso del "proteo" al cual se le consideró por mucho tiempo un dragón. (Dale, 1982).

En 1698 en las grutas de Carniol, se hizo el descubrimiento del primer ser específicamente cavernícola: el proteo, (*Proteus anginus*) un extraño animal semejante a una salamandra, cuyo cuerpo es transparente blancuzco y anoftálmico, es decir, que no presenta ojos. Casi dos siglos después en Prosonja se encontró el primer animal cavernícola terrestre, un coleóptero ciego. Posteriormente a estos descubrimientos se suman muchos otros como el pez ciego de Mammoth Cave, el *Amblyopsis speleaus* (Martínez, 1997) que fueron aumentando la lista de especies cavernícolas así como el interés científico por responder a las preguntas que surgen al observar las adaptaciones que han hecho estos organismos a la vida en las cuevas, logrando sobrevivir, de forma sorprendente, a las condiciones precarias que en éstas predominan, como: la falta de luz, las bajas temperaturas y la poca disponibilidad de alimento entre otras.

En las últimas décadas, con el desarrollo de técnicas espeleológicas y el creciente interés científico por las cuevas, han salido a la luz una gran cantidad de organismos que eran completamente desconocidos por nosotros y asombrosamente, una gran parte de los grupos zoológicos están representados en el ambiente cavernícola (Hoffmann *et al.*, 1986).

CLASIFICACIÓN DE LOS HABITANTES DE LAS CUEVAS

Como un primer paso al estudio de los habitantes de las cuevas, tanto permanentes como ocasionales en 1854 Schiner, hace una propuesta que posteriormente es modificada por Racovitza en 1907, de esta manera quedó formado el sistema de clasificación Racovitza que sigue vigente y que incluye tres categorías:

Trogloxenos (*troglos*: cueva, *xenos*: ajenos) o visitantes de las cuevas, estas criaturas como murciélagos, guácharos y otros animales nocturnos encuentran condiciones favorables como la temperatura constante, la oscuridad y la ausencia de depredadores para pasar una época de su vida dentro de las cuevas, pero deben salir a buscar su alimento.

Troglofilos (*troglos*: cueva, *filos*: amor) o amantes de las cuevas, es el nombre que se les da a algunas especies cuyos miembros son capaces de pasar todo su ciclo de vida dentro de las cuevas, aunque no presenten ninguna modificación a la vida cavernícola y podrían habitar sin ningún problema en la superficie terrestre, a esta categoría pertenecen un gran número de arañas y grillos entre otros.

Troglobios (*troglos*: cueva, *bios*: vida) o habitantes de las cuevas, estas formas de vida presentan adaptaciones tanto morfológicas como fisiológicas que les permiten pasar todo su ciclo de vida dentro de las cuevas y se encuentran restringidas a ellas, dentro de esta clasificación se encuentran algunos coleópteros, peces, crustáceos etc (Barr & Holsinguer, 1985; Dale, 1982; Hoffmann *et al.*, 1986)

ADAPTACIONES A LA VIDA CAVERNÍCOLA

Tomando como punto de partida a estos últimos (los troglobios), es que se generalizan a varios grupos de animales algunas de las características que presentan más comúnmente, que les permiten adaptarse a las condiciones imperantes en las cuevas. Una teoría aceptada de cómo se van moldeando en períodos largos de tiempo las características de los animales cavernícolas es el proceso conocido como Selección Natural, que es la fuerza evolutiva

más importante que determina sus características, denominadas troglomorfas:

1) **Reducción o ausencia de ojos.** Dentro de las cuevas existen especies anoftálmicas; aunque en ciertas especies pueden aparecer vestigios de los que algún día fueron ojos, que se desarrollan muy lentamente en los primeros meses, frenado su desarrollo al llegar a la fase adulta, pero en algunas otras ni siquiera aparecen en la fase embrionaria. La reducción o ausencia de ojos en los troglobios se relaciona con la falta de luz (Gordon & Rosen, 1962). La oscuridad imperante en las cavernas hace del mantenimiento de órganos inútiles, un gasto energético innecesario y a cambio utilizan esta energía en órganos táctiles y auditivos superiores (como el desarrollo de la línea lateral de los peces ciegos y el alargamiento de apéndices sensoriales en los artrópodos). Algunos animales troglobios a pesar de su aparente pérdida de la visión presentan un cierto fototropismo negativo, como es el caso del pez mexicano *Anoptichthys jordani* (Cano y Martínez, 2000).

2) **Depigmentación.** Al igual que los ojos, la coloración carece de sentido, la piel de estos organismos no necesita estar protegida contra la acción nociva de los rayos ultravioletas procedentes de sol, además los colores juegan un importante papel tanto reproductivo como ecológico. Reproductivo en el sentido de la búsqueda de pareja y ecológico porque los colores pueden anunciar peligro a los depredadores o bien proporcionar un camuflaje para capturar sus presas, en un medio donde los colores no son percibidos, los pigmentos son un gasto energético. (Barr & Holsinguer 1985).

3) **Tamaños corporales extremos.** En cuanto al tamaño corporal que presentan los organismos que viven en las grietas de las

rocas, éstos son de minúsculo tamaño, pero las formas troglobias suelen tener un mayor tamaño corporal en comparación a sus congéneres que viven en el exterior. Un ejemplo claro es el de los anfípodos de la especie *Gammarus minus*, que habitan en manantiales dentro y fuera de las cuevas. Las poblaciones cavernícolas presentan un cuerpo más grande que el de los que viven en los manantiales exteriores (Martínez, 1997).

4) **Cuerpos delgados y apéndices alargados.** Algunos artrópodos cavernícolas presentan cuerpos más delgados y apéndices más largos que los que viven en la superficie. Este proceso es denominado como gracilización. Las patas largas aparentemente permiten al animal tener una mayor facilidad para desplazarse en un terreno irregular, como sucede en los grillos, arañas, opiliones y ácaros de guano, entre otros. Así mismo se presenta el desarrollo de otros apéndices como las antenas y los quelíceros. Este es el caso de los pseudoscorpiones cavernícolas cuyos pedipalpos son de dos a cuatro veces más largos que los del exterior (Cano y Martínez, 2000).

5) **Desarrollo de órganos sensoriales.** En un medio que carece completamente de luz como es el caso de las cuevas es necesaria la presencia de órganos que les permitan desplazarse y encontrar su alimento, así como su pareja sexual; es por ello que estos moradores de la oscuridad presentan un gran desarrollo en sus órganos auditivos, olfativos y táctiles. Uno de los ejemplos más sobresalientes es el del pez africano *Caeco barbatus geertsii* que utiliza unas barbillas bucales para no chocar contra los obstáculos de los estanques subterráneos. Otro ejemplo importante lo constituye la estridulación por parte de los grillos y de una especie de arañas cavernícolas que utilizan este sistema para comunicarse durante el cortejo.

Además, para la reproducción, estos organismos emiten señales químicas como las cucarachas y las arañas. Los artrópodos cavernícolas tienen sedas sensoriales más largas y órganos olfativos quimiorreceptores más sensibles que sus parientes cercanos de hábitos epigeos, lo que les permite localizar más fácilmente a sus presas (Gordon & Rosen, 1962).

6) **Capacidad de navegación.** En un ambiente con alto nivel de humedad e inundaciones frecuentes o permanentes muchos artrópodos tienen la capacidad para cruzar cuerpos de agua sin hundirse ni mojarse mediante el uso de sedas hidrofóbicas presentes en las patas. En particular los colémbolos han desarrollado patas especializadas para caminar sobre el agua.

7) **Reducción del sistema respiratorio y adelgazamiento de la cutícula.** La cutícula de los artrópodos tiene como función retener la humedad. Esto no es necesario en los ambientes cavernícolas, debido al adelgazamiento de la cutícula, estos animales respiran por su tegumento, por lo que su sistema respiratorio se reduce o bien se pierde. Algunos otros han adaptado su metabolismo a las nuevas necesidades. La respiración del anfípodo *Niphargus* es de diez a quince veces más lenta que su pariente en la superficie terrestre (Villani *et al.*, 1999).

8) **Desaparición del dimorfismo sexual.** El dimorfismo sexual es la presencia de caracteres distintos entre individuos de diferente sexo, lo que permite una selección sexual. En los ambientes cavernícolas esas características no son necesarias. Así que los organismos no presentan ninguna diferencia entre sexos y nunca se han registrado combates entre machos de alguna especie por una hembra (Cano y Martínez, 2000).

9) **Reproducción y ciclos de vida.** La reproducción es generalmente ovípara. Los seres cavernícolas por lo regular ponen muy pocos huevos o en ocasiones sólo uno, que presenta mayor tamaño y cantidad de vitelo, esto permite que las larvas dispongan de una importante reserva alimenticia. Esto es considerado como un cuidado parental, es decir los padres aseguran de cierta forma la sobrevivencia de los hijos, biológicamente esto es denominado como una estrategia k (Culver, 1982). El desarrollo de estos organismos puede transcurrir con lentitud, ya que pasan por periodos de hibernación cuando el alimento es escaso, algunos son de movimientos lentos y llegan a vivir un período de vida más largo que el de sus parientes cercanos.

Existen otras características tanto fisiológicas como conductuales que se presentan en los organismos cavernícolas, de las cuales no se tiene certeza del papel ecológico que juegan. Una de ellas es la escatofilia, que es la lentitud de movimientos (asociada a la poca disposición de oxígeno y altas concentraciones de CO₂) la resistencia al hambre (almacenamiento del alimento en forma de grasa) y la pérdida de la capacidad del vuelo en insectos, tendencia a evitar ambientes secos y la pérdida o reducción de los ciclos circadianos y estacionales (Arita, 1994).

Las características enlistadas pueden interpretarse como adaptaciones y muy posiblemente son la respuesta evolutiva de los animales frente a las condiciones ambientales. Es muy importante hacer notar que entre los animales cavernícolas están representados organismos que quizás fueron los primeros en salir del medio acuático para invadir el medio terrestre, o bien que son animales terrestres epigeos con preadaptaciones al medio cavernícola.

Literatura Citada.

- Arita, H.T. 1994. La vida bajo la tierra. *Ciencias*, 36.
- Barr, T. C. & J. R. Holsinger. 1985. Speciation in cave faunas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16: 313-337.
- Cano S. Z. & J. Martínez. 1999. *La cueva y sus habitantes. La Ciencia para todos. Vol 181. Fondo de Cultura Económica*, México. 164 pp.
- Culver, D. C. 1982. *Cave life; evolution and ecology*. Harvard University Press, Cambridge, 189 pp.
- Dale, J. D. 1982. *Underground worlds*. Editores, Time-Life Books. Planet Earth
- Gordon, M. S. & D. E. Rosen. 1962. A cavernicolus form of the Poecilid fish. *Poecilia sphenos* from Tabasco, México. *Copeia*, 2: 360-368
- Hoffmann, A., J. G. Palacios-Vargas y J. B. Morales-Malacara. 1986. *Manual de Bioespeleología*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 274 pp.
- Howath, F. G. 1983. Ecology of cave arthropods. *Annual Review of Entomology*, 28: 365-389.
- Martínez, H. J. 1997. *Manual de Espeleología*. Desnivel, España. 175 pp.

LOS “INSECTOS” (HEXAPODA: COLLEMBOLA) SIN ALAS EN LAS CUEVAS DEL MUNDO

José G. Palacios-Vargas, *Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Depto. de Ecología y Recursos Naturales, Fac. Ciencias, UNAM: 04310 México, D. F. E-mail: jgpv@hp.fciencias.unam.mx*

Abstract: A general panorama updated of the knowledge of the springtails of the world, their distribution in the different biogeographical regions is presented. A bibliographical selection is included on the taxonomy and one system of ecological classification of this group. Also a list of the most frequent genera in the caves at world-wide level is provided.

Resumé: Un panorama général mis à jour de la connaissance des Colembolla du monde, leur distribution dans les différentes régions biogéographiques est présenté. Un choix bibliographique est inclus sur la taxonomie et un système de classification écologique de ce groupe. En outre une liste des genres les plus fréquents dans les cavernes au niveau mondial est fournie.

INTRODUCCION.

Los colémbolos son sin duda alguna el grupo de insectos (o hexápodos, según algunos autores) que siempre está representado en todas las cuevas del mundo. Posiblemente no existe cueva alguna que carezca por completo de colémbolos. Esto es debido a que muchos pueden vivir en los ambientes subterráneos como una extensión del suelo, donde son uno de los

grupos dominantes. También pueden ser muy abundantes debido a la gran afinidad que tienen para alimentarse de hongos (hifas o esporas), de bacterias, guano, o inclusive de arcilla y de sus propias exuvias.

Sin embargo este grupo de animales pasa inadvertido regularmente debido al pequeño tamaño que tienen sus representantes, quienes regularmente miden en promedio 2 mm, pero algunas especies de los géneros más frecuentes en las cuevas llegan a medir tan solo doscientas o trescientas micras.

Ellos son un importante eslabón en las complicadas tramas tróficas que se realizan dentro de las cuevas. Sirven de alimento a numerosos invertebrados (artrópodos depredadores, sean arácnidos, insectos o ciempiés) y también a vertebrados juveniles.

Cabe señalar que nos referimos a uno de los grupos que anteriormente se incluían dentro de los apterigotos. Es decir artrópodos sin alas en ningún estado de su desarrollo, ni en sus ancestros o parientes cercanos. Existen otros artrópodos, que son verdaderos insectos y que carecen de alas, como en el caso de algunos parásitos, pero a ellos se les designa como ápteros. No consideramos aquí otros grupos de apterigotos como son los Diplura, Protura y Zygentoma que también se encuentran en ambientes cavernícolas.

En este artículo se presenta un panorama general de lo que se conoce en distintas regiones biogeográficas del mundo, señalando exclusivamente los géneros de las familias que tienen ejemplares que han sido considerados como verdaderos cavernícolas o troglomórficos. También se indica la cantidad total de especies que tiene cada género, incluyendo otros ambientes, que no son subterráneos. Esta información puede ser

consultada y actualizada en la página del “web” elaborada por Bellinger *et al.* (1996-2002).

Cabe señalar que aún falta mucho por conocerse y que es la falta de recopilaciones bibliográficas y de claves de identificación lo que dificulta e impide un mayor avance en el conocimiento de este grupo, que es el mejor representado dentro de las cuevas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se proporciona una lista de las familias y géneros que habitan cuevas. El número total de especies de cada género, ya sea que habiten en cuevas o en otros ambientes permite tener una idea de la magnitud de cada uno de ellos y el número de taxa que se ha considerado como verdaderas troglomórficas.

Cuadro 1. Familias y géneros con especies troglomórficas, total de especies y cantidad considerada como verdaderos cavernícolas. La distribución, NEA (Neártica), PAL (Paleártica), NEO (Neotropical), ET (Etiópica), OR (Oriental), PAC (Pacífica) HOL (Holantártica). En los casos que se encontró en las siete regiones se ha puesto Cosmopolita.

Fam.	Género	total spp.	troglomórficas	distribución
Hypogastruridae				
	<i>Acherontiella</i>	23	(2)	NEA, PAL, NEO, ET, OR, PAC
	<i>Acherontides</i>	13	(1)	NEA, PAL, NEO, ET
	<i>Bonetogastrura</i>	8	(6)	NEA, PAL
	<i>Pseudacherontides</i>	9	(3)	PAL, OR
	<i>Ongulogastrura</i>	1	(1)	PAL, OR
	<i>Schaefferia</i>	24	(2)	NEA, PAL, NEO, OR
	<i>Typhlogastrura</i>	14	(8)	NEA, PAL, NEO, OR
Gulgastruridae				
	<i>Gulgastrura</i>	1	(1)	OR
Neanuridae				
	<i>Deutonura</i>	54	(2)	NEA, PAL, NEO, ET, OR
	<i>Gisineia</i>	2	(1)	PAL
	<i>Neanura</i>	44	(1)	NEA, PAL, NEO, ET, OR, PAC
Onychiuridae				
	<i>Mesaphorura</i>	54	(1)	COSMOPOLITA
	<i>Oligaphorura</i>	18	(2)	NEA, PAL, OR
	<i>Ongulonychiurus</i>	1	(1)	NEA, PAL, ET, OR, PAC
	<i>Onychiurus</i>	40	(2?)	COSMOPOLITA
	<i>Protaphorura</i>	109	(1?)	COSMOPOLITA
Isotomidae				
	<i>Folsomia</i>	131	(2)	COSMOPOLITA
	<i>Gnathofolsomia</i>	1	(1)	PAL
	<i>Isotomiella</i>	41	(2)	NEA, PAL, NEO, ET, OR, PAC
	<i>Isotomurus</i>	63	(2)	NEA, PAL, NEO, ET, OR, PAC

Cuadro 1. Cont.

Fam.	Género	total spp.	troglobórficas	distribución
Entomobryidae				
Entomobryinae				
	<i>Pseudosinella</i>	310	(119)	COSMOPOLITA
	<i>Sinella</i>	83	(7)	NEA
	<i>Hawinella</i>	2	(1)	PAC
	<i>Metasinella</i>	11	(1)	NEA, NEO
Orchesellinae				
	<i>Bessoniella</i>	1	(1)	PAL
	<i>Orchesella</i>	110	(2)	NEO, PAL, NEO, ET, OR
	<i>Verhoeffiella</i>	6	(6)	PAL
Tomoceridae				
	<i>Tomocerus</i>	56	(9)	COSMOPOLITA
	<i>Tritomurus</i>	5	(2)	PAL
Paronellidae				
	<i>Cyphoderopsis</i>	1?	(1?)	PAL
	<i>Pseudoparonella</i>	19	(1)	OR, PAC
	<i>Troglobius</i>	2	(2)	NEO, ET
	<i>Troglopedetes</i>	35	(10)	PAL, ET, OR, PAC
	<i>Trogolaphysa</i>	32	(9)	NEA, PAL, NEO, ET
Oncopoduridae				
	<i>Oncopodura</i>	49	(16)	NEA, PAL, NEO, ET, OR, PAC
Neelidae				
	<i>Megalothorax</i>	22	(4)	COSMOPOLITA
Arrhopalitidae				
	<i>Arrhopalites</i>	112	(42)	NEA, PAL, NEO, ET, OR, PAC
Sminthuridae				
	<i>Disparrrhopalites</i>	1	(1)	PAL, ET
	<i>Pararrhopalites</i>	8	(1)	NEA, NEO, ET, OR, PAC
Spinothecidae				
	<i>Troglospinotheca</i>	1	(1)	HOL

De un total de 28 familias que existen de colémbolos a nivel mundial (según la página del web de Janssens), sólo cerca de la mitad, las trece que se muestran en el cuadro uno, contienen troglomórficos. Del total de géneros mundialmente registrados (612), sólo 40 (cuadro 1) tienen especies que son verdaderas troglomórficas, habitantes de grutas y otros ambientes subterráneos. Sin embargo, tales géneros contienen más de 1,500 especies que viven en todos los ambientes (y son el 20% de los 7,500 colémbolos que se conocen hoy en día), y de

ellos, cerca de 270 son verdaderos troglomorfos (17%).

Las familias que no han sido encontradas en las cuevas, o que bien, aunque algunas hayan sido encontradas, no presentan formas troglomórficas son: Poduridae, Odontellidae, Microfalculidae, Mackenziellidae, Bourletiellidae, Brachystomellidae, Dicyrtomidae, Katiannidae, Sminthuridae, Sminthurididae, Sturmidae, Actaletidae, Isotogastruridae, y Coenaletidae. Las tres últimas están más

vinculadas al ambiente litoral marino y en particular la última está asociada a los cangrejos ermitaños.

Cabe señalar que representantes de la familia Cyphoderidae con frecuencia han sido colectados en cuevas, pero también se encuentran en otros ambientes y no existen adaptaciones que podamos determinar como troglomorfismos, por lo que posiblemente se trate de formas troglófilas, que también habitan nidos de insectos sociales. Los caracteres de este género más bien pueden ser considerados como sinecomórficos (Cuadro 2).

De los 40 géneros, diez de ellos: *Gulgastrura*, *Ongulogastrura*, *Ongulonychiurus*, *Gnathofolsomia*, *Besoniella*, *Cyphoderopsis*, *Disparrhopalites*, *Troglospinotheca*, *Gisinea*, *Troglobius*, son géneros exclusivamente cavernícolas y todos, menos los dos últimos, son monoespecíficos. Varios de ellos han sido considerados por Thibaud y Deharveng (1994) como elementos relictuales de la fauna, por ser linajes filéticos aislados de los que no se conocen especies edáficas ni epiedáficas.

Lo más frecuente es que cada uno de ellos contenga tanto especies troglomórficas como euedáficas (que pueden ser troglófilas) o bien que puedan vivir en otros ambientes. Los que poseen más especies y tienen un porcentaje elevado de formas cavernícolas (cuadro 1) son en grado decreciente (número de especies troglomórficas entre paréntesis) *Pseudosinella* (119), *Arrhopalites* (36), *Oncopodura* (16), *Troglopedetes* (10), *Trogolaphysa* (9), *Thyphlogastrura* (8), *Tomocerus* (8), *Bonetogastrura* (6), *Verhoeffiella* (6), *Megalothorax* (4). Entre todos ellos se destaca *Pseudosinella*, con un total de 310 especies que viven en distintos

ambientes (119 de grutas) para quien Christiansen *et al.* (1991) prepararon una clave por computadora que puede ser usada vía telnet.

También es importante destacar que la familia Onychiuridae, cuya sistemática a nivel genérico ha cambiado mucho en los últimos años, está representada casi en su totalidad por organismos sin pigmento y sin ojos. Esto es una convergencia que presentan con las formas cavernícolas, por lo que es difícil dentro del grupo detectar cuáles son los verdaderos caracteres a la vida cavernícola y por lo tanto cuáles son las formas troglomórficas (cuadro 2).

En cuanto a la distribución biogeográfica, se hallaron varios géneros endémicos, sin embargo la mayoría tiene una distribución muy amplia. Muchas de las especies troglomórficas viven muy restringidas a una cueva o un sistema de cuevas, como veremos enseguida.

Europa y la Región Mediterránea.

Deharveng y Thibaud (1989) hicieron una puesta al día para las regiones Paleártica y Mediterránea, quienes encontraron que, de cerca de 1,500 especies, conocidas en 1989, 240 podían ser consideradas como troglobias (16%) y 2,000 como troglófilas (incluidas las guanobias). Los principales géneros cavernícolas son los siguientes: *Bonetogastrura*, *Typhlogastrura*, *Ongulogastrura*, *Pseudachorutides*, *Deutomura*, *Mesaphorura*, *Oligaphorura*, *Ongulonychiurus*, *Onychiurus*, *Protaphorura*, *Folsomia*, *Gnathofolsomia*, *Isotomiella*, *Isotomurus*, *Pseudosinella*, *Besoniella*, *Orchesella*, *Verhoeffiella*, *Tomocerus*, *Tritomurus*, *Troglopedetes*, *Oncopodura*, *Megalothorax*, *Arrhopalites* y *Disparrhopalites*.

Cuadro 2. Clasificación ecológica de los colémbolos

	Categoría / Características						Ambientes v. gr.
	Ojos	Pigm.	Anten.	Patas	Fúrcula	faneras	hábitat /v. gr
Epiedáficas	8	+	L	L	L	L	dosel <i>Salina</i> (Paronellidae)
Hemiedáficas							
Normal	8	+	C	C	C	-	hojarasca <i>Ceratophysella</i> (Hypogastruridae)
Xeromorfa	8-	+ -	C	C	C	-	musgos, líquenes <i>Friesea</i> (Neanuridae)
Epineústicas	8-	+ -	C-L	C	C	-	superficie agua <i>Ballistura</i> (Isotomidae)
Litorales	8-	- +	C	C	C	+	arena <i>Isotogastrura</i> (Isotogastruridae)
Euedáficas	0	-	C	C	C-red	-	suelo y cuevas <i>Mesaphorura</i> (Onychiuridae)
Sinecomorfas	0	-	L	L	L	+	hormigueros y termit. <i>Cyphoderus</i> (Cyphoderidae)
Troglomorfas	0	-	L	L	L	+	cuevas y grutas <i>Arrhopalites</i> (Arrhopalitidae)

En Europa los países más ricos en colémbolos troglobios son: Francia (60 especies), la Península Ibérica (40), la ex-Yugoslavia e Italia (más de 20 cada una), Suiza y Austria (20 cada una), Rumania, Hungría y Alemania (10 cada uno), la ex URSS y Líbano (6).

Thibaud y Deharveng (1994) indican que la prospección biospeleológica de cavidades frías a grandes altitudes ha revelado y seguramente aportará los colémbolos troglomórficos más espectaculares como *Ongulogastrura*, *Ongulonychiurus* y *Bessoniella*.

Asia templada. Japón y Corea son los países de la Región Paleártica Oriental cuya fauna colembológica cavernícola ha sido mejor estudiada (Yosii, 1956a,b; 1966). Entre las numerosas especies señaladas por dicho autor, un pequeño número es indiscutiblemente troglomórfico. Recientemente Wu y Christiansen (1997) han descrito varias especies de cuevas de China. Los principales géneros son *Gulgastrura*, *Onychiurus*, *Sinella*, *Oncopodura*, *Tomocerus* y *Arrhopalites*.

Norteamérica. La fauna de los colémbolos cavernícolas de la región Neártica se conoce gracias a los trabajos de Christiansen (1982a), Christiansen y Bellinger (1996 a, y b), Christiansen y Culver (1987). Las especies troglobias están en los siguientes géneros: *Typhlogastrura*, *Oligophorura*, *Pseudosinella*, *Sinella* s. l., *Oncopodura*, *Tomocerus* s. l., *Arrhopalites*. Las especies más evolucionadas pertenecen al género *Pseudosinella*, en el que Christiansen y Culver (1987) han distinguido varias líneas evolutivas.

América Central y Sudamérica. Dentro de la fauna cavernícola neotropical, la de

México es la mejor conocida, por diversos trabajos, entre ellos los de Bonet (1945, 1946), Hoffmann *et al.* (1986), Palacios-Vargas (1982, 1983, 1989, 1993, 1994, 1997), Palacios-Vargas, *et al.* (1985), Palacios-Vargas y Thibaud (1985, 1997), Palacios-Vargas y Sánchez, (1999), Palacios-Vargas y Zeppelini (1995 a y b), Christiansen (1982b) Christiansen y Reddell (1986) También se cuenta con información sobre Cuba, República Dominicana, Belice, Venezuela, Ecuador, Brasil y Argentina, gracias a algunos de los trabajos antes citados y los de Palacios-Vargas y Gnaspini-Netto (1992) y Palacios-Vargas (1999). Los troglobios se encuentra en *Typhlogastrura*, *Acherontiella*, *Acherontides*, *Schaefferia*, *Pseudosinella*, *Metasinella*, *Trogolaphysa*, *Troglobius*, *Cyphoderus*, *Oncopodura*, *Megalothorax*, *Arrhopalites*, *Pararrhopalites* y *Spinactaletes*.

África. Posiblemente esta es la región más grande de la cual se carece de información sobre los colémbolos cavernícolas. Solamente se conocen dos especies troglomórficas de Madagascar, una de cada género: *Cyphoderopsis* y *Troglobius* este último recientemente descrito por Palacios-Vargas & Wilson (1990), y el primero necesita revisión.

Asia tropical y el Pacífico. Las zonas que han sido trabajadas son Tailandia, Islas Cebeles, Islas Molucas y las Filipinas. Los principales aportes han sido por Deharveng (1987), Deharveng y Leclerc (1989). Los troglobios están en los géneros : *Pseudosinella*, *Hawinella*, *Cyphoderopsis*, *Pseudoparonella* y *Troglopedetes*.

Existen grandes zonas geográficas que no han sido trabajadas y por lo tanto se desconoce si tienen o no colémbolos en sus cuevas, amén de que también hay zonas que

carecen de sistemas cavernícolas bien desarrollados. Si analizamos con detenimiento la distribución de los géneros que tienen especies troglomórficas (Cuadro 1) se puede observar que siete de ellos son cosmopolitas, seis se presentan ampliamente distribuidos, excepto en la región Holantártica, La zona que tiene mayor cantidad de géneros (32) con representantes cavernícolas es la Paléartica, que también es la mejor estudiada. Pocos géneros se encuentran representados en una sola región, como *Gulgastrura* (Oriental), *Gnathofolsomia* (Paléartica), *Hawinella* (Pacífica), *Troglospinotheca* (Holantártica).

Consideramos que se debe hacer un análisis muy detallado, con base en la propuesta de provincias biogeográficas que hacen Christiansen y Bellinger (1995), lo que permitirá ver cuáles son los patrones de distribución que presentan los géneros y especies troglomórficos de colémbolos y esclarecer su origen y dispersión.

Es relevante destacar que resulta difícil diferenciar una especie troglomórfica, en virtud de que algunas características de dichos organismos, son convergentes con los euedáficos. En el Cuadro 2, presentamos las características más importantes para poder diferenciar a los colémbolos en cada tipo dentro de un sistema de clasificación que correlaciona el ambiente y la morfología.

AGRADECIMIENTOS.

El Biól. Ricardo Iglesias revisó el manuscrito y aportó importantes sugerencias. La M. en C. Gabriela Castaño Meneses me incentivó a escribir sobre el conocimiento actual de los colémbolos cavernícolas.

LITERATURA CITADA

- Bellinger, P. F. , K. A. Christiansen, & F. Janssens.** 1996-2002. Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>
- Bonet, F.** 1945. Nuevos géneros y especies de Hipogastrúridos de México (Collembola). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 6: 13-45.
- Bonet, F.** 1946. Más hipogastrúridos anoftalmos de México (Collembola). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 7: 51-62.
- Christiansen, K. A.** 1982a. Zoogeography of cave Collembola. East of the Great Plains. *National Speleological Society Bulletin*, 44: 32-41.
- Christiansen, K. A.** 1982b. Notes on Mexican Cave *Pseudosinella* (Collembola: Entomobryidae) with description of six new species. *Folia Entomologica Mexicana*, 53: 3-25.
- Christiansen, K. A. & P. F. Bellinger.** 1995. The biogeography of Collembola. *Polskie Pismo Entomologiczne*, 64: 279-294.
- Christiansen, K. A. & P. F. Bellinger.** 1996a. Cave *Pseudosinella* and *Oncopodura*, New to Science, *Journal of Caves and Karst Studies* 58:38-53.
- Christiansen, K. A. & P. F. Bellinger.** 1996b. Cave Arrhopalites: New to Science. *Journal of Cave and Karst Studies* 58:168-180.

- Christiansen, K. A., P. F. Bellinger & M. M. da Gama. 1991.** Computer assisted identification of specimens of *Pseudosinella* (Collembola Entomobryidae). *Revue d'écologie et de Biologie du Sol*, 27: 231-246.
- Christiansen, K. A. & D. Culver. 1987.** Biogeography and the distribution of cave Collembola. *Journal of Biogeography*, 14: 457-477.
- Christiansen, K. A. & J. R. Reddell. 1986.** The cave Collembola of Mexico. Texas *Memories of Museum Speleology Monographs*, 1: 127-164.
- Deharveng, L. 1897.** Cave Collembola of South East Asia. *Korean Journal of Systematic Zoology*, 3: 165-174.
- Deharveng, L. & P. Leclerc. 1989.** Recherches sur les faunes cavernicoles d'Asie du Sud-Est. *Mémoires de Biospéologie*, 16: 91-110.
- Deharveng, L. & J.-M. Thibaud. 1989.** Acquisitions récentes sur les Insectes Collemboles cavernicoles d'Europe. *Mémoires de Biospéologie*, 16: 145-151.
- Hoffmann, A., J. G. Palacios-Vargas & J. B. Morales. 1986.** *Manual de Biospeleología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, México)*. Dirección General de Publicaciones, UNAM, México. 274 pp.
- Palacios-Vargas, J. G. 1982.** New records of Cave Collembola of Mexico. *Entomological News*, 93: 109-113.
- Palacios-Vargas, J.G. 1983.** Collemboles cavernicoles du Mexique. *Pedobiologia*, 25: 349-355.
- Palacios-Vargas, J.G. 1989.** "New records of Cave Collembola from the Neotropical Region and notes on their origin and distribution" *Proceedings of the 10th International Congress of Speleology*. 3: 734-739.
- Palacios-Vargas, J. G. 1993.** Evaluación de la fauna cavernícola terrestre de Yucatán, México. *Mémoires de Biospéologie*, 20: 157-163.
- Palacios-Vargas, J. G. 1994.** Historique de la Biospéologie. 1.3. Mexique. pp. 391-401. In C. Juberthie et V. Decu (Eds.) *Encyclopedie Biospéologique*. Tome I, CNRS-Fabbro, Saint-Girons, France.
- Palacios-Vargas, J. G. 1997.** *Catálogo de los Collembola de México*. Coordinación de servicios editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM. 102 pp. + 20 fotos.
- Palacios-Vargas, J. G. 1999.** New genus and species of Spinothecidae (Collembola) from caves of Argentina. *Mémoires de Biospéologie*, 26: 101-106.
- Palacios-Vargas, J. G. & P. Gnaspini-Netto. 1992.** A new Brazilian Species of *Acherontides* (Collembola: Hypogastruridae), with notes on its Ecology. *Journal of Kansas Entomological Society*, 65: 443-447.
- 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.
- Palacios-Vargas, J.G. & J. M. Thibaud. 1985.** Nuevos Hypogastruridae anoftalmos (Collembola) de cuevas y suelos de México. *Folia Entomológica Mexicana*, 66:1-13.
- Palacios-Vargas, J. G. & J.-M. Thibaud. 1997.** New cave Collembola from Mexico and Belize. *Southwestern Entomologist*, 22: 323-329.
- Palacios-Vargas, J.G. & Wilson J.M. 1990. (1992).** *Troglobius coprophagus*, a new genus and species of cave Collembola from Madagascar, with notes on its ecology. *International Journal of Speleology*, 19: 67-73.
- Palacios-Vargas, J. G. & D. Zeppelini. 1995a.** A new species of *Troglobius* (Collembola, Paronellidae) from Brazil. *International Journal of Speleology*, 23: 173-177.
- Palacios-Vargas, J. G. & D. Zeppelini. 1995b.** Seven new *Arrhopalites* (Hexapoda: Collembola) from Brazilian and Mexican caves. *Folia Entomológica Mexicana*, 93: 7-23.
- Palacios-Vargas, J. G. & A. Sánchez. 1999.** Nuevas especies de *Megalothorax* (Collembola: Neelidae) de cuevas mexicanas. *Folia Entomológica Mexicana*, 105: 55-64.
- Thibaud, J.-M. & L. Deharveng. 1994.** Collembola. pp. 267-276 In: C. Juberthie et V. Decu (Eds.) *Encyclopedie Biospeologique*. Tome I. CNRS-Fabbro, Saint-Girons, France.
- Wu, M. & K. A Christiansen. 1997.** A new species of *Arrhopalites* from China (Collembola : Sminthuridae). *Florida Entomologist*, 80: 266-269
- Yosii, R. 1956a.** Hohlencollembolen. Japans II. Japan *Journal of Zoology*, 11: 609-627.
- Yosii, R. 1956b.** Monographie zur Höhlencollembolen. Japans *Control Biology laboratory of Kyoto University*, 3: 1-109.
- Yosii, R. 1966.** Results of the speleological survey in South Korea 1966. IV. Cave Collembola of South Korea. *Bulletin of National Sciences Museum*, 9: 451-461.

TOPOGRAFÍA DE CUEVAS

Ing. J. Daniel Sánchez Estrada. *Asociación de Montañismo y Exploración, UNAM, Alberca Olímpica, Ciudad Universitaria. E-mail: daniel.san@lycos.com*

Abstract: In this work we present the methods used to obtain and examine data in the caves. These are new tools of calculation and topographical drawing. Here we examine and list many of the programs available for drawing and calculation. For example the Excell program can convert a page of calculus to a topographical drawing in AutoCAD.

Resumé: Dans ce travail nous présentons les méthodes employées pour obtenir et examiner des données dans les cavernes. Ce sont de nouveaux outils de calcul et de schémas topographiques. Nous examinons et énumérons plusieurs des programmes disponibles pour le dessin et le calcul, par exemple le programme Excell, qui peut convertir une page de calcul en schéma topographique dans AutoCAD.

“**E**l mundo subterráneo es complejo y en él se cruzan muchas ramas de la ciencia. Por eso la actividad espeleológica no puede limitarse a recorrer cuevas, quizá ya conocidas. Se puede hacer algo mejor: observar, explorar y medir. Aunque el estudio científico no sea el motivo que nos ha empujado a descender bajo tierra, nuestro trabajo, bien documentado, servirá a otros que sabrán utilizar los resultados de la investigación para conocer mejor la circulación de las aguas, la estructura interna de las montañas,

los animales cavernícolas o las mineralizaciones. Podemos levantar fácilmente, por ejemplo, un relieve topográfico de los nuevos espacios descubiertos, que será indispensable para proseguir con eficacia con las exploraciones” (Grassi 2000).

La topografía es un arte o técnica que nos permite hacer representaciones tridimensionales de modelos naturales como el relieve de la superficie terrestre o de cuevas. Es una técnica porque precisa realizarse con un método sistemático y es un arte porque quien la realiza tiene gran libertad para decidir que se mide y de este modo configurar una topografía representativa desde su visión y tan detallada como crea necesario.

Por ser un proceso trigonométrico, los espeleólogos la han visto como algo complicado sin embargo, con las herramientas actuales como son las calculadoras programables o incluso las computadoras, es realmente sencillo hacer una aplicación en un sólo tiempo que nos permita no volver a ocuparnos de cuestiones matemáticas o solamente ocuparnos de ellas para hacer que la aplicación realice tareas cada vez más complejas.

La topografía de cuevas genera los planos representativos de la misma de tal manera que podamos ubicar las correspondencias entre lugares de la cueva con los indicados en el plano y así nos servirán tanto para describir a detalle algún fenómeno (asociándolo a su ubicación) como para planear alguna actividad o estudio.

Método

La toma de datos en cavidades no siempre será una labor sencilla porque hay múltiples elementos hostiles que a veces actúan conjuntamente, convirtiendo esta actividad en una tarea agotadora, ingrata y poco atractiva. Pozos, barro, frío, agua, gateras y quiebras interminables nos harán vivir agotadoras sesiones adoptando posturas inverosímiles. Como lo malo se olvida pronto, luego quedará en el recuerdo lo mejor. El resultado final compensará con creces los sinsabores pasados.

Dependiendo de la dificultad encontrada o el grado de precisión requerido optaremos por hacer una topografía más o menos elaborada. Una cavidad sencilla y corta exigirá de nosotros menos esfuerzo que incómodas galerías situadas a cientos de metros bajo la superficie, a muchas horas de la salida (Martínez, 1997).

Actualmente, la representación tridimensional de la cueva se logra mediante los dos planos que usualmente se realizan; el de planta y de perfil extendido. Siendo la representación tridimensional en modelos digitales una herramienta útil sobre todo cuando estamos frente a una computadora, dado lo cual prevalecen los planos sobre los modelos hasta que no superemos la limitación de las dos dimensiones del papel.

El plano de planta es muy parecido a los mapas o croquis que por su difusión son los más conocidos. Representa una vista desde “arriba” y claramente nos muestra como se van distribuyendo los espacios como corredores, galerías, salones, ramales y otros. Dadas las características de las cavidades en estos planos de planta las líneas que se dibujan representan las paredes de las cuevas.

El plano de perfil extendido es sólo un poco complicado, como su nombre lo dice es un plano de perfil que ha sido extendido. Un plano de perfil “a secas” se haría dibujando la vista lateral de la cueva, dado que ésta en su desarrollo cambia de dirección, sube y baja, presenta ramales y otros fenómenos, esta vista lateral estaría formada por trazos que se sobreponen confundiendo o impidiendo realizar la interpretación adecuada.

Un perfil extendido se realiza extendiendo sobre el plano los tramos que no sean perpendiculares al dibujo. En otras palabras consideraremos que todos los tramos que conforman la cueva tienen la misma dirección, de este modo evitamos que los trazos se superpongan. El supuesto en que se basa esta “extensión” es que las direcciones correctas las podemos leer en el plano de planta y que el plano de perfil nos será útil para registrar desniveles, pendientes y alturas de corredores y salones.

“Con ambas representaciones tendríamos una idea bastante precisa de la estructura de la cueva que se complementa con las secciones, que son cortes verticales, que se dan perpendicularmente a las direcciones que siguen las galerías y que nos proporcionan una imagen de lo que se debería ver a medida de que se avanza. Estos cortes numerados aparecen representados junto a las diferentes proyecciones completando la topografía” (Biosca, 1999).

La elaboración de estos planos se realiza en dos tiempos: el levantamiento o toma de dimensiones y el dibujo.

Levantamiento Topográfico.- consiste en la toma de los datos representativos de la cueva, esto de representativos siempre será objeto de polémica pues cada cual tiene diferente idea de cuantos datos sirven para representar fielmente la cueva, esto se

realiza usualmente con equipo que combina precisión y maniobrabilidad y consta, además de dos o tres operadores como mínimo, de brújula, clinómetro, flexómetro o cinta de medir y libreta de registro con lápiz; el trabajo consiste en ir midiendo tramos relativamente rectos y sucesivos de tal modo que sea posible determinar una dirección (con la brújula), una inclinación (con el clinómetro) y una longitud (con la cinta), adicionalmente se toman los datos ancho y alto en cada uno de los puntos de medición (llamados estaciones) o cualquier otro punto intermedio complementando todo esto con anotaciones de detalles importantes como pozos, corrientes, formaciones, croquis de la cueva y otros.

“El equipo ideal estará compuesto por tres personas: mientras una apunta datos y hace un dibujo a mano alzada, las otras dos reciben órdenes y toman las medidas que el “jefe” considere oportunas.

Representar cuanto se va encontrando requiere cierta visión espacial que no es fácil de adquirir leyendo unos simples apuntes. Sin llegar al dominio total, como en casi todo, una práctica continua de esta actividad facilita las cosas” (Martínez, 1997).

Dibujo.- Esta segunda parte, a su vez consta de dos fases, el calculo y el trazo, el calculo es realizado debido a que las medidas hechas son información tridimensional que hemos de dibujar en dos planos (en este momento es conveniente comentar que existe un método gráfico para realizar los planos pero que en la actualidad es poco práctico), este cálculo se realiza en calculadora, o computadora. Es relativamente fácil elaborar las herramientas o programas para realizar esta labor, incluso existen aplicaciones de distribución gratuita que realizan esta labor y algunas veces también efectúan el trazo. Lo recomendable es hacer el calculo y trazo lo más próximo a la toma de datos ya que algunos detalles podremos afinarlos al recordarlos y de otro modo ya en gabinete con el olvido no saber que hacer con las anotaciones realizadas.

Existen varios programas o aplicaciones disponibles por ejemplo una hoja consultada en internet (<http://www.sat.dundee.ac.uk/~arb/surveying/csg.html>) presenta la siguiente información:

Name	System/OS	Author, Country	Cost
SURVEX v0.90	PC (DOS) / RISCOS / UNIX / any	Olly Betts, UK	Free
Tunnel v2	Any (Java)	Julian Todd, UK	Free
!SURVEY	RISCOS	Juan Corrin, UK	£15
CML	PC (DOS) / UNIX / any	Mel Park, USA	Free
Vectors	Macintosh	Mel Park, USA	Free
CavePlot 3.30	Macintosh	Dave Herron, USA	\$40 (shareware)
Toporobot v8.5.2	Macintosh	Martin Heller, Switzerland	Free
CaveSurveyStandard	UNIX	John Rowlan, USA	Free
CAPS v7.6	PC (DOS)	Hubert Crowell, USA	\$35 (sharewarish)
CAVEMAP	PC (DOS)	John Beck, UK	£12
CMAP v16.1	PC (DOS)	Bob Thrun, USA	Free
COMPASS v9909	PC (DOS)	Larry Fish, USA	\$25 (shareware)
EXCEL 97	PC (Windows)	Robin Griffiths, UK	£5 donation
KARST256	PC (DOS)	Gary Petrie, USA	Free
SMAPS v5.2	PC (DOS)	Doug Dotson, USA	\$99 to cavers
SMAPS Lite	PC (DOS)	Doug Dotson, USA	\$15 (shareware)
SURV93	PC (DOS)	Martin Laverty, UK	Free

SURVEY v2.3	PC (DOS)	Steve Neads, UK	£15
CaveView v4.0	PC (Windows)	John Fogarty, USA	Free
OnStation v3.1	PC (Windows32)	Taco Van Ieperen, Canada	Free
Pitter/Plotter v1.2	PC (Windows)	Bill McIntosh, USA	\$25 (shareware)
Speleo Graphics	PC (Windows)	Steffen Pohlenz, Germany	DM120 (shareware)

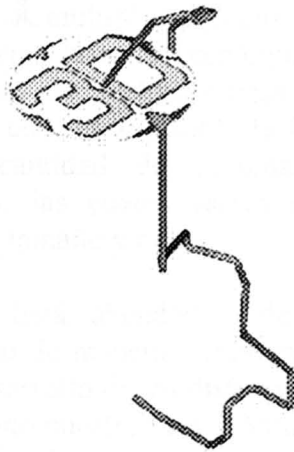
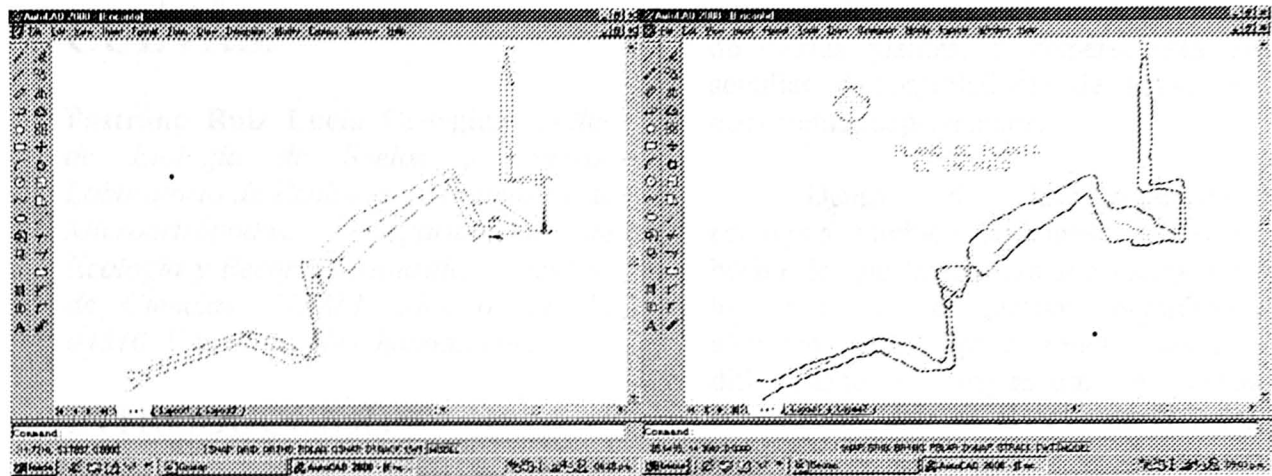
proyecto similar puedes comunicarte a mi correo electrónico daniel_san@lycos.com.

Como se puede ver existen múltiples opciones para auxiliarnos, la razón de desarrollar una más es no tener que adaptarnos a las ajenas y por el contrario elaborar la que se corresponda al estilo que tenemos en la Asociación de Montañismo y Exploración de la UNAM; particularmente en el grupo de espeleología. Si quieres una copia de la aplicación o bien tienes un

La aplicación auxiliar en el dibujo de los planos, que además nos permite elaborar sencillos modelos tridimensionales de las cavernas, se desarrolla en una hoja de cálculo de Excell, que calcula las coordenadas de las estaciones para la realización de los planos de planta (columnas X, Y) y de perfil extendido (R, Z); esto nos sirve para dibujar a mano los planos en caso de ser necesario.

estación	p	distancia	Ang Vertical	Azimut	Inclinada	dirección	modo	abaco	estación	X	Y	Z	equedra	X	equedra	Y	deve
1	Princip	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Eben	2	3	8.5	0	85	1.25	1.25	2	4.100	0.000	2.920	1.199	4.293	2.732		
3	Eben	3	4	20	0	70	1.5	1.5	2.7	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Eben	4	5	9.5	0	110	1.75	1.75	6	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Eben	5	6	4.7	-45	118	2.5	2.5	8	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Eben	6	7	6.3	0	98	2.5	2.5	12	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Eben	7	8	6.6	-20	3	1.15	1.15	4	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Eben	8	9	14	-45	255	0.5	0.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Eben	9	10	16.3	-90	59	1.75	1.75	4	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Eben	10	10b	5	0	0	1.05	1.05	2	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Eben	11	10b	7.8	-90	1	2.05	2.05	3	1	0	0	0	0	0	0	0
12	Eben	12	10b	8	-20	53	5	5	2.2	0	10b	0	0	0	0	0	0
13	Eben	13	11b	80	-90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Eben	14	11b	20	-43	6	5	5	2	0	11b	0	0	0	0	0	0
15	Eben	15	12	23	-20	59	4.5	4.5	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Eben	16	13	4.7	-90	101	2.6	2.6	4	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Eben	17	14	14	-5	155	1.25	1.25	10	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Eben	18	15	10	-70	94	4	4	15	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Eben	19	16	17	-85	0	1.5	1.5	4	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Eben	20	17	4	-70	50	6	6	17	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Eben	21	18	22	-50	105	5	5	35	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Eben	22	19	20	-90	252	0.75	0.75	2.15	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Eben	23	20	21	0	0	0.5	0.5	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0
24	Eben	24	21	22	-10	-5	2.70	1.6	1.6	1	0	0	0	0	0	0	0
25	Eben	25	22	23	-90	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Eben	26	23	27	3	-90	0	1.6	1.6	2	0	0	0	0	0	0	0
27	Eben	27	28	3	0	0	1.5	1.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
28	Eben	28	29	10	0	0	1.5	1.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
29	Eben	29	30	9.5	10	0	1.5	1.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
30	Mal?									0	204.244	-190.094	95.487	81.254	98.470	81.254	1
31	Eben									0	204.244	-196.094	95.487	81.254	98.470	81.254	1

En esta hoja es necesario ingresar los valores del levantamiento y automáticamente se calculan las coordenadas, para dibujar es preciso picar el botón **Dibujar Polilínea** para que se ejecute Autocad (en caso de tenerlo instalado en la misma computadora) para que posteriormente a señalarle el rango de datos, dibuje las poligonales y líneas auxiliares tanto en perfil como en planta.



Lo siguiente es detallar los dibujos con las posibilidades que nos otorga Autocad como tipos de línea, grosores, colores, manejo de capas, etc. Y finalmente imprimir los planos a la escala conveniente.

Por ultimo para realizar los modelos tridimensionales utilizamos una aplicación hecha en Autolisp que sólo requiere ser llamada.

Bibliografía:

Biosca, C. 1999 *Espeleología* pp. 143 Edimat Libros, España.

Grassi, L. 2000. *Espeleología* pp.162 Grijalbo Mondadori, España

Martínez, J. 1997. *Manual de Espeleología* pp.125 Manuales Desnivel, España

ALTERACIONES EN CUEVAS.

Pastrana Ruiz Lucía Georgina. *Taller de Biología de Suelos y Cuevas. Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos. Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 04510. E-mail huistle@hotmail.com.*

INTRODUCCIÓN

México es una región geográfica en la que la conjunción de múltiples factores como su compleja historia geológica, su gran variedad de suelos, climas, vegetación, fauna, etc., hace posible la formación de gran cantidad de cavernas, grutas o cuevas, las cuales varían en cuanto a forma, tamaño y origen.

Esta abundancia de cuevas, ha influido de manera importante a lo largo del desarrollo de las distintas culturas que ha tenido nuestro país. Actualmente, con el estudio espeleológico y los conocimientos que se han derivado de él, podemos dividir la importancia de las cuevas en varios sectores.

Para empezar, tenemos que las cuevas tienen una gran importancia ecológica, por que en ellas se forman verdaderos ecosistemas, que interactúan con otros y que tienen una función y un lugar determinado dentro de la dinámica ecológica de nuestro planeta. Así por ejemplo, organismos tan característicos como los murciélagos, influyen directamente en la humedad y temperatura subterráneas y proporcionan con su guano una de las pocas fuentes primarias de energía que sustentan las

cadenas tróficas de las cuevas, y al mismo tiempo, actúan como polinizadores únicos de ciertas plantas, o dispersadores de semillas o controladores de plagas en ecosistemas superficiales.

Dentro de la importancia ecológica también podemos resaltar el hecho de que las cuevas son recintos en los que se encuentran organismos altamente adaptados a condiciones que difícilmente se encuentran en otros ecosistemas, éste es el caso de la fauna troglobia, la cual no sólo es importante por sus características adaptativas, sino también por el grado de rareza y endemismo de las especies.

Muy ligado con la importancia ecológica está la importancia científica, las cuevas pueden ser útiles como laboratorios naturales en los que diversas disciplinas pueden llevar a cabo infinidad de estudios. En el campo espeleológico pueden involucrarse todo tipo de profesiones, desde la Física y las Matemáticas, hasta Geología y Arquitectura, pasando por la Antropología, Química, Medicina y muchas otras. En el caso de la biología, las cuevas nos dan la oportunidad de hacer estudios sistemáticos y filogenéticos, de observar estrategias morfológicas, fisiológicas y etológicas de adaptación, de entender comportamientos en las características de población y muchas otras cosas.

Siguiendo con la importancia de las cuevas, otro aspecto que se debe mencionar es el económico; desde épocas pasadas el subsuelo se ha visto como un recurso con el cual se pueden satisfacer distintas necesidades. Esto se ve claramente reflejado en el uso del agua subterránea, anteriormente, la cercanía a una cueva era un factor determinante en

el establecimiento de alguna población, sobre todo en regiones alejadas de cuerpos de agua, pues las cuevas suelen contener, en su mayoría, reservorios de agua que pueden ser aprovechados.

Actualmente la situación no es muy diferente, en la Ciudad de México el subsuelo tiene gran importancia económica al ser el principal proveedor del agua utilizable (se extrae de el aproximadamente el 60% del total de agua potable) y que decir del gran beneficio que se obtiene de las cuevas, grietas y demás formaciones subterráneas que aún no hemos dañado y que siguen funcionando como desagües naturales que evitan inundaciones más severas que las que vemos en la época de lluvias.

No obstante, la importancia económica de las cuevas abarca más allá, es bien sabido que muchos poblados cercanos las utilizan como una atracción turística y basan toda su economía en la derrama económica que dejan los visitantes.

Otro aspecto importante que se debe mencionar es el histórico, pues no se puede pasar por alto el hecho de que las cuevas han tenido un papel fundamental en todas nuestras culturas precedentes y es por ello que hoy encontramos evidencia de nuestros antepasados en recipientes, joyas, entierros o pinturas rupestres cuidadosamente dispuestos en el interior de estos recintos subterráneos.

Evidentemente, el ambiente subterráneo tiene un grado de importancia mayúsculo en nuestra existencia, ya que de alguna u otra forma nos vemos obligados a interactuar con él en determinado momento o actividad de

nuestras vidas. Desgraciadamente, ésta interacción humana causa de manera irremediable, un impacto en este tipo de ecosistemas, el cual, la mayoría de las veces, es un impacto negativo. Podríamos decir que el impacto de la actividad humana se da en todo tipo de ecosistemas, sin embargo, cabe aclarar que no en todos se da con la misma intensidad, debido a que cada ambiente tiene características propias, entre las que encontramos la capacidad para mantenerse estables frente a condiciones adversas.

En el caso de las formaciones subterráneas, un primer factor que favorece su alteración es que, las cuevas en si mismas son ambientes muy frágiles, las condiciones físicas y químicas que se establecen son muy específicas y fácilmente pueden cambiar; así tenemos que, con la respiración de una o dos personas es posible alterar la concentración de gases y la presión de cierto lugar en la cueva, y más aún, es posible que con este cambio se altere el ritmo y la forma de disolución de la roca o la sedimentación de formaciones. Por supuesto esto no ocurre en todas las cuevas ya que cada una presenta características distintas en cuanto al origen, tamaño, estructura, etc., pero es un ejemplo real del grado de fragilidad de los ecosistemas cavernícolas.

Por otro lado es muy fácil alterar toda estructura subterránea, por que en nuestro país no se tiene un buen grado de conocimiento y entendimiento de estos ambientes; aún cuando se han hecho una gran cantidad de investigaciones de varios tipos, la información que se genera no está disponible en nuestro territorio y generalmente se archiva en el extranjero.

La ignorancia que se genera entonces, respecto a lo que tenemos, no nos permite buscar formas de conservación.

Además debemos enfrentarnos al hecho de que en México no hay una educación ambiental real. Comenzando a un nivel legal, las normas que se encargan de garantizar la conservación de los diferentes habitats son ineficientes, en primer lugar por que se desconoce qué lugares deben conservarse y en segundo, porque no hay organismos que se den abasto para vigilar que las leyes se cumplan; por desgracia no se puede prescindir de esta vigilancia porque la población en la mayoría de las veces no coopera con la conservación, incluso a veces ni siquiera conoce las leyes. Este es un problema con causas más profundas que sería interesante analizar, sin embargo, en este caso salen del objetivo del presente trabajo

Centrándonos un poco más en las causas de alteraciones en las cuevas, se puede mencionar que a nivel federal el principal problema de degradación ambiental es el cambio en el uso del suelo, éste se refiere a que en muy poco tiempo una región se tala y se acondiciona para ser utilizada en la agricultura, luego en la ganadería, y finalmente en la actividad urbana, estos usos del suelo van degradando los nutrientes y estructura del sustrato, producen erosión, y afectan directamente la vegetación, el clima, el agua y claro, de manera muy directa el subsuelo.

A un nivel de comunidades y de individuos, desde el punto de vista cultural, tenemos que hoy en día concebimos a las cuevas como ambientes inhóspitos, malignos, o terroríficos; este tipo de pensamiento nos lleva a promover acciones como el tapar las cuevas, matar

a los murciélagos, pintar las paredes o tirar basura; en pocas palabras nos lleva a destruir las cuevas.

Otra causa de alteración es el turismo excesivo, además de que para promover una cueva se debe implementar un sistema de iluminación y redes de caminos que necesariamente alteran el ambiente subterráneo, hay que agregar que en muchas ocasiones no se regula la entrada en el número de personas, de manera que, rápidamente se va degradando el ambiente y las atracciones que los visitantes observan se dañan sin remedio; además, cuando se permite la entrada a grupos grandes de visitantes, hay más posibilidades de que directamente se mutilen formaciones o se maten organismos que parecen dañinos. En este punto volvemos al problema de la vigilancia, que no se puede descuidar en ningún momento por que nuestra educación ambiental es muy pobre.

Dentro del turismo es necesario mencionar el de tipo deportivo; hoy en día ha habido una gran difusión del espeleísmo, no así de la preparación que se necesita para ser un verdadero deportista, éste también es un factor que influye en la alteración de las cuevas, pues una persona sin la preparación técnica necesaria, además de correr serios riesgos, no tiene conciencia del funcionamiento de las cuevas y no sabe cual es la forma de minimizar los impactos de su actividad.

Finalmente como otra causa de alteración está el quehacer científico, aún cuando es necesario profundizar en el estudio de estos ecosistemas, es importante que se planee cuidadosamente como se hace dicho estudio, pues con la fragilidad de las cuevas un descuido en la metodología o los materiales, pueden

incrementar el impacto de la actividad científica.

Una vez mencionados los factores que causan las alteraciones en las cuevas, analicemos cuáles serían las posibles soluciones.

Para empezar, hay que impulsar el estudio espeleológico en nuestro país; todo conocimiento originado desde cualquier punto de vista de las diversas disciplinas, es un avance en el conocimiento espeleológico del cual se derivará, posteriormente, un sentido de conservación.

En el aspecto legal es necesario hacer uso de las herramientas que nos ofrecen las diferentes leyes de protección al ambiente. Actualmente, las cuevas pueden ser protegidas si se comprueba su importancia y se reconocen en la categoría de santuarios (una de las categorías de las Áreas Naturales Protegidas), sin embargo hasta hoy no se ha propuesto ninguna cueva para que se evalúe y se dé reconocimiento en dicha categoría; es decir, existe la herramienta pero no la utilizamos. También podríamos valernos de la importancia de alguna especie cavernícola para extrapolar la conservación a todas las especies que interactúan con ésta y a todo el ecosistema en general. En fin, hay varios métodos para lograr un esfuerzo legal de conservación que las mismas disciplinas involucradas con estos ambientes pueden proponer, sólo es cuestión de ponerlos en práctica y perseverar, ya que se debe tomar en consideración los problemas a nivel administrativo que se tienen que enfrentar.

En cuestión de turismo, no se puede quitar el medio de subsistencia de poblaciones enteras, pero si se pueden implementar programas de manejo serios en los que se estudie el rendimiento de la cueva como recurso turístico, la posibilidad de tener áreas de explotación y áreas de conservación en una misma cueva, el número de personas que pueden acceder causando el mínimo impacto, la tecnología y utilización de un sistema de luz que altere lo menos posible, etc.

A nivel de comunidad, una posible solución sería la difusión de la importancia de las cuevas en las actividades locales, a través de periódicos murales, carteles, pláticas, folletos, etc. Todo con el fin de que los propios pobladores tengan conciencia de la riqueza que tienen y se involucren en su conservación, de esta manera será más directo e íntimo el cuidado de estos espacios.

En el caso del quehacer científico la principal solución es la planeación previa a la investigación. Además, es necesario que como investigadores, tengamos un punto de vista multidisciplinario respecto a estos ambientes, pues al tener un interés centrado en una sola característica de este ecosistema (sea la fauna, el origen, la topografía, etc.) se tiende a minimizar la importancia de las demás características, así como su conservación. Debemos ser conscientes de que no sólo hay que cuidar lo que interesa a nuestro estudio, sino a todo el conjunto por que existe gracias a las interacciones que presenta

Finalmente es muy importante difundir todo tipo de conocimiento sobre

las cuevas, a la mayor cantidad de personas y a todos los niveles intelectuales, siempre con el fin de hacer conciencia del nivel de interacción que tenemos con el ambiente y la necesidad de mantenerlo. El conocer de que

manera nos involucramos con las cuevas nos ayudará a saber que medidas tomar para no alterarlas de acuerdo a la actividad a la que nos dediquemos.

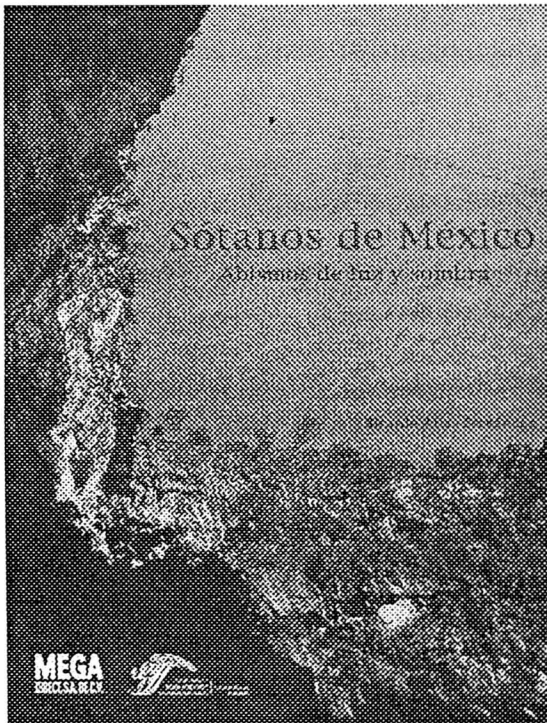
Literatura citada

- Carabias, J., V. Arriaga y V. Cervantes. 1994.** Los recursos naturales de México y el desarrollo, pp. 303-345. *En: Desarrollo, desigualdad y medio ambiente.* Cal y arena. México. Editores??
- McCracken, G. 1998.** Cave conservation: special problems of bats. *The NSS Bulletin*, 51:47-51.
- Medellín, R., S. Walker y M. Tuttle. 2000.** Murciélagos. De la superstición al conocimiento de su utilidad ecológica. *National Geographic*, pp??
- Núñez, A., N. Viña, M. Acvedo, J. M. Rodríguez, M. Iturralde y A. Graña. 1988.** *Cuevas y Carsos.* Científico-Técnica, La Habana, Cuba. Pp?
- Pulido-Bosch, A., W. Martín-Rosales, M. López-Chicano, C. M. Rodríguez-Navarro & A. Vallejos. 1997.** Human impact in a tourist karstic cave (Arcena, Spain). *Environmental Geology*, 31: 142-150.
- Sheffield, S., J. Shaw, G. Heidt & L. McClenaghan. 1992.** *Journal of Mammalogy*, 73:707-710.
- Sneed, J. & L. Blair. 1998.** Conservation through Education. *NSS News*, Marzo 67-68.

ECOS DE LAS PROFUNDIDADES

Reseña Por Mariano Fuentes Silva

Aria F.R. 2001. Sótanos de México: abismos de luz y sombra. 1ª ed. SEMARNAT, México 140pp.



Año con año, aumenta el desarrollo de la espeleología mexicana, y este 2002, en el que se celebra el 6° congreso nacional se dio a conocer entre otras cosas, una publicación sobre algunos sótanos de México, misma que es bien recibida por constituir un aporte importante a la escasa bibliografía sobre el tema en nuestro país.

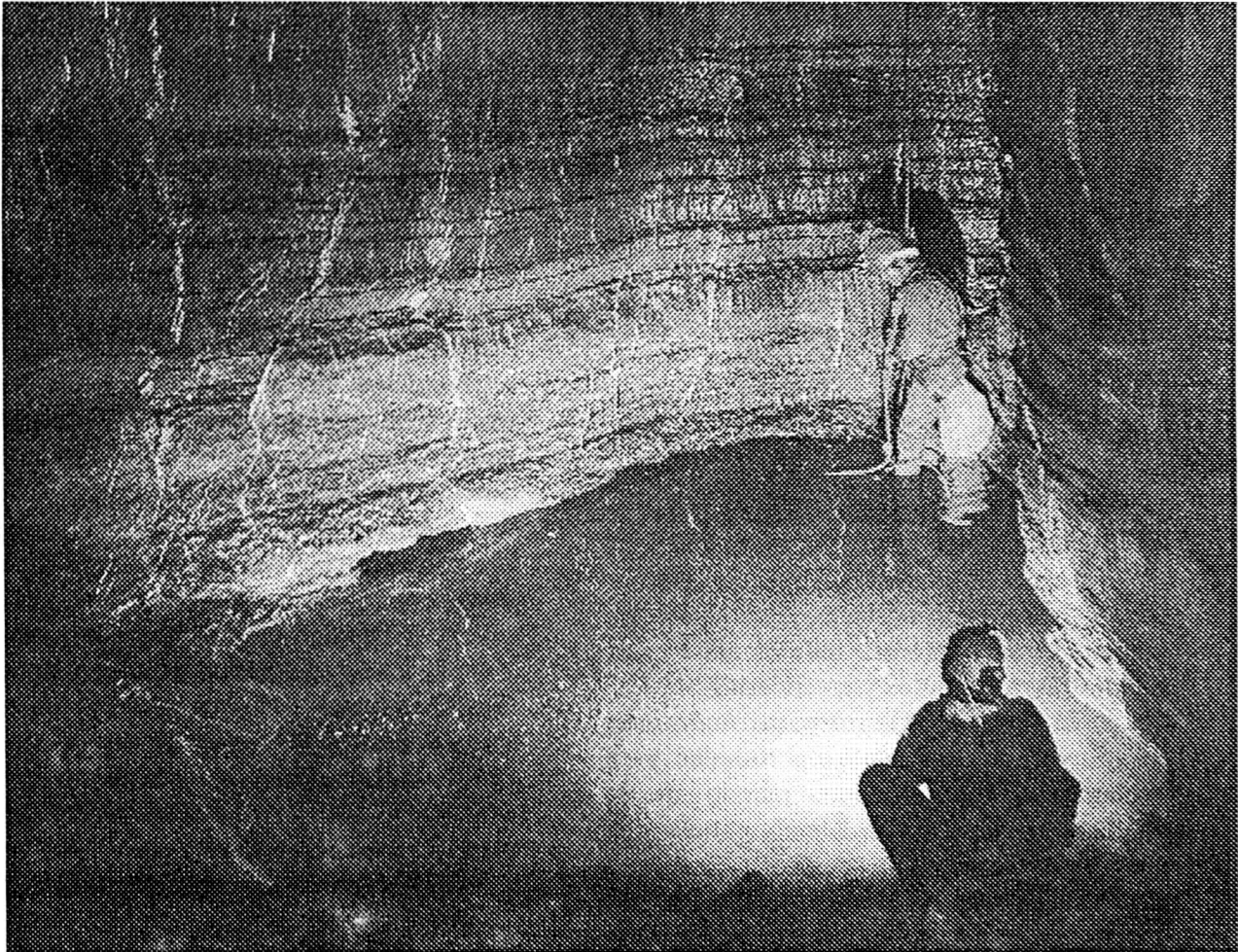
Precedido por libros ya clásicos, como: “Los grandes abismos de México” o “Las cavernas de la sierra gorda” del renombrado bajacaliforniano Carlos Lazcano, “Cimas y simas” de Gerardo

Fernández, “Cenotes y grutas de Yucatán”, “Las cuevas y sus habitantes” de Z. Cano y J. Sánchez, o el “Manual de Bioespeleología” de A. Hoffmann *et.al.*, el libro del profesor Ricardo Arias Fernández, jefe de la sección de espeleología del Instituto Politécnico Nacional, es una contribución importante para el conocimiento de las riquezas subterráneas de nuestro país.

Este libro contiene información y material fotográfico inédito de cinco estados de la república mexicana: Jalisco (Resumidero del Pozo Blanco), San Luis Potosí (Cueva del Tizar, Resumidero del Borbollón, Sótano del Aire, Sótano del Puerto de los Lobos, Sótano de la Cuesta, Sótano y cueva de los Monos, Sótano del Soyate, Sótano del cepillo, Hoya de la Luz), Querétaro (El Socavón, Sótano del Macho Rey), Puebla (Sótano del Alhuastle, Sistema Tepetlaxtli), Chiapas (Sistema Ojos del Tigre, Sima de Arroyo Grande, Sima del Chikinibal); la mayoría novedosas para el neófito, pero bien conocidas en el ámbito espeleológico. Indudablemente es un libro bien hecho, con una edición cuidadosa, de 140 páginas en tamaño carta, (pegado no cosido y un poco caro: \$260.00), y respaldado por instituciones gubernamentales del más alto nivel (SEMARNAT y SECTUR), el cual sin embargo suscitó diversas opiniones de los especialistas: la mayoría de los mapas topográficos de las cuevas son de otros grupos o asociaciones espeleológicas, alguien más se sintió excluido de los agradecimientos, otros más han manifestado su discrepancia con detalles de las exploraciones, etc.; lo cierto es que el libro presenta algunas buenas fotografías a color (de varios fotógrafos aficionados) lo cual ayuda mucho para la

comprensión de los no iniciados. Algunas de ellas de gran belleza como la de la página 119 de la Sima de Arroyo Grande en el estado de Chiapas. Además, presenta una introducción a cada cueva con datos geográficos y climáticos de la zona, su ubicación y acceso (lo cual esperamos no aumente su deterioro), historia, geología, arqueología, topografía y bibliografía (lamentamos la ausencia de la biología).

Con un escrito de Gastón Rebuffat intitulado “Los Ecos del Silencio”: “...¿cuántas gotas de agua son necesarias para construir estas delicadas orlas y estos gigantescos pilares que alcanzan proporciones increíbles?...”, se enmarca un libro interesante y bonito que dejando de lado las opiniones destructivas y envidiosas de muchos, ilustra al lector, experto o no, en las maravillas de algunas de las cuevas que durante 10 años ha visitado el profesor Ricardo Arias y el grupo del IPN, enhorabuena por la integración y el desarrollo de la espeleología nacional; y como el autor empieza yo finalizo: “...el amor a la naturaleza es una forma permanente de amor a la vida...”.



LAS CUEVAS Y SUS HABITANTES

Cano Santana, Z. y J. Martínez Sánchez. 2000. *Las cuevas y sus habitantes*. La Ciencia para todos, Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 164 pp. 21 x 31 cm. Rústico. \$52.00

Reseña por **Gabriela Castaño-Meneses**. *Lab. de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Depto. Ecología y Recursos Naturales, Fac. de Ciencias, UNAM. México, D. F. 04510.*
E-mail: gcm@hp.fciencias.unam.mx



Desde tiempos inmemoriales, las cuevas han estado rodeadas por un halo de misterio, lo que ha despertado el interés del hombre por explorarlas, estudiarlas y entenderlas.

El libro *Las cuevas y sus habitantes* constituye una excelente oportunidad para iniciarse en el fascinante mundo de la espeleología. Con un lenguaje ameno y una prosa entretenida, los autores nos van introduciendo a las profundidades de las cuevas, poniendo de manifiesto el papel de estos ambientes en la historia de la humanidad, los diversos usos que se les ha dado y su importancia como ecosistemas.

Una vez dentro del tema, se nos explica el origen y formación de las cuevas, describiendo de manera sencilla y clara las distintas estructuras que podemos reconocer en el interior de una cueva, tales como las estalactitas, estalagmitas, helictitas y estalagmatos, entre otros.

Totalmente inmersos en el ambiente cavernícola, se nos presentan la gran diversidad de fauna que podemos encontrar, dando ejemplos y características de los principales grupos, las ilustraciones en este capítulo facilitan la comprensión, sobre todo en aquellos grupos de animales que no son tan familiares, tales como los protozoarios, crustáceos inferiores, ácaros y colémbolos.

Mención especial merecen los murciélagos, habitantes característicos de las cuevas y cuya presencia resulta esencial tanto para el funcionamiento del ecosistema, por el aporte de nutrientes a partir de su guano, como se nos menciona más adelante. Estos extraordinarios animales no sólo revisten importancia para las cuevas, ya que también actúan como polinizadores y dispersores de semillas, ayudando así a la regeneración de selvas. Sin embargo, se explica que son sumamente sensibles a los cambios en su ambiente, por lo que las alteraciones en las cuevas y en el exterior de las mismas, pueden romper el equilibrio ocasionando la desaparición de muchas especies.

Esto da pie para hablar de las peculiaridades del ambiente cavernícola y la fragilidad del mismo, así como las adaptaciones que presentan los organismos que en ellas habitan, lo que da título a este interesante libro. Así mismo se enfatiza las interacciones establecidas entre los distintos grupos, así como diferentes aportes y flujos de energía, que hubiera sido estupendo que fueran ejemplificados con casos de México, como el de las cuevas de calor, que en fechas

recientes han sido estudiadas en el estado de Veracruz.

La lectura de este libro es ampliamente recomendable, la estructuración de los capítulos permite seguir una secuencia lógica en la adquisición del conocimiento, aunque hubiera sido recomendable que primero se trataran todos los tipos de cuevas (terrestres, subacuáticas y glaciares), y después abordar los procesos mediante los cuales llegan los organismos a las cuevas, pues al retomar las cuevas glaciares después de este punto, se pierde un poco la ilación de ideas.

Los autores no dejan de lado el mencionar los riesgos que se tienen al ingresar en las cuevas, tanto por las enfermedades que pueden ser contraídas, como por los accidentes que pueden presentarse, ya sea por imprudencia o por falta de conocimiento en las técnicas requeridas para la exploración.

Se aborda también el tema de la conservación de las cuevas, en donde el panorama resulta poco alentador, dada la falta de presupuesto y las políticas que han desarrollado. Sin embargo, la aparición de publicaciones como ésta, ayudan a despertar la conciencia y el respeto hacia estos maravillosos ambientes y su no menos sorprendente fauna.

Finalmente, el libro cuenta además con un glosario que resulta de gran utilidad, dado que en él se explican varios términos y conceptos vertidos a lo largo de la lectura, así como una bibliografía con referencias básicas y especializadas, para aquellos lectores que deseen profundizar en los temas desarrollados.

Código Ético de la UIS para la Ciencia y Exploración de Cavernas en Países Extranjeros

La UIS apoya las actividades internacionales de sociedades y grupos espeleológicos y científicos interesados en esta área, ya que sus contribuciones son importantes para descubrir nuevas cavernas; extender la exploración de cuevas ya descubiertas; investigar los contenidos de las cuevas, por ejemplo biota, minerales y vestigios de interés arqueológico o antropológico; difundir el conocimiento de las cavernas en todo el mundo; permitir el intercambio de técnicas de exploración seguras y ayudar en la protección y preservación de las cuevas y cavernas.

Para evitar malos entendidos con los nativos y la gente local, el gobierno y las organizaciones nacionales de espeleología en el país en el cual se ha propuesto una expedición científica o de exploración, la UIS hace las siguientes recomendaciones:

1. Antes de salir de su país

En muchos casos es necesario que las autoridades del país que se va a visitar otorguen un permiso. Del mismo modo, debe informarse a la asociación nacional del país que se visita, en caso de no existir, debe contactarse con el delegado de UIS en ese país.

De ser posible, organice expediciones conjuntas con espeleólogos del país que visita. Las asociaciones nacionales de espeleología de cada país estarán familiarizados con los requerimientos

oficiales para expediciones extranjeras, así como el archivo de los reportes de la expedición y las publicaciones, también de las regulaciones acerca de la colecta y normas o leyes para el transporte de material proveniente de las cuevas para estudios científicos.

2. Durante la expedición

Los miembros de la expedición deben respetar las leyes del país y las tradiciones locales, deben entender que algunas cuevas son consideradas como lugares sagrados y por lo tanto tienen gran significado cultural o religioso. La investigación y exploración no deben dañar las cuevas, cavernas, cavidades o cualquier cosa en el interior de éstas. Ellos deben auxiliar y asesorar a las comunidades locales en la preservación y protección de estos ambientes.

3. Después de la expedición

Las muestras colectadas por la expedición sólo deben ser extraídas de las cuevas, cavernas o del país de origen si la exportación de este tipo de material es permitida y si se han cumplido correctamente los procesos de exportación.

Deben permitirse copias de todas las publicaciones y mapas producidos por la expedición a todos los cubles de espeleólogos participantes, así como a la organización espeleológica o al delegado de UIS en el país donde se llevó a cabo la expedición. La asistencia y apoyo proporcionado por distintas organizaciones durante la expedición debe ser reconocida en las publicaciones que se produzcan.

4. El respeto a las actividades de otros grupos

Antes de emprender una expedición a una región, se debe investigar acerca del trabajo previo o las exploraciones actuales

por grupos locales o extranjeros, con el propósito de no interferir con los proyectos que se estén llevando a cabo.

Debe darse el crédito correspondiente a las exploraciones previas en los reportes y publicaciones de la expedición.

Si sucede que varios grupos se encuentren trabajando en la misma área, se debe aprovechar la oportunidad de aprender unos de otros y de coordinar futuras actividades.

UIS Code of Ethics for Cave Exploration and Science in Foreign Countries

Accepted by the Assembly General, La Chaux-de-Fonds, Switzerland, 1997

UIS support the international activities of speleological societies, caving groups and scientists of karst because they are important for discovering new caves and extending old caves, investigating their contents, for example, minerals, biota and archaeological and anthropological remains; distributing knowledge of karst and caves throughout the world; enabling the exchange of safe caving practices and assisting in the protection and preservation of caves and karst.

To avoid misunderstanding by indigenous and local people, government and local and national caving organisations in the country in which the proposed cave exploration or scientific investigation is to take place. The UIS Bureau has prepared the following recommendations.

1. Before leaving your country

In many cases it will be necessary to obtain official permission from the authorities in the country being visited. In addition, inform the national speleological organisation of the country to be visited, if there is no national organisation contact the UIS national delegate.

If possible organise joint expeditions with cavers from the country to be visited. The national speleological organisations will be familiar with the official requirements for visiting expeditions. They will be well-versed with the requirements for the lodging of expedition reports and other published material and the regulations pertaining to the removal of materials by the expedition from the caves and to other countries for scientific studies.

2. During expedition

The expedition members should respect the laws of the country and local traditions, and understand that some caves may be sacred sites and be of religion and/or cultural significance; exploration and research studies in these caves may be restricted.

The expedition members should not damage either the karst or its caves. They should where possible educate and advise local communities in the protection and preservation of their karst or caves.

3. After the expedition

Samples from the caves and karst collected by the expedition should only be taken out the cave and country if the correct export procedures are followed and their export is permitted.

Copies of all printed material produced by the expedition, together with the location and maps of the caves should be sent to the participating caving clubs and the national speleological organisation and/or the UIS national delegate. Assistance received

from the organisations within the country visited should be acknowledged in all the expedition publications.

4. The respect for the work of other groups

Before undertaking an expedition to a region, a group should do research on previous work or current explorations by local or foreign cavers, in order not to interfere with current projects.

Credit for previous explorations should be given in expedition reports.

If several groups happen to be working in the same area, then the opportunity should be taken to learn from each other and to co-ordinate further work.

Addenda to the UIS Code of Ethics

Accepted by the Assembly General, Brasilia, D. F., Brazil, 2002

1. The UIS urges all their Bureau Members and National Delegates, that if they know of any expedition being organized to foreign countries, to immediately contact and inform the National Delegate of the target country.
2. If a member of the UIS Bureau discovers a violation of its Code of Ethics regarding a foreign expedition, it will contact the delegate of the expedition's country of origin suggesting that the expedition findings and reports shall not be accepted in their official publications, nor shall they be accepted in any UIS sponsored publication or event.
3. For expeditions organized by countries of high speleological development to countries of lower speleological development, the expedition group shall do its best to offer transfer of knowledge and promote local speleological activity.

Mundos Subterráneos UMAE

En la actualidad la UMAE está organizando sus comisiones y grupos de trabajo. Por el momento han sido confirmados los siguientes:

Comisión Nacional de Rescate en Cuevas:
Fis. Antonio Aguirre Álvarez (CRM).

Grupo de trabajo de Relaciones Internacionales
Ing. Rodolfo González Luna (ITEMS-CM).

Grupo de Catastro Nacional de Cuevas
LCQ Laura Rosales Lagarde (SMES).

Encargado de la Comisión del VI Congreso Nacional Mexicano de Espeleología
Lic. Jorge Paz (Vaxakmen).

El VI Congreso Nacional Mexicano de Espeleología se llevará a cabo del 1 al 4 de febrero del 2003, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

El tercer curso de espeleorrescate será del 6 al 15 de febrero de 2003, en Comitán, Chiapas.

PATROCINADORES

**UNIÓN MEXICANA DE AGRUPACIONES ESPELEOLÓGICAS, A. C.
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
CONACyT REG :400302-5-0157**

Normas de presentación de originales
(Instrucciones para los autores)

La revista MUNDOS SUBTERRÁNEOS acepta para su publicación artículos breves sobre diversos temas de la Espeleología, preferentemente de México o América Latina. La extensión deberá ser con un máximo de 20 cuartillas, incluyendo ilustraciones. En caso de contener ilustraciones a color, el autor pagará anticipadamente los costos. Además de los artículos, se podrán publicar ensayos y reseñas bibliográficas de una o dos cuartillas.

Todos los artículos formales deberán contener: Título especificado, autor(es) indicando institución(es) y dirección. Un resumen en Inglés (ABSTRACT) y otro en Francés (RÉSUMÉ), antecederán al texto (cada resumen con un máximo de 5 líneas). Figuras en caso necesario, y al final la bibliografía. Los artículos de investigación original deberán incluir además: Objetivos, materiales y métodos; así como resultados, discusiones y conclusiones más relevantes, e invariablemente referencias bibliográficas.

Se pide a los autores que los artículos sean originales y de calidad para elevar el prestigio de la revista. Los manuscritos deben presentarse en original y dos copias, además una vez aceptado, en disquete en Word for Windows con interlineado a doble espacio, indicando en la etiqueta que versión del programa se utilizó. El comité Editorial determinará si el artículo es de interés para su publicación y de ser necesario podrá someterlo al arbitraje de especialistas nacionales o extranjeros para tener un criterio de evaluación.

Mundos Subterráneos no imprime separatas, por lo que solamente se obsequia un ejemplar a cada uno de los autores de artículos. Además la revista es distribuida por intercambio a numerosas bibliotecas de la especialidad y está registrada en Zoological Records.

Toda correspondencia relativa a suscripciones, canje y presentación de originales deberá dirigirse a Dr. José G. Palacios-Vargas, Lab. Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Depto. de Biología, Fac. Ciencias, UNAM, 04510 México, D. F.

Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas, A. C.



UMA E