

00377



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS  
BIOLÓGICAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Biodiversidad de microartrópodos en una  
cueva multienergética en Tabasco, México.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

**P R E S E N T A :**

**BIÓL. DANIEL ALFONSO ESTRADA BÁRCENAS**

Director de Tesis: **Dr. José Guadalupe Palacios Vargas**

**MÉXICO. D.F.**



**OCTUBRE 2005**

**COORDINACIÓN**

m.348617



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Daniel Alfonso Estrada

FECHA: 30-Sep-2005

FIRMA: [Firma]

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez  
 Director General de Administración Escolar, UNAM  
 Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 9 de mayo del 2005, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del(a) alumno(a) Estrada Barcenas Daniel Alfonso con número de cuenta 95599993 con la tesis titulada: "Biodiversidad de microartrópodos en una cueva multienergética en Tabasco, México", bajo la dirección del(a) Dr. José Guadalupe Palacios Vargas.

Presidente:	Dr. Santiago Zaragoza Caballero
Vocal:	Dr. Rodrigo Medellín Legorreta
Secretario:	Dr. José Guadalupe Palacios Vargas
Suplente:	Dr. Juan Bibiano Morales Malacara
Suplente:	Dr. Zenón Cano Santana

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
 Cd. Universitaria, D.F. a. 21 de septiembre del 2005

[Firma]  
 Dr. Juan Núñez Farfán  
 Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

## Reconocimientos

Al CONACYT por proporcionarme el apoyo de la beca con el que culmine mis estudios de maestría durante que curse el 100% de los créditos de Maestría. Agradezco a la misma institución por el apoyo de trabajo de campo en el proyecto 33965-V.

Para el terminó de la tesis, doy gracias al proyecto de PAPIIT IN-223803, por darme el último estirón. A la Facultad de Ciencias por apoyarme a los distintos congresos que he asistido como: XIII Congreso Internacional de Espeleología y XVI Simposium Internacional de Bioespeleología, entre otros nacionales.

A mis tutores Dr. José G. Palacios Vargas, Dr. Rodrigo Medellín Legorreta y Dr. Héctor Arita Watanabe, y mis revisores de mi tesis Dr. Santiago Zaragoza Caballero, Dr. Juan B. Morales Malacara y Dr. Zenón Cano Santana.

Agradezco a la Dra. Gabriela Castaño por ser un ejemplo de vocación, además de revisar mi tesis. A la M. en C. Blanca Estela Mejía Recamier, por enseñarme el trabajo en el laboratorio. A mis compañeros de laboratorio como Biól. Ricardo Iglesias M. que además reviso mi tesis desinteresadamente, Arturo García, Carmen Maldonado V. y otros alumnos del taller del Laboratorio como Aldo Bernal, Lucia Pastrana, Leonardo y Estela.

Menciono en especial a mi compañero de bioespeleología con gran carisma y que ayudo a realizar este trabajo: Mariano Fuentes †.

Doy gracias también a toda la gente que cuida la cueva de “Las Sardinas”, y que me ayudo, gracias a Municipio de Tlacotalpa y el pueblo de Tapijulapa.

## Dedicatoria

*Todo mi agradecimiento a mi familia, principalmente a mis padres Laura Bárcenas O. y Alfonso Estrada O. que me han enseñado, como enfrentar la vida con disciplina y responsabilidad, pero además con alegría y felicidad, una parte de mi corazón es dedicada a abuelita Concepción Orta y mis hermanos David y Damaris.*

*Especialmente mencionó a todos los que confiaron en mi como mis tíos como Ana, Bernabé, Magdalena, y Pablo. Sin olvidar a mis primos, y demás familiares.*

*Agradezco igualmente a mis compañeros de la licenciatura y maestría, como Héctor Merino, Catalina Espinosa, Iván Castellanos, Adriana Manzo, Marcela Varela y María Colín, al igual que su madre me dieron un gran apoyo para realizar esta meta.*

*Mi eterna amistad es para mis amigos que me apoyan, y me dan alas para seguir como Julio César Nieto, Oscar Martínez, Pablo Morales, Emmanuel Rodríguez, Alberto Pérez, Carolina Contreras, puedo seguir mencionando a los que han aportado algo en mí como Iván "elefante", Juan "Visven", Miguel R., Miguel Q., Jonathan A., y Josué P.*

*Otorgo una mención a mis amigos de prepa que seguimos en esta vida, buscando un lugar, como Fernando Taboada, Alejandro Loaliza, Jorge Salas y Dina Martínez.*

*Jamás olvidare a las personas que pasan como estrellas fugases en mi vida, pero dejando lo bueno de la vida como Liz Rueda. O todos mis compañeros ultimeros, como Pablo, Sergio, Mariano, Judah, Rafael, Manuel, Kmila, Fernando, Heike, David, etc.*

*Risas, lágrimas, felicidad, miles de sentimientos que comparto con mi mejor amiga y compañera, que no puedo dejar de mencionar, gracias por tu amor Angélica.*

# Índice

Resumen.....	3
Abstract.....	6
Introducción.....	8
La bioespeleología en México.....	8
Recursos de Energía en Cuevas.....	8
Cuevas con Bacterias Quimiolitotróficas.....	9
La Cueva de “Las Sardinas”.....	10
Antecedentes.....	10
Bioespeleología.....	10
Estructura Física.....	11
Geología y Geofísica.....	12
Microbiología.....	12
Importancia.....	14
Objetivo e Hipótesis.....	16
Métodos.....	17
Zona de Estudio.....	17
Colecta.....	17
Análisis de datos.....	20
Resultados.....	21
Discusión.....	40
La diversidad de las cuevas.....	40
Comparación entre biotopos.....	41
Redes tróficas.....	42
Diversidad alfa, beta y gamma.....	47
Conclusiones.....	50
Apéndice 1.....	52
Apéndice 2.....	59
Literatura Citada.....	60

## Resumen

La cueva de “Las Sardinas”, ubicada en Tabasco, México, ha sido el centro de atención para muchos investigadores. La cueva tiene la particularidad de tener un ambiente con resurgencias de azufre. Esto produce un medio sumamente ácido que es aprovechado por algunas bacterias. Además de la presencia de azufre, existen otras fuentes de energía que son utilizadas, por los seres vivos que ahí habitan, como la hojarasca, el suelo y el guano.

Las bacterias quimiolitotróficas subsisten por el azufre, lo que las hace una forma de vida muy particular éstas, a su vez son fuente de alimento para una especie de ácaro, *Histiostoma* sp., lo que constituye los primeros dos eslabones de una cadena trófica, pero ésta sólo es una parte de la compleja red que hay dentro de la cueva.

Dentro de la cueva se registra una colonia de murciélagos que aportan una gran cantidad de guano que desarrolla otro biotopo muy especial, además de cierta cantidad de hojarasca y detritus que se infiltra por las claraboyas existentes en la cueva. El objetivo de este estudio es la descripción de las comunidades de microartrópodos, en relación a cada biotopo (hojarasca, guano, suelo y bacterias y sus exudados) que se encuentra dentro de la cueva.

Se comparó la abundancia, riqueza y diversidad de organismos entre los biotopos, considerando además el suelo, como un control, ya que no tiene entrada de energía evidente, parte de las estructuras parietales. Se encontraron 169 especies de microartrópodos en total, de casi 28,000 organismos registrados en cinco muestreos llevados a cabo a lo largo de un año.

No hubo diferencias entre los cinco muestreos a lo largo del estudio, sugiriendo la existencia de la estabilidad de condiciones que existen en los ambientes. No obstante se registraron diferencias estacionales en la diversidad.

El biotopo con mayor riqueza fue la hojarasca con 136 especies, además de tener la mayor equitatividad entre ellas, ésto debido a la diversidad de recursos alimenticios que ahí existen. Le siguió el guano con una riqueza de 57 especies, posteriormente el suelo sin una evidencia de entrada de energía con 44 especies y, por último, el suelo que contiene las bacterias y sus exudados con 24 especies. El suelo sin una evidencia de entrada de energía y el suelo que contiene las bacterias y sus exudados fueron los dos biotopos más parecidos

respecto a la riqueza, pero mostraron diferencias significativas en la diversidad, lo que refleja la presencia de otra comunidad.

El guano fue el biotopo con la mayor abundancia con 21,422 individuos, seguido de la hojarasca con 4,455, el suelo que contiene las bacterias y sus exudados con 1,614 y por último el suelo sin una evidencia de entrada de energía con 422.

Las bacterias quimiolitotróficas parecen ser que sólo sirven de alimento a *Histiostoma* sp. 1, lo que hace pensar que el pH ácido hace una selección de las especies que habitan ahí, segregando a los depredadores, ya que sólo se encontraron consistentemente al cunáxido *Dactyloscirus* sp. 1 y al mesostigmado *Sejus* sp. Es posible que todas estas sean especies nuevas para la ciencia.

El ácaro oribátido *Intermedioppia* ca. *alvarezi* fue el de distribución más amplia, lo que nos hace pensar que es oportunista, en el único biotopo donde no se encontró fue en el guano, que es un ambiente restringido por sus condiciones ambientales y por la comunidad guanobia bien establecida.

Finalmente, se buscaron los hábitos alimenticios reportados en bibliografía de las taxa encontradas y se establecieron las redes tróficas de cada biotopo, ya que se encontró una diferencia entre las comunidades.

En el biotopo del suelo que contiene las bacterias y sus exudados seis especies abarcaron el 97% de los 1,614 organismos encontrados, de los cuales sólo dos especies (*Sejus* sp. y *Dactyloscirus* sp. 1) son depredadoras correspondientes a un 5%; tres especies son panfítófagas (*Intermedioppia* ca. *alvarezi*, *Sancassania* ca. *mycophagus* y *Neoguanolichus* sp.) que constituyeron un 85% y una bacteriófaga (*Histiostoma* sp. 1) que representó un 7% del total.

De los 422 organismos en el suelo sin una evidencia de entrada de energía encontramos a las arañas Salticidae, así como pseudoescorpiones como los principales depredadores (9%), mientras que tres especies de ácaros fueron los depredadores secundarios y/o terciarios (*Sejus* sp., *Neosclirus* sp. y *Dactyloscirus* sp. 1) que contribuyeron con un 15% en abundancia. *Schwiebea* sp. e *Histiostoma* sp. 1 se alimentan de bacterias y hongos que corresponden al 19% de la abundancia total y la mayoría fueron panfítófagos como *Intermedioppia* ca. *alvarezi*, *Sancassania* ca. *mycophagus* y un nanorquéstido con un 35% de abundancia total de las tres especies.



La hojarasca presenta como principales depredadores a diez especies de hormigas con (2% de la abundancia), mientras que 25 especies de los ácaros depredadores aportaron el 14% de los organismos, las larvas de insectos con ocho especies y un 10% del total de organismos. Entre los panfitófagos tuvimos a los ácaros Cryptostigmata con 26 especies (22% de la abundancia) y a los colémbolos con 20 especies (4% de la abundancia). En lo referente con bacteriófagos y micófagos se registraron cinco especies de Astigmata, cuatro de la género *Histiostoma* (19% de la abundancia) y la última del género *Schwiebea* (17% de la abundancia). Dos especies de ácaros del género *Rhyzoglyphus* (4% de la abundancia) se caracterizaron como fitófagos.

En el guano los mayores depredadores los conformaron las larvas de coleoptera con 2% de la abundancia y los ácaros *Gamasellodes* sp. (7%), *Pulaeus* sp. 1 (3%) y *Cunaxoides* sp. (3%), mientras que los más abundantes fueron los panfitófagos con cinco taxa (Larvas de Chironomidae, *Rostrozetes foveatus*, *Histiostoma* ca. *piloseta*, *Neoguanolichus* sp. y *Phaulodinychnus* sp.) que suman 76% de todos los organismos. Cabe mencionar que encontramos algunos parásitos de murciélagos como el ácaro *Antricola* sp. (Metastigmata: Argasidae).

## Abstract

The Sardinias cave in Tabasco, Mexico, has been the focus of many researches. This is due to its unique environment and its many sulfur springs which produce an acid ecosystem that is useful for some organisms like bacteria.

The chemolithotrophic bacterium coexists with the sulfur in a peculiar manner. These bacteria are a food source, particularly for the mite specie; this begins a trophic chain which is only a small part of complex web of life inside of the cave.

Inside the cave there is a big bat colony. The bats give off a lot of guano, which is another special biotope. The cave also has litter and detritus which allow the infiltration of small amounts of skylight. That allows the establishment of the microartropod community which is the objective of this study.

In the investigation, the abundance and diversity between biotopes was compared. We took soil as the control of the parietal structures and found 169 species and nearly 28,000 organisms in five samplings over a little more of one year.

We didn't find significant differences between samples with respect to abundance which means a substitution of species. The litter was the biotope with the most diversity and was also the most equitable because of its diverse food sources.

The guano was the most abundant biotope. It had 57 species and 21,422 organisms. The soil and bacteria were the most similar biotopes, but we found significant differences on diversity, that means different biotope communities.

The chaemolithotrophic bacteria apparently are the only food source for *Histiostoma* sp. 1 which led us to believe that the pH of the bacteria had an effect on the species that live inside of this biotope. That's the reason for the segregation of a pillager species like a cunaxid mite *Dactylocirus* sp. 1 and the Mesostigmata mite *Sejus* sp. that are possibly new species.

The oribatid mite *Intermedioppia* ca. *alvarezi* was the most widely distributed species in the cave. Maybe the reason is because it is an opportunist species. The only biotope where it wasn't found was the guano because it is a restrictive ecosystem due to environmental conditions and its well-established guanophila community.

Finally, we examined the feeding habits of the microarthropod species and established the trophic webs on each biotope, because we found differences between communities.

In the biotope feeding by bacteria and his exudation found six species (97% of abundance). Two mite species (*Sejus* sp. & *Dactyloscirus* sp.) are predators (5% of abundance). Three mite species are panphytophagus (*Intermedioppia* ca. *alvarezi*, *Sancassania* ca. *mycophagus* y *Neoguanolichus* sp.) (85% of abundance). Only one specie is bacteriophagus (*Histiostoma* sp. 1), with 7% of abundance.

In the soil founded Salticidae spiders and Pseudoescorpionida, like principal predators (9% of abundance). Three acari species are third or second predators (*Sejus* sp., *Neosculura* sp. y *Dactyloscirus* sp. 1) with 15% of abundance. Other acari are feeding bacteria and fungi. They represented 19% of abundance, but the most abundant were the panphytophagus mite's with 35% (e.g. *Intermedioppia* ca. *alvarezi*, *Sancassania* ca. *mycophagus* and a nanorchestid).

In the debris biotope founded like predators, ten species ants and 25 spp. mites. 14% are larvae insects with eight species and 10% of abundance. The panphytophagus species are 26 Cryptostigmata mite's (22% of abundance) and 20 collembola (4% of abundance). The bacteriophagus and micophagus species founded five Astigmata, four of them are the Histiotomidae family and the last one is *Schwiebea* sp. (17% of abundance). Two species of *Rhizoglyphus* genera, are phytophagus.

In the biotope guano, the predators were coleopteran larvae (2% of abundance) and the mites *Gamasellodes* sp. (7% of abundance), *Pulaeus* sp. 1 (3% of abundance) and *Cunaxoides* sp. (3% of abundance). The most abundant were the five panphytophagus taxa (Chironomidae larvae, *Rostrozetes foveolatus*, *Histiostoma* ca. *piloseta*, *Neoguanolichus* sp. and *Phaulodinynchus* sp.) with 76% of all organisms. In addition, we found some parasites of bats like the mite *Antricola* sp. (Metastigmata: Argasidae).

## **Introducción**

### ***La bioespeleología en México***

México es famoso entre los espeleólogos por poseer una enorme cantidad de cuevas, las cuales son importantes, no tan sólo por su belleza, sino también por su gran diversidad de fauna, que ha sido considerada una de las más interesantes del mundo. Se han citado desde protozoarios hasta animales como nemátodos, anélidos, moluscos, artrópodos y vertebrados como peces y murciélagos, siendo el grupo de los artrópodos el mejor representado por diversos grupos como arácnidos, ácaros, crustáceos, milpiés, ciempiés e insectos (Reddell, 1981).

En la actualidad, en el aspecto bioespeleológico existe bastante información, sobre todo en los últimos años. Reddell (1981) registra alrededor de 1,200 cuevas, pozos, cenotes, sótanos, minas y semejantes, en los que se ha estudiado la fauna cavernícola en México; el autor reconoce ya cerca de 2,000 especies de animales diferentes, de las cuales se incluyen 279 troglobias. En publicaciones más recientes la cifra ha aumentado; Hoffmann *et al.* (2004) realizaron un estudio sobre los artrópodos de cuevas, reportando 584 cavidades donde se registran 1,935 especies, únicamente de artrópodos, de los cuales 237 son troglobios. Todo ello representa uno de los campos de investigación más interesantes para el biólogo, ya que muchos de estos animales han sufrido modificaciones y transformaciones estructurales y fisiológicas a través del tiempo evolutivo, alcanzando una adaptación a su situación de aislamiento y oscuridad, hechos de suma importancia desde el punto de vista evolutivo (Reddell, 1981).

### ***Recursos de Energía en Cuevas***

Dentro de las clasificaciones de las cuevas, existe la determinada por el origen de sus fuentes de energía, si es externa se denomina alóctona, mientras que las cuevas que se sostienen por fuentes de energía internas son llamadas autóctonas. Estas últimas son sostenidas principalmente por bacterias quimioautotróficas que usan como fuente de energía el sulfuro de hidrógeno de las rocas donde se asientan, por lo que también se las conoce como quimiolitotróficas (Cano-Santana y Martínez, 2000).

Gnaspini y Trajano (2000) sugieren una clasificación de las cuevas de acuerdo con sus recursos tróficos: oligotróficas, eutróficas, distróficas, mesotróficas y poecilotróficas. Las cuevas oligotróficas se caracterizan por tener bajas cantidades de materia orgánica disponible derivada de animales o plantas. Las cuevas eutróficas por su parte sostienen grandes cantidades de materia orgánica principalmente la contenida en el guano de murciélagos. Las cuevas distróficas se suministran de materia orgánica de plantas cuando se inundan. En tanto que las cuevas mesotróficas son un tipo intermedio de los mencionados anteriormente y se caracterizan por tener moderadas cantidades de material animal o vegetal. Las cuevas poecilotróficas son las que se extienden con distintas secciones con diferentes aportes de energía, que van desde secciones oligotróficas hasta eutróficas.

Los animales en estos sistemas están limitados a la materia orgánica importada por organismos como los murciélagos, insectos o corrientes de agua, la fuente principal queda depositada en el piso en forma de guano, sobre el cual crecen hongos que sirven de alimento a numerosos artrópodos, los que a su vez son presas de depredadores de mayor tamaño. Esto nos sugiere la existencia de una compleja red trófica modulada por las características del ambiente cavernícola y el sustento exterior.

En las últimas dos décadas se han descubierto que algunas cuevas tienen sustento autóctono, debido al aporte de las bacterias quimiolitotróficas. Tal condición provoca una cadena trófica distinta a las de aporte alóctono. Casi todas las cuevas que se conocen en México (más de 6 mil), y en todo el mundo, dependen de la energía alóctona, para la existencia de su fauna y el desarrollo de sus comunidades.

### ***Cuevas con Bacterias Quimiolitotróficas***

Las bacterias quimiolitotróficas son los únicos organismos que no son troglóxenos, y no dependen de energía externa de la cueva, ya que aprovechan el ácido sulfhídrico, que brota dentro de ella, éste atributo se ha registrado en pocas cuevas (Cano-Santana y Martínez, 2000). Egeimer (1981) nota el posible papel de las bacterias reduciendo sulfato a  $H_2S$ , observándolo en la cueva baja de Kane, también en algunos depósitos de las cuevas de

Guadalupe, en Nuevo México, E.U.A, (la Caverna Carlsbad y la Cueva de la Lechuguilla) que contienen filamentos microbianos (Davis *et al.*, 1990), además de contribuir en el ciclo del azufre como en las cuevas de Kugitangtou en Turkmenia (Korshunov y Semikolennyh, 1994), al igual que en la Caverna Mercedes en la Provincia de Neuquén (Argentina) donde la presencia de azufre se atribuye al origen biogenético por acción de las bacterias (Balod y Redonte, 1995). Asimismo, la base de la cadena trófica en la Cueva Movile, Rumania, la constituyen las bacterias quimiolitotróficas y sus productos sin que intervenga algún otro aporte exterior. En esta cueva se han registrado cerca de 50 especies, de las cuales 29 son especies troglobias terrestres (Sarbu y Popa, 1992).

### ***La Cueva de “Las Sardinias”***

#### **Antecedentes**

Los estudios bioespeleológicos en el Estado de Tabasco son en su mayoría, registros aislados, aunque el estudio realizado por Sbordonni *et al.* (1974) fue de los primeros y más completos. En la compilación de Reddell (1981) cita 14 cuevas para dos regiones: Tapijulapa y Teapa, registrando en general 76 especies de animales, de los cuales 29 son troglófilos y 10 son troglobios. Hoffmann *et al.* (2004) registran tres cavidades con registros de artrópodos para el estado. En este estado se encuentra la cueva de “Las Sardinias”, localizada en el rancho de Villa Luz, ésta presenta un ambiente especial, el agua naciente de la cueva corre en un arroyo y está cargada de H<sub>2</sub>S que con el aire de la atmósfera reacciona con el O<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub> y el H<sub>2</sub>O. Lo que conduce a la depositación del azufre y yeso en las paredes y el techo. Esta misma reacción puede ser acelerada por medio de las bacterias que obtienen su energía por este proceso metabólico (Hose *et al.*, 2000). Este proceso fue denominado por Egeimer (1981) como “solución reemplazada”.

#### **Bioespeleología**

El primer registro científico de la cueva de “Las Sardinias” fue en 1944, por el Dr. Stirling donde colectó 20 especies de animales, incluyendo dos especies troglobias de gusanos planos del género *Dugesia*, además de reportar peces del género *Poecilia*, cangrejos tricodáctilos *Trichodactylus bidens*, un amblipígido no descrito del género

*Phrynus*, arañas de distintos géneros como *Tetragnatha*, *Maymena* y *Eidmanella*, y un hemíptero del género *Belostoma* (Reddell 1981).

Gordon y Rosen (1962) hacen un estudio sistemático sobre los peces y su relación con el troglomorfo. Ellos registran la presencia de tres especies de murciélagos (*Mormoops megalophylla*, *Pteronotus davyi* y *P. parnelli*) como importantes importadores de recursos alimenticios, vía el guano, para la población de peces, así como una abundante población del mosquito *Tendipes fulvipilus* habitando sobre el agua y en el guano.

Langecker *et al.* (1996) hicieron el primer estudio trófico del medio acuático de esta cueva. Ellos registran a los peces como los últimos consumidores en la pirámide alimenticia, pero ignoran a los artrópodos terrestres (como los ácaros y los arácnidos). Registran que el pez *Poecilia mexicana*, se alimenta de bacterias del género *Beggiatoa*, por quironómidos, y por un conjunto de animales acuáticos (caracoles, ostrácodos y nemátodos entre otros).

### **Estructura Física**

Gamboa y Kú (1998) hacen el primer mapa topográfico de la cueva y aunque sólo abarca los primeros 120 metros, se obtuvo un listado florístico de los alrededores de la misma, que pueden constituir una fuente de materia orgánica. Petit (1998) sostiene que esta cueva tiene el mayor número de colonias de bacterias quimiolitotróficas, comparada con los registros que se tienen anteriormente. Mientras que Pain (1998) registra una gran acidez dentro de la cueva producida por estas colonias, lo que la hace constituirse como un ambiente extremo.

Hose y Pisarowicz (1999) hicieron una descripción física de la cueva. Registran una longitud aproximada de 1,897 m, una profundidad de 23 m y, entre 10 y 12 cámaras y pasillos bien delimitados, donde registran las distintas concentraciones de H<sub>2</sub>S.

## Geología y Geofísica

Hose y colaboradores (2000) hicieron un estudio muy completo sobre la microbiología y geoquímica de la cueva en el cual se describe muchos microambientes ácidos con pH que van desde 0.1 hasta 3.00 probablemente por las reacciones de oxidación biogénica. La existencia de una falla geológica, en dirección este-sureste, dentro de la cueva explica la posible resurgencia del ácido sulfúrico. Esto crea un complejo anastomosado, donde el arroyo de color lechoso, debido al azufre suspendido, crea distintos conductos y depósitos de arenilla, con una profundidad que varía de 10 hasta 30 cm en promedio. La paredes de la cueva y el techo están recubiertos por una capa blanca cremosa, con microcristales de yeso, de unas 20 a 50  $\mu\text{m}$ , a veces la caída de esta pasta crea depósitos, aunque en los sedimentos se pueden encontrar arcillas, cuarzos, clastos de minerales metamórficos e ígneos, como labradorita, hornblenda, zirconia y muscovita y una variedad de fragmentos orgánicos, como son conchas de gasterópodos de 2-3 mm de diámetro, exubias de insectos y distintas conchas de crustáceos ostrácodos. El aire de la cueva muestra distintas variaciones espaciales y temporales. Las concentraciones de  $\text{H}_2\text{S}$  pueden ser de <10 a >140 ppm en un cambio de tan sólo 3 minutos, el nivel de  $\text{O}_2$  puede bajar a tan sólo 19%; también se registraron niveles elevados de  $\text{CO}_2$  (0.1-2.0%) y de  $\text{SO}_2$  (>35 ppm). Se encontraron tres tipos de agua: agua azufrosa, agua oxigenada y la mezcla de éstas. Además, se han registrado pH ácidos desde 0.0 en guano mezclado con pasta de yeso donde caen gotas de ácido sulfúrico, hasta el intervalo de 6.4-7.2 en las muestras de agua donde se encontraron filamentos de bacterias.

## Microbiología

Hose *et al.* (2000) mencionan la presencia de una biocapa verde adyacente al arroyo, donde observaron abundantes ácaros adultos y larvas de *Tendipes fulvipilus* (Diptera), que al parecer se alimentan de esta biocapa. Pisarowicz (1994) describe las asociaciones microbianas colgantes como “mocositas” debido a su apariencia y textura. Por medio de la secuencia de ADN confirma la presencia de especies de *Thiobacillus* que es un productor de ácido sulfúrico, aunque afuera de estas colonias microbianas viven invertebrados macroscópicos como ácaros, arañas y gasterópodos.



La producción de ácido sulfúrico es limitada debido a la lenta toma de oxígeno, en comparación con la actividad microbiana, ya que *Thiobacillus* completa la oxidación de ácido sulfhídrico. Una de las especies más estudiadas es *Thiobacillus thiooxidans* que es autotrófica, y capaz de fijar dióxido de carbono sin que exista carbono orgánico. Esta reacción es un proceso altamente exotérmica, que provee de suficiente energía a los organismos. Bajo condiciones anaeróbicas o bajas concentraciones de oxígeno *T. thiooxidans* produce un ambiente local de  $\text{pH} < 2$  y en la presencia de aire este valor puede ser  $< 1$  (Hose *et al.*, 2000).

Otra bacteria conocida es *Thiobacillus ferrooxidans* la cual contribuye en la lixiviación de sulfatos y la solubilización de metales pesados en ambientes minerales, además de que esta especie puede oxidar el hierro. Por medio de pruebas de ADN se descubrió que estas colonias de bacterias (“mocositas”) son generadoras de ácido sulfúrico y son parte responsable de los valores bajos de pH.

Las bacterias sulfo-reductoras son organismos complejos que pueden hacer numerosas y diferentes transformaciones del azufre, por lo que es posible una importante contribución de la acción microbiana al depósito de minerales. En este trabajo se hace indudable la participación de las bacterias en los mecanismos de alargamiento de la cueva, debido a la oxidación de  $\text{H}_2\text{S}$  en la arcilla que es remplazada por yeso. Este yeso cae por la acción de la gravedad, además la pasta de las paredes es disuelta por el arroyo y las distintas gotas de agua ácida producto de las bacterias. Esto hace evidente el fenómeno de la “solución reemplazada” (Fig.1).



Figura 1. Esquema de la solución reemplazada, propuesto por Egeimer (1981), dentro de la cueva de "Las Sardinas", tomado de Hose *et al.* (2000).

### ***Importancia***

Es relevante conocer la fauna que existe en todos los biotopos de esta cueva antes de que sea alterada y que se pierda por completo información muy útil, desde el punto de vista taxonómico, biogeográfico y sobre la biodiversidad que existe en ella. Esto involucra estudiar y describir el inventario faunístico de la cueva por parte de los especialistas taxónomos para la descripción de las especies nuevas que se encuentren en este ambiente particular, así podremos comprobar si existen endemismos. Además, se pueden establecer las relaciones tróficas que tienen los artrópodos entre sí. Esto permitiría entender el papel funcional y ecológico que tienen en esta caverna tan especial. Este es el primer estudio faunístico y ecológico que se va a realizar en una gruta cuya característica es tener un recurso energético autóctono.

Es indispensable reconocer los aportes de los que se alimentan los artrópodos, ya que hay productores primarios, como las bacterias quimiosintéticas y existe además, una población de murciélagos muy importante que hace un aporte considerable de materia orgánica con sus heces fecales. La cueva, adiconamente tiene varias comunicaciones con el exterior, por medio de claraboyas ingresa una cantidad considerable de material vegetal. Debido a los tipos de aporte de materia orgánica más relevantes que tiene el sistema biológico de esta cueva, su fauna además de abundante puede tener una gran riqueza específica.

Las poblaciones de animales dentro de cada cueva tienen frecuencias pequeñas, por lo que si se dañan estos ecosistemas en lo más mínimo, muchas especies cavernícolas troglobias estarían en vías de extinción. También por ello es importante que la extracción, no sea indiscriminada, para que no se afecte el ecosistema disminuyendo las probabilidades de desaparición de alguna especie.

## Objetivo e Hipótesis

El objetivo de este trabajo es conocer la diversidad y composición de la comunidad de microartrópodos terrestres que habitan la cueva de “Las Sardinas”, como ejemplo de una cueva sulfurosa, en el Estado de Tabasco, considerando los distintos aportes de materia orgánica como fuente de energía.

Se espera que se encuentren distintas diversidades en los biotopos de la cueva debido a sus diversos aportes de materia orgánica, como son los murciélagos, las bacterias quimiolitotórficas, además de la hojarasca que penetra a algunas salas y el arrastre de materia producido por el arroyo que la atraviesa.

Los objetivos particulares derivados del estudio son los siguientes:

- Realizar el inventario faunístico de microartrópodos de la cueva de “Las Sardinas” del Estado de Tabasco.
- Conocer la composición y diversidad de especies de las zonas representativas de diferentes aportes de materia orgánica que se localizan dentro de la cueva de “Las Sardinas”.
- Determinar la importancia que tienen las colonias de bacterias quimiolitotórficas de la cueva de “Las Sardinas” en el funcionamiento de la cueva y en las cadenas tróficas.
- Determinar la variación estacional en las comunidades de microartrópodos que se encuentran en la cueva.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Métodos

### Zona de Estudio

La Cueva de “Las Sardinas” está localizada a 2 km al sur del pueblo de Tapijulapa (17° 27' norte 52° 47' oeste) en el Municipio de Tacotalpa, Tabasco, a 100 msnm, en la parte norte de la sierra de Chiapas (Fig. 2). La parte topografiada es de 1.9 km, con 26 entradas de agua, las cámaras principales tienen una altura que no pasa de los 15 m y los pasajes que comunican las cámaras son estrechos, aunque no lo suficiente para impedir el acceso (Hose y Pisarowicz 1999; Hose *et al.* 2000).

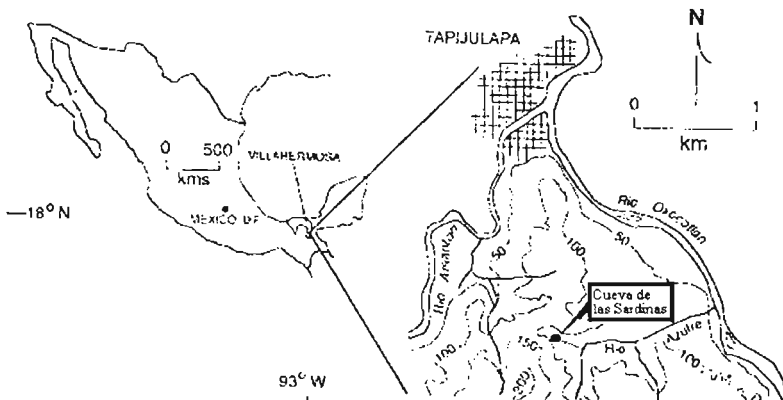


Figura 2. Localización de la cueva de “Las Sardinas”, en Tabasco, México modificado de Hose y Pisarowicz (1999).

### Colecta

Se hicieron muestreos trimestrales en marzo, julio, septiembre y diciembre del 2001 así como también marzo del 2002, considerando cada estación del año, abarcando un ciclo anual. De acuerdo con el plano topográfico de Hose y Pisarowicz (1999), se seleccionaron doce cámaras, se estableció el tipo de fuente de energía y se tomaron tres muestras de cada biotopo: (1) Biotopo alimentado con hojarasca, (2) biotopo alimentado con guano, (3)

biotopo alimentado con bacterias formando “mocositas” y sus exudados, y (4) el biotopo de suelo sin entrada de energía evidente. (Fig. 3).

En cada zona se tomó una muestra de suelo de  $10.5 \times 11.5 \times 5$  cm ( $603.75$  cm<sup>3</sup>), tratando que sólo hubiera un aporte de energía. Estas muestras se procesaron mediante embudos de Berlese-Tullgren. Se hizo un conteo de todos los organismos, y posteriormente se realizaron preparaciones para los microartrópodos y montaje para la mesofauna, por medio del microscopio estereoscópico, y se identificó todo el material obtenido, enviando los ejemplares a los especialistas de cada grupo.

Se registraron los datos fisico-químicos para describir las condiciones ambientales de las diferentes cámaras. Los parámetros considerados fueron: a) luminosidad, a partir de apreciación personal cuando se apagaban todas las luces artificiales, b) la temperatura con un termómetro ambiental, y c) pH, con un papel indicador puesto directamente en el sustrato.

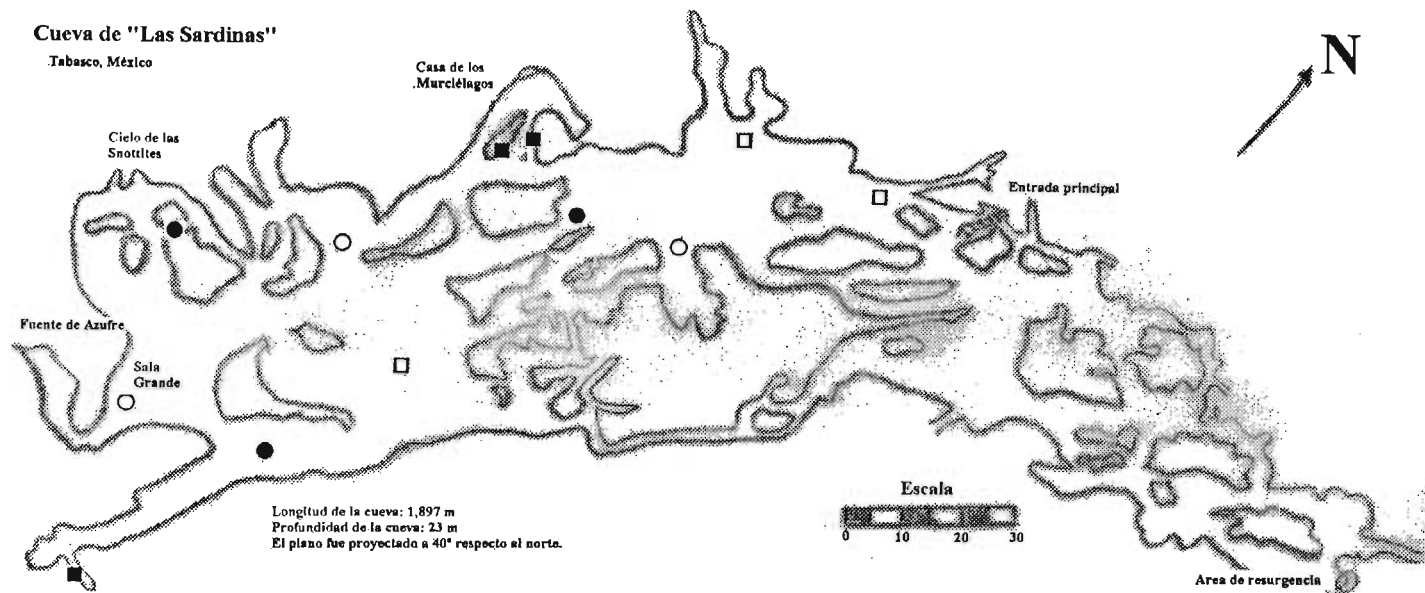


Figura 3. Sitios de colecta dentro de la cueva de "Las Sardinas", indicando los biotopos donde se tomaron las muestras: Biotopo alimentado con hojarasca (■), biotopo alimentado con guano (■), biotopo alimentado con bacterias "Mocositas" y sus exudados (●) y el biotopo de suelo sin entrada de energía evidente (○). Plano modificado de Hose *et al.* (2000).

## *Análisis de datos*

Se calcularon los índices de diversidad Shanon-Wiener (base  $\log_{10}$ ) y de Simpson, con el programa BioDiversity professional ver. 2.0. Para comparar los biotopos se utilizó el índice de similitud de Sørensen, y posteriormente, se aplicó una prueba de *t* de Student para comparar los índices de diversidad de muestras pareadas (Zar, 1984), para comparar fechas y biotopos, considerando la corrección de Bonferroni (Howell, 2002). Además, se realizó un análisis de varianza de dos vías para comparar la abundancia entre las fechas y los biotopos, con el programa Statistica ver. 6.0 (Statsoft, 1998).

Se aplicó una prueba de relación interespecífica con los datos de presencia y ausencia de especies, con respecto a cada biotopo, para ver si tenía una asociación significativa; se calculó un índice de variación (VR) y el estadístico (W) para observar si existía esta asociación en base de  $\chi^2$  con el programa de Ludwig y Reynolds (1988).

En los biotopos que se encontró una asociación significativa, se hizo un cluster de las especies encontradas por el método de agregación y distancia de acuerdo al porcentaje de disimilitud (UPQMA), con el programa Statistica ver. 6.0 (Statsoft, 1998).

Finalmente, con la literatura disponible, se determinó el gremio trófico al que pertenecía cada una de las taxa encontradas, para establecer posibles relaciones alimenticias.



## Resultados

Se colectaron 27,913 ejemplares; en la primera colecta hubo 3,741, mientras que en la segunda se registraron 6,213, en la tercera se obtuvieron 4,441, en la cuarta encontramos 4,575, mientras que en la última colecta se tuvieron 8,943 individuos. La mayor abundancia de organismos fue en el biotopo alimentado con guano con 21,422 seguido del biotopo alimentado con hojarasca con 4,455, mientras que en el biotopo alimentado con bacterias “Mocositas” y sus exudados sólo se registraron 1,614 y finalmente el biotopo de suelo sin entrada de energía evidente con un total de 422 (Fig. 4).

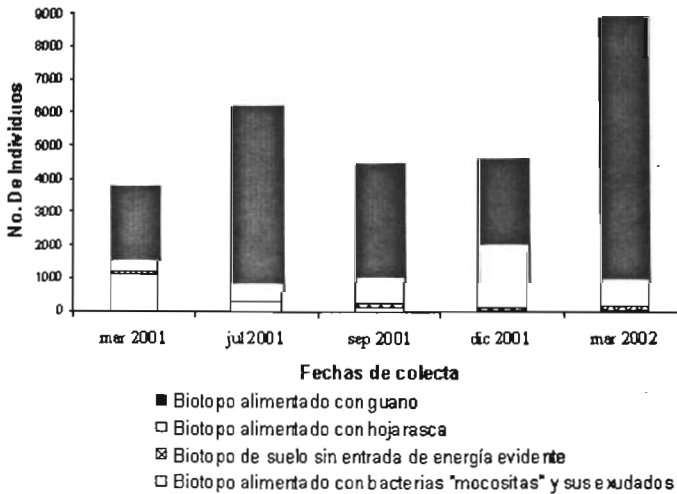


Figura 4. Abundancia de microartrópodos en los diferentes biotopos en la cueva de “Las Sardinas”, separada por fecha de muestreo.

La riqueza total para la cueva fue de 169 especies, donde el biotopo alimentado con hojarasca obtuvo la mayor riqueza con 136, seguida del biotopo alimentado con guano con 57 especies, posteriormente el biotopo de suelo sin entrada de energía evidente con 44 especies y por último el biotopo alimentado con bacterias “Mocositas” y sus exudados con 24 (Fig. 5). El número de especies por muestreo fueron 71, 76, 76, 91 y 91 respectivamente, dando un promedio de  $78.6 \pm d. e. 9.35$ .

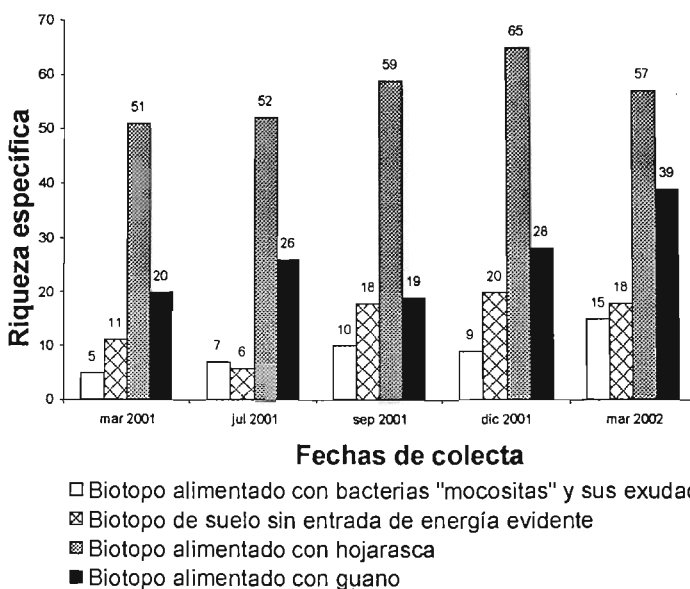


Figura 5. Numero de especies en cada biotopo separadas por fecha.

La densidad de organismos en general para la cueva fue de  $2.31 \pm \text{d.e. } 0.96 \text{ ind/cm}^3$ . La mayor abundancia se registró en el biotopo alimentado con guano, seguido del biotopo alimentado con la hojarasca, el biotopo alimentado con bacterias "Mocositas" y sus exudados, y por último el biotopo de suelo sin entrada de energía evidente (Tabla 1).

Tabla 1. Densidad de microartrópodos ( $\text{No./cm}^3$ ) encontrados en la cueva de "Las Sardinas" en cuatro biotopos y cinco fechas de muestreo. Las letras diferentes en el promedio denotan diferencias significativas con  $p < 0.05$  (prueba de Tukey).

Biotopo/Fecha	Mar 2001	Jul 2001	Sep 2001	Dic 2001	Mar 2002	Promedio $\pm$ d.e.
Bacterias	1.87	0.50	0.17	0.05	0.07	$0.53 \pm 0.77a$
Suelo	0.11	0.01	0.20	0.16	0.21	$0.14 \pm 0.08a$
Hojarasca	0.59	0.89	1.45	3.15	1.30	$1.48 \pm 0.99b$
Guano	3.62	8.88	5.53	4.22	13.23	$7.09 \pm 3.99a$
Promedio $\pm$ d.e.	$1.55 \pm 1.57$	$2.57 \pm 4.22$	$1.84 \pm 2.53$	$1.89 \pm 2.11$	$3.70 \pm 6.37$	$2.31 \pm 0.96$

Las densidades mayores se encontraron en el biotopo alimentado con guano (7.09 ind/cm<sup>3</sup>), mientras que en el biotopo de suelo sin entrada de energía evidente se obtuvo el valor más pequeño de 0.14 ind/cm<sup>3</sup>. Se obtuvo un efecto significativo del biotopo, ( $F_{3,40} = 22.162, p < 0.001$ ), pero no de la fecha, ( $F_{4,40} = 0.647, p = 0.632$ ), ni de la interacción biotopo×fecha ( $F_{12,40} = 1.426, p = 0.195$ ). El biotopo alimentado por la hojarasca presentaba esta diferencia significativa con respecto a la densidad de microartrópodos en los demás biotopos (Tabla 1).

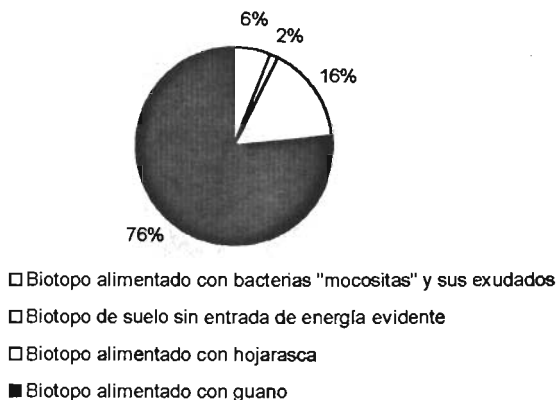


Figura 6. Porcentajes de abundancias totales de los distintos biotopos para la cueva de "Las Sardinas" (n = 27,913).

En diciembre del 2001 fue donde se presentó la mayor diversidad ( $H' = 2.76$ ), además de mayor número de especies abundantes (Hill  $N_1 = 16$ ), la máxima equitatividad ( $J' = 0.61$ ), y la que presentó especies muy abundantes (Hill  $N_2 = 7$ ). Se obtuvo la mayor riqueza de especies en marzo del 2002 y diciembre del 2001 (91 especies). En marzo del 2001 fue donde se obtuvo la menor diversidad ( $H' = 1.80$ ); la menor equitatividad ( $J' = 0.42$ ) y menor número de especies abundantes ( $N_1 = 6$ ). En julio del 2001 se obtuvo la mayor dominancia de una especie con una  $\lambda = 0.38$ ; (Tabla 3).

Tabla 3. Índices de diversidad para los diferentes muestreos en la cueva de “Las Sardinias” en Tabasco, México.

Índices de Diversidad/Fecha	Marzo 2001	Julio 2001	Septiembre 2001	Diciembre 2001	Marzo 2002
Riqueza (S) (N <sub>0</sub> )	72	76	76	91	91
H'	1.80	1.89	2.01	2.77	2.49
H'max	4.28	4.33	4.33	4.51	4.51
J' Shannon	0.42	0.44	0.47	0.61	0.55
Simpson ( $\lambda$ )	0.31	0.38	0.34	0.14	0.18
Hill N <sub>1</sub>	6	7	7	16	12
Hill N <sub>2</sub>	3	3	3	7	6

Comparando los índices de diversidad de Shannon-Wiener, entre las fechas de colecta, de todos los biotopos se encontró diferencias significativas entre todas estas, por lo que se procedía realizar la misma prueba con cada biotopo de manera independiente (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz de valores de *t* para comparar los índices de diversidad de Shannon-Wiener entre los diferentes muestreos en la cueva de “Las Sardinias” en Tabasco, México (\* *p* < 0.05, en todos los casos g.l.  $\geq$  7475 y se hizo la corrección de Bonferroni).

	Marzo 2001	Julio 2001	Septiembre 2001	Diciembre 2001
Julio 2001	2.66*			
Septiembre 2001	5.58*	3.30*		
Diciembre 2001	27.0*	26.0*	20.5*	
Marzo 2002	22.0*	20.7*	14.7*	9.50*

En el biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados la mayor diversidad se obtuvo en marzo de 2002 con 2.26, aunque la mayor equitatividad se registró en diciembre de 2001 (0.85). Agrupando los datos de todo el año en este biotopo se obtuvo una H' = 1.43 y una H<sub>max</sub> = 3.18, una  $\lambda$  = 0.35 y una equitatividad de Shannon-Wiener de 0.45. En este biotopo se obtuvieron diferencias significativas entre todas las muestras excepto entre los dos últimos muestreos y entre los dos primeros donde la equitatividad sólo difiere en menos de 0.02 para los muestreos (Fig. 6a).

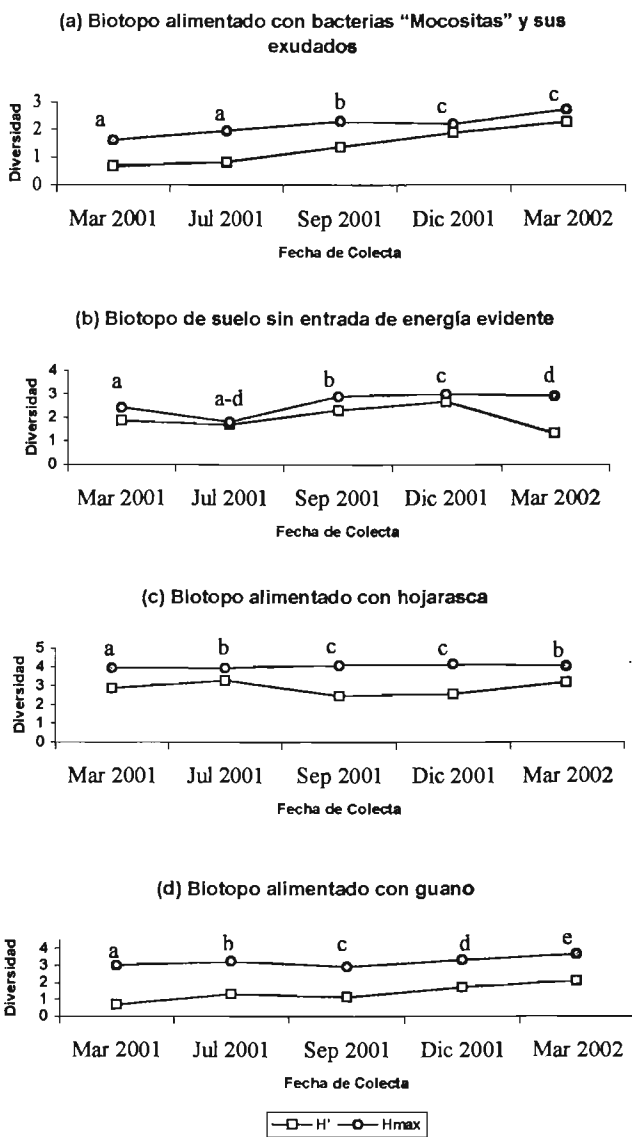


Figura 6. Variación en el índice de Shannon-Wiener para las distintas fechas de colecta de los organismos colectados en los distintos biotopos dentro de la cueva de "Las Sardinias" en Tabasco, México. Letras diferentes denotan diferencias significativas en H' con  $p < 0.05$  (Prueba de  $t$  con corrección de Bonferroni).

En el biotopo de suelo sin entrada de energía evidente, la mayor diversidad se registró en diciembre de 2001 (2.66) aunque la mayor equitatividad se dio en julio del 2001 con una ( $J' = 0.93$ ). Los datos agrupados de este biotopo mostraron una  $H' = 2.84$ , una  $H_{\max} = 3.78$ , una  $\lambda = 0.11$  y una  $J = 0.75$ . Se encontraron diferencias significativas para la mayoría de las fechas de colecta exceptuando entre las de marzo y julio del 2001, y entre julio del 2001 y marzo del 2002 (Fig. 6b).

En el biotopo alimentado con la hojarasca se registró la mayor diversidad con una  $H' = 3.36$ , una  $H_{\max} = 4.92$ , una  $J = 0.68$  y una  $\lambda = 0.08$ . En julio del 2001 se encontró la mayor diversidad con  $H' = 3.28$  y una  $H_{\max} = 3.95$  y una equitatividad igual a  $J = 0.83$ . Se obtuvieron diferencias significativas para la mayoría de las fechas de colecta exceptuando entre la de julio 2001 y marzo del 2002, y entre septiembre y diciembre del 2001 que presentan la menor diversidad (Fig. 6c).

El biotopo alimentado por el guano fue el que obtuvo la menor equitatividad a pesar de tener la mayor abundancia, la mayor diversidad estuvo en la última colecta con una  $H' = 2.09$ . Se registró una  $H_{\max} = 3.66$  y una  $J = 0.57$ . Con datos agrupados de este biotopo se registró  $H' = 1.72$ , una  $H_{\max} = 4.04$  y una  $J = 0.42$ . Se obtuvieron diferencias significativas para todas las comparaciones (Fig. 6d).

El biotopo más diverso fue el alimentado por la hojarasca, seguido del suelo sin entrada de energía evidente, el biotopo alimentado por el guano y finalmente biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados. El biotopo con más especies dominantes fue el alimentado por el guano atribuido al alto índice de Simpson (Tabla 5).

Los índices de diversidad variaron significativamente entre biotopos, manteniendo la siguiente relación: biotopo alimentado por la hojarasca > biotopo alimentado por el guano > biotopo de suelo sin entrada de energía evidente > biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados (Tabla 5).

Tabla 5. Índices de diversidad de la microfauna asociada a sustratos alimentados con distintas fuentes de energía en la cueva de “Las Sardinas” en Tabasco, México. Letras diferentes denotan diferencias significativas con  $p < 0.05$  y  $g.l. \geq 446$  (Prueba de  $t$  con corrección de Bonferroni).

Índices de Diversidad/Biotopo	Bacterias	Suelo	Guano	Hojarasca
Riqueza (S)	24	44	57	136
Shannon H'	1.431 d	2.848 b	1.721 c	3.336 a
H <sub>max</sub>	3.178	3.784	4.043	4.92
Shannon J'	0.450	0.753	0.426	0.678
Simpson (λ)	0.345	0.106	0.381	0.078
Hill N <sub>1</sub>	4	17	6	28
Hill N <sub>2</sub>	3	9	3	13

El índice de Sorensen de valor más alto se registró entre el suelo sin entrada de energía evidente y el biotopo alimentado con bacterias “Mocositas” y sus exudados (50%), todas las demás comparaciones no pasan del 40% (Tabla 6).

Tabla 6. Índice de similitud de Sorensen (%) de la microfauna asociada a sustratos alimentados con distintas fuentes de energía en la cueva de “Las Sardinas” en Tabasco, México.

Índice de Sorensen	Suelo	Hojarasca	Guano
Bacterias	50.00	32.10	24.84
Guano	36.46	36.08	—
Hojarasca	39.60	—	—

Los factores fisicoquímicos fueron tomados en marzo del 2002, donde se observó que el biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados mostró un pH más ácido (5.00), mientras que en el biotopo alimentado de la hojarasca y en el suelo sin entrada de energía evidente el pH fue más cercano a la neutralidad (6.67) (Figura 7). La temperatura ambiental no tuvo una diferencia mayor de 1°C entre los biotopos

(Figura 8). La luminosidad se clasificó como alta cuando caía directamente la luz solar, baja cuando la luz tiene una incidencia de un reflejo, y nula cuando no hay existencia de luz en ningún tiempo (Tabla 7).

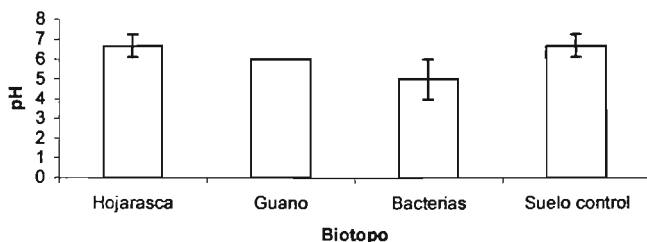


Figura 7. pH promedio de cada biotopo en donde se colectaron a los microartrópodos en distintos sustratos de la cueva de “Las Sardinias”, Tabasco, México.

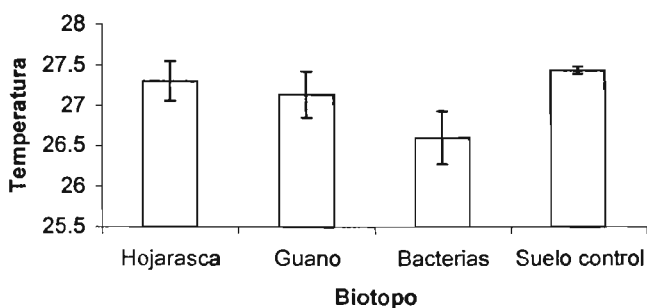


Figura 8. Temperatura promedio de cada biotopo en donde se colectaron a los microartrópodos en distintos sustratos de la cueva de “Las Sardinias”, Tabasco, México.

Tabla 7. Luminosidad en cada muestra del biotopo en donde se colectaron los microartrópodos, en la cueva de “Las Sardinias”, Tabasco, México.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Hojarasca	Alta	Alta	Alta
Guano	Nula	Nula	Nula
Bacterias	Nula	Nula	Nula
Suelo	Nula	Baja	Nula



De las 169 taxa registradas en la cueva sólo 20 se encontraron en todos los muestreos, siendo éstas: una especie de araña de la familia Salticidae, los ácaros mesostigmados *Gamasellodes* sp. y *Sejus* sp., el uropodidae *Phaulodinychus* sp. y *Glyptolaspis* sp., los Cryptostigmata Phthiracaridae sp.1, y las especies *Rostrozetes foveolatus*, *Scheloribates* sp. e *Intermedioppia* ca. *alvarezi*, los prostigmata *Cunaxoides* sp. nov., *Pulaeus* sp. nov., y un ejemplar no identificado, los astigmata *Neoguanolichus* sp., *Histiostoma* sp. 1, *Sancassania* ca. *mycophagus*; una especie no determinada de *Antricola* sp. dentro de los metastigmata; en los insectos encontramos siempre la hormiga *Solenopsis* sp.1, larvas de Chironomidae y de coleópteros morfo 3 e insectos del Orden Diptera.

En el biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados siempre encontramos ácaros de las especies *Intermedioppia* ca. *alvarezi* (Cryptostigmata: Oppiidae) y *Sejus* sp. (Mesostigmata: Sejidae). En el suelo sin entrada de energía evidente, la única especie que estuvo en todos los muestreos, fue el astigmado *Histiostoma* sp. 1 (Histiostomidae). En el biotopo alimentado por la hojarasca se registró en todos los muestreos *Histiostoma* sp. 1 e *Intermedioppia* ca. *alvarezi*, así como los siguientes oribátidos: *Scheloribates* sp., *Rostrozetes foveolatus*, y una especie de la familia Phthiracaridae. También se registró un Prostigmata no identificado, la hormiga *Solenopsis* sp.1 y un díptero no identificado. En el biotopo alimentado por guano encontramos los siguientes ácaros en todos los muestreos *Neoguanolichus* sp. (Astigmata), *Rostrozetes foveolatus* (Cryptostigmata), *Phaulodinychus* sp. *Gamasellodes* sp. y *Glyptolaspis* sp. (Mesostigmata). Dentro de los Prostigmata, se registraron dos especies nuevas de la familia Cunaxidae: *Cunaxoides* sp. nov., y *Pulaeus* sp. nov., además de la garrapata (Metastigmata) *Antricola* sp., y una larva de Coleoptera no identificada (Tabla 8). En el Apéndice 1 está el listado de artrópodos de manera taxonómica, sin considerar las larvas no identificadas.

Tabla 8. Taxa encontradas en la cueva de “Las Sardinias”, con abundancia, fechas de colecta, biotopo, gremio trófico, y la bibliografía sobre hábitos alimentarios. Biotopos: h: biotopo alimentado con hojarasca, g: biotopo alimentado con guano, s: suelo sin entrada de energía evidente, y b: biotopo alimentado con bacterias quimiolitotróficas “mocositas” y sus exudados. Gremios Tróficos: P = Panfitófago, H = Fungívoro, Ne = Necrófago, N = Nematófago, Pa = Parásito, C = Coprófago, D = Depredador de artrópodos principalmente F = Fitófago, B = Bacteriófago, ND = No determinado. ? = No se habla de la misma especie pero sí del mismo género. \*= La referencia habla del taxa en general.

Especie	Abundancia y biotopos					Gremio Trófico	Referencia
	Mar 2001	Jul 2001	Sep 2001	Dic 2001	Mar 2002		
<b>Pseudoescorpionida</b>	2b	0	19g,s,b	13h,s,b	3h,b	D	De Andrade y Gnaspini (2002)
Chthoniidae	0	0	1h	0	5h	D	Johnson y Wellington (1980)
<i>Lechytia</i> sp.	0	0	0	0	2g	D	Muchmore (1990)*
<i>Ideoblothrus</i> sp.	0	0	6h,b	0	9h,s	D	Muchmore (1990)*
<i>Cordylochernes</i> sp.	10g	23g	0	148g	66g	D	Muchmore (1990)*
<i>Lustrochernes</i> sp.	0	19g	0	0	0	D	Muchmore (1990)*
Olpidae	0	1b	0	0	0	D	Muchmore (1990)*
Schizomidae	0	0	1h	0	1h	D	De la Fuente (1994)
<b>Arañae</b>							
Dipluridae	2h	0	0	1g	1g	D	Jiménez (1998)
Linyphiidae	1h	0	0	18h	0	D	Harwood <i>et al</i> (2001)
Mimetidae	6h	0	0	0	0	D?	Kloock (2001)
Pholcidae	0	0	3h	1g	0	D	Jiménez (1998)
Salticidae	5h	19h,b	8s,b	11s	6h,s,b	D	Jiménez (1998)
Phalangida	0	0	1h	0	0	D?	Santos y Gnaspini (2002)
<b>Mesostigmata 1</b>	6h	0	0	0	3h	ND	
<b>Mesostigmata 2</b>	0	0	0	1h	0	ND	
<b>Mesostigmata 3</b>	1h	1h	0	3h,s	3h	ND	
<i>Sejus</i> sp.	24g,b	7b	43s,b	22s,b	1b	D	Walter y Proctor (1998)
Uropodidae	1s	0	0	0	0	P H	Nawar <i>et al</i> (1993)
<i>Metagnella</i> sp.	11g	0	1s	6g,s	0	P	Krantz y Ainscough (1990)*
<i>Phaulodimychus</i> sp.	1861h,g	3791h,g	2484g	1410h,g	3396g	P?	Krantz (1974)
<i>Trichouropoda</i> sp.	4g	13g	2g	2g	0	P	Boyll (1985)
Diplogyniidae	4g	2g	0	0	0	F	Hunter (1993)
Megisthanidae	0	3h	0	0	0	N F	Hunter (1993)
<i>Gamasellus</i> sp.	0	0	1h	1s	1g	D	Lister <i>et al</i> (1998)
<i>Rhodacarus minimus</i>	0	40h	22h	12h	7h	D N	Sardar y Murphy (1987)
<i>Glypholaspis</i> sp.	26g	243g,s	56g,s	20g,s	54g	D	Krantz y Ainscough (1990)*
<i>Gamaselodes</i> sp.	149h,g	202g	106g,b	71g	900g	D N?	Walter (1987a)
<i>Lasioseius</i> sp.	0	44h	12h	63h	86h,s	H N D	Walter y Lindquist (1989)
Phytoseiidae	0	4h	16h	108h	12h	D	Momen y Hussein, (1999)
<i>Geolaelaps</i> sp.	3g	3h	0	44h	2g	D, N?	Walter y Oliver (1989)
<i>Hypoaspis</i> sp.	0	0	0	0	4h	D	Krantz y Ainscough (1990)*
<i>Protolaelaps</i> sp.	0	0	0	1b	0	D	Krantz y Ainscough (1990)*
Macronyssidae	0	1s	0	0	0	Pa	O'Connor (1998)
<b>Prostigmata 1</b>	2h	1s	0	4h,s	1g	ND	
<b>Prostigmata 2</b>	1h	0	0	0	1	ND	

Tabla 8. (Continúa)

Especie	Abundancia y biotopos					Gremio Trófico	Referencia
	Mar 2001	Jul 2001	Sep 2001	Dic 2001	Mar 2002		
<b>Prostigmata 3</b>	2h	3h	2h	12h	1h	ND	
<b>Prostigmata 4</b>	0	0	0	0	1h	ND	
<b>Prostigmata 5</b>	0	0	1h	1g	0	ND	
<b>Prostigmata 6</b>	1s	0	0	0	0	ND	
Nanorchestidae	24h,s	8h	9h	0	1h	P H	Walter (1987b).
<i>Coleuscirus ca. breslauensis</i>	0	1h	5h	23h,g,s,b	8h	D N?	Walter y Kaplan (1991)
<i>Coleuscirus ca. simplex</i>	0	9h	0	0	1s	D N?	Walter y Kaplan (1991)
<i>Cunaxoides ca. nicobarensis</i>	0	0	2h	1h	0	D ?	Fain <i>et al</i> (1993)
<i>Cunaxoides sp.</i>	21h,g	116h,g	26g	82h,g	425h,g	D	Fain <i>et al</i> (1993)
<i>Dactyloscirus sp. 1</i>	0	1b	19h, s	9s,b	15s,b	D	Kethley (1990)*
<i>Dactyloscirus sp. 2</i>	1h	4h	1h	0	1b	D	Kethley (1990)*
<i>Neoscirula ca. luxtoni</i>	0	0	0	4h	0	D	Kethley (1990)*
<i>Neoscirula sp.</i>	1h	0	23h,s,b	1h	0	D	Kethley (1990)*
<i>Neoscirula ca. delareyi</i>	0	0	0	1h	0	D	Kethley (1990)*
<i>Pseudobonzia sp.</i>	0	2h	8h,s	11h,s	23h,b	D	Kethley (1990)*
<i>Pulaeus ca. pectinatus</i>	0	0	1h	0	0	D	Kethley (1990)*
<i>Pulaeus sp. 1</i>	4h,g	180g	73h,g,s	55h,g	317h,g	D	Kethley (1990)*
<i>Pulaeus sp. 2</i>	1h	0	22h,g	5h	8h	D	Kethley (1990)*
<i>Robustochetes sp.</i>	0	1h	0	0	0	D	Kethley (1990)*
Tarsonemidae	2g	1h	0	0	1h	P F	Estebanés-González (1997)
Trombidioidea	0	6g	4g	4g,s	0	Pa	Azevedo <i>et al</i> (2002)
Neotrombiidae	0	2g	0	0	0	Pa	Kethley (1990)*
<b>Astigmata</b>							
<i>Histiostoma ca. bakeri</i>	0	0	0	25h	0	B?	Vreeken-Buijs <i>et al</i> (1997)
<i>Histiostoma ca. himalayae</i>	0	0	0	5s	0	B?	Vreeken-Buijs <i>et al</i> (1997)
<i>Histiostoma ca. piloseta</i>	1g	138g	0	304g	766g	B?	Vreeken-Buijs <i>et al</i> (1997)
<i>Histiostoma ca. sextoni</i>	0	0	0	0	293g	B?	Vreeken-Buijs <i>et al</i> (1997)
<i>Histiostoma sp. 1</i>	17h,s	129h,s,b	447h,s,b	204h,s,b	440h,s,g	B?	Vreeken-Buijs <i>et al</i> (1997)
<i>Histiostoma sp. 2</i>	0	0	5h	0	0	B?	Vreeken-Buijs <i>et al</i> (1997)
<i>Histiostoma sp. 3</i>	0	0	0	0	1h	B?	Vreeken-Buijs <i>et al</i> (1997)
<i>Histiostoma sp. 4</i>	86h,s	2s	0	25h	1s	B?	Vreeken-Buijs <i>et al</i> (1997)
<i>Neoguanolichus sp.</i>	849g,b	259h,g,b	66g	53g,b	451g,b	C	Fain (1979)
<i>Winterschmidtia sp.</i>	0	0	0	0	2g	F?	Rodríguez-Navarro <i>et al</i> (2003)
<i>Nycteriglyphagus sp.</i>	6g	0	0	4h,g	2h,g	Pa	O'Connor (1998)
<i>Rhizoglyphus ca. callae</i>	1s	52h	2h	0	78h,g	F?	Díaz <i>et al</i> (2000)
<i>Rhizoglyphus ca. robini</i>	1g	13h	0	10h	36h	F, N	Estebanés-González y Rodríguez-Navarro (1991)
<i>Sancassania ca. mycophagus</i>	274s,b	1s	6g,s,b	24g,h,s	114g,b	F	Estebanés-González y Rodríguez-Navarro (1991)
<i>Schwiebea sp.</i>	27h,s	13h	0	684h,s	42h,g,b	H	Okabe (1999)
<i>Tyrophagus ca. neiswanderi</i>	0	0	2h,s	0	10h,g	H?	Okabe (1999)
<i>Tyrophagus ca. similis</i>	0	0	0	0	1g	H F	Okabe (1999)
<b>Cryptostigmata</b>							
Palaeacaridae	0	2h	0	0	0	P	Norton (1990)*
<i>Euryacarus pilosus</i>	0	0	2h	2h	2h	P	Norton (1990)*
Euphthiracaridae	0	0	1h	0	0	P	Norton (1990)*
Phthiracaridae	2h	2h	1h	4h	4h	P	Norton (1990)*
<i>Malaconothrus ca. angulatus</i>	0	0	0	1h	0	P?	Palacios-Vargas e Iglesias (1997)
<i>Malaconothrus ca. peruensis</i>	0	0	5h	0	0	P?	Palacios-Vargas e Iglesias (1997)
<i>Malaconothrus gramulosus</i>	0	0	0	0	27h	P?	Palacios-Vargas e Iglesias (1997)
<i>Malaconothrus peruensis</i>	0	3h	12h	5h	9h	P?	Palacios-Vargas e Iglesias (1997)
<i>Malaconothrus sp.</i>	0	0	0	0	3g	P?	Palacios-Vargas e Iglesias (1997)

Tabla 8. (Continúa)

Especie	Abundancia y biotopos					Gremio Trófico	Referencia
	Mar 2001	Jul 2001	Sep 2001	Dic 2001	Mar 2002		
<i>Berlesezetes brazilosetoides</i>	0	1h	0	0	0	P	Norton (1990)*
<i>Cubabodes ca. radiatus</i>	0	0	0	14h	15h	P	Norton (1990)*
<i>Beckiella</i> sp.	0	0	0	1h	0	P	Norton (1990)*
<i>Ceratozetes</i> sp.	2h	0	0	0	0	H N	Walter (1987b)
<i>Galumna ca. hamifer</i>	0	0	11h	0	55h	P?	Schatz (1998)
<i>Galumna hamifer</i>	7h	10h	3h	3h	0	P?	Schatz (1998)
<i>Cultroribula</i> sp.	1h	0	0	0	0	P	Norton (1990)*
<i>Flagrosuctobelba multiplumosa</i>	0	0	1h	0	0	P	Norton (1990)*
<i>Rostrozetes foveolatus</i>	6h,g	20h,g	165h,g	307h,g	375h,g	P	Norton (1990)*
Schelorbitidae	1s	0	0	0	0	P H?	Hubert <i>et al</i> (2000)
<i>Schelorbitates elegans</i>	0	0	22h	0	0	P H?	Hubert <i>et al</i> (2000)
<i>Schelorbitates</i> sp.	4h	36h	4h	35h	17h,g	P H?	Hubert <i>et al</i> (2000)
<i>Aeroppia ca. nasalis</i>	1h	2h	0	0	0	P	Norton (1990)*
<i>Aeroppia nasalis</i>	0	0	0	7h	4h	P	Norton (1990)*
<i>Aeroppia</i> sp.	0	0	1s	0	0	P	Norton (1990)*
<i>Amerioppia similis</i>	4h	0	3h	11h	21h,s	P	Norton (1990)*
<i>Vietoppia</i> sp.	0	0	1h	0	0	P	Anillo y Subias (1997)
<i>Intermedioppia ca. alvarezi</i>	32h,s,b	242h,b	69h,b	42h,s,b	112h,s,b	H?	Guevara <i>et al</i> (2002)
Mystroppinae	2h	0	0	2s	4h	P	Norton (1990)*
<i>Similoppia (Reductoppia)</i> sp.	0	0	0	0	2g	P	Subias y Rodríguez (1987)
<b>Metastigmata</b>							
<i>Antricola</i> sp.	1g	23g	13h,g	5g	8h,g	Pa C	De la Cruz y de Armas (1990)
Ixodidae	0	0	0	1h	0	Pa	Krantz (1978)
<b>Copepoda</b>							
Harpacticoida	0	33h	0	1h	0	B	Rieper (1978)
<b>Isopoda</b>	0	0	2h	3h	5h	P	Reeves y McCreadic (2001)
<b>Poduromorpha (Collembola)</b>							
<i>Americamura ca. macgregori</i>	4h	14h	8h	2h	0	P H	Christiansen (1990)*
<i>Neotropiella quinqueoculata</i>	0	0	0	6h	0	P H	Christiansen (1990)*
<i>Pseudachorutes</i> sp.	0	1h	6h	0	0	P	Christiansen (1990)*
<i>Xenyllodes</i> sp.	0	0	0	0	1h	P H	Christiansen (1990)*
<i>Ceratophysella ca. succinea</i>	1h	0	1s	0	0	P H	Zettel <i>et al</i> (2002)
<i>Xenylla ca. humicola</i>	0	1g	0	1g	17g,s	P H?	Castaño-Meneses <i>et al.</i> (2004)
<i>Mesaphorura yosii</i>	36h	0	0	0	1s	P H?	Sabatini y Innocenti (2000)
<b>Entomobryomorpha</b>							
Entomobryidae	0	0	0	0	1b	P H	Castaño-Meneses <i>et al.</i> (2004)
<i>Entomobrya</i> sp.	0	0	0	9h	0	H	Chen <i>et al</i> (1996)
<i>Heteromurus major</i>	1h	0	2h	0	0	P, H	Scheu <i>et al.</i> (1999)
<i>Lepidocyrtus</i> sp.	1h	0	0	0	0	P	Christiansen (1990)*
<i>Pseudosinella ca. colina</i>	1h	0	0	0	2h,s	P H?	Walter (1987b)
<i>Pseudosinella orba</i>	0	0	6s	8h,s	0	P H?	Walter (1987b)
<i>Cryptopygus ca. termophilus</i>	0	0	0	15h	0	P H?	Castaño-Meneses <i>et al.</i> (2004)
<i>Cryptopygus termophilus</i>	0	1h	0	19h	0	P H?	Castaño-Meneses <i>et al.</i> (2004)
<i>Folsomina onychiurina</i>	0	0	4h	1h	0	P H	Norton (1990)*
<i>Isotoma</i> sp.	0	2h	0	16h	0	P H	Walter (1987b)
<i>Isotomiella minor</i>	0	0	0	8h	1h	P H	Christiansen (1990)*
<i>Isotomurus retardatus</i>	0	1h	0	13h	1h	P H?	Castaño-Meneses <i>et al.</i> (2004)
Paronellidae	0	0	0	0	2s	P	Christiansen (1990)*
<b>Symphyleona</b>							
<i>Arrhopalites</i> sp.	0	1h	0	1h	0	P	Christiansen (1990)*
<i>Sminthurinus quadrimaculatus</i>	0	0	0	2g	0	P	Christiansen (1990)*
<i>Ptenothrix marmorata</i>	0	0	0	7h	0	P	Castaño-Meneses <i>et al.</i> (2004)
<b>Neelipleona</b>							
<i>Megalothorax minimus</i>	0	0	1h	0	0	P	Christiansen (1990)*

Tabla 8. (Continúa)

Especie	Abundancia y biotopos					Gremio Trófico	Referencia
	Mar 2001	Jul 2001	Sep 2001	Dic 2001	Mar 2002		
<i>Symphyla</i>	0	1h	0	0	0	F	Umble y Fisher (2003)
<i>Microcoryphia</i>	0	0	0	2g,b	0	P	De la Fuente (1994)
<i>Zygentoma</i>	0	1h	0	0	0	P	De la Fuente (1994)
<b>Thysanoptera</b>							
<i>Adraneothrips</i> sp.	0	6h	0	0	1g	H	Childers <i>et al.</i> (1998)
<i>Zeugmatothrips prisueri</i>	12h	3h	0	1h	4h	H F	De la Fuente (1994)*
<b>Psocoptera</b>	1h	0	1h	0	0	P H	De la Fuente (1994)
<b>Hemiptera</b>	0	0	1h	0	0	F?	Slater (1983)
<b>Homoptera</b>	1s	0	0	1h	6h,g,s,b	P F	De la Fuente (1994)
<b>Coleoptera</b>							
Larva de Coleoptera 1	55g	89h,g	36h,g,s	83g	182h,g,s,b	ND	
Larva de Coleoptera 2	60h	0	69h	149h	59h	ND	
Curculionidae	0	1h	1h	0	0	F	Navarrete-Heredia (2001)
<i>Hister</i> sp.	0	7g	0	2g	5g	Ne, D	Moreno <i>et al.</i> (1998)
Platypodidae	0	0	0	0	1g	F	Equihua-Martínez <i>et al.</i> (1984)
Ptilidae	0	0	0	1h	0	P H	Navarrete-Heredia (2001)
Scydmaenidae	0	1g	4h,g,s	1s	2s,b	D	O' Keefe (2000)
Staphylinidae	1h	0	0	0	1h	D	Loeschen y Newton (2003)
<i>Anotylus</i> sp.	0	6h	0	0	0	Ne P H N	Jiménez-Sánchez <i>et al.</i> (2000)
<b>Lepidoptera</b>	0	3g	0	0	2g	F	De la Fuente (1994)
<b>Diptera</b>	1h	5h,g	9h,g,s	6h,g	15h,g,s,b	P	McAlpine (1990)*
Larva Anillada	3h	0	0	0	0	ND	
Larva Apoda 1	3h,g	22h,g	123h,g	0	88h,g	ND	
Larva Apoda 2	4h	13h	0	2h	0	ND	
Larva Apoda 3	0	98h,g	54g	3g	25g	ND	
Larva Apoda 4	0	4g	4h	3h	15h	ND	
Larva de Chironomidae	4h,g	168h,g	223g	188h,g	195g	P	Deletre (2000)
<b>Hymenoptera</b>	1h	0	0	0	0	F	De la Fuente (1994)
<i>Hypoconera</i> sp.	0	12h	0	0	0	D?	Hölldobler y Wilson (1990)
<i>Leptothorax</i> sp. 1	1h	0	0	17h	0	O	Fernández (2001)
<i>Leptothorax</i> sp. 2	0	0	10h	0	0	O	Fernández (2001)
<i>Pachycondyla</i> sp.	0	0	1h	0	0	D?	Dejean (1990)
<i>Prionopelta modesta</i>	1h	0	20h	3h	0	D?	Hölldobler y Wilson (1990)
<i>Solenopsis</i> sp.1	5h	14h	2h,b	5h	4h	O D	Fernández (2001)
<i>Solenopsis</i> sp.2	0	0	0	0	3h	O D	Fernández (2001)
<i>Strumigenys</i> sp.	0	0	0	0	2h	D	Fernández (2001)
<i>Tetramorium</i> sp.	2h	0	0	0	0	D?	Bondicho y González (1986)
<i>Wasmannia auropunctata</i>	2h	0	0	0	0	H?	Hölldobler y Wilson (1990)

Se registró una gran variedad de gremios tróficos, y aunque el mayor número de especies y de individuos fueron los pantrófagos (15,356 individuos y 65 especies), seguidos de los depredadores (4,434 individuos y 49 especies), fungívoros (1,886 individuos y 33 especies) y bacteriófagos (2,923 individuos y 9 especies) (Figs. 9 y 10).

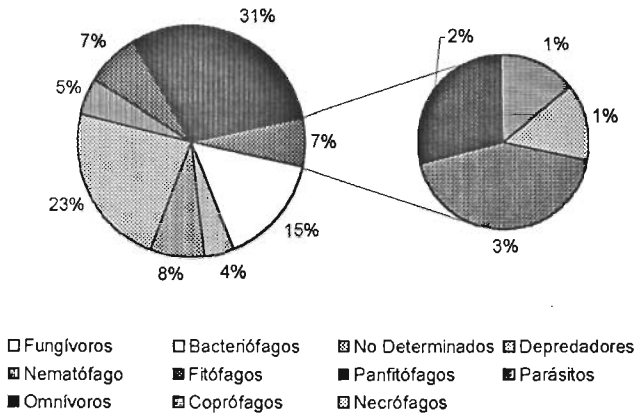


Figura 9. Porcentaje de especies de microartrópodos en los distintos gremios tróficos de la cueva de "Las Sardinas" en Tabasco ( $n=169$ ).

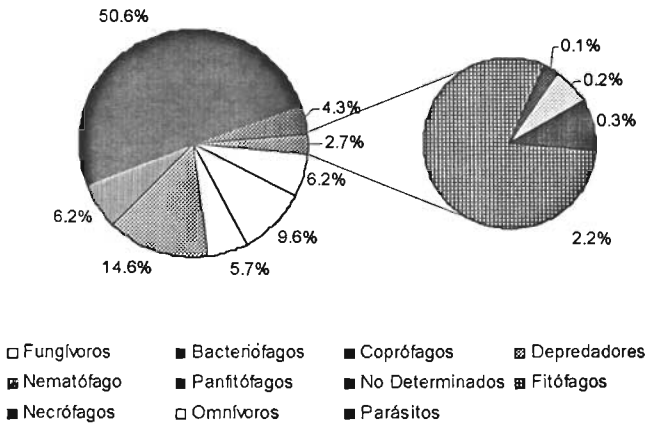


Figura 10. Porcentaje de los individuos de los distintos gremios tróficos de microartrópodos, de la cueva de "Las Sardinas" en Tabasco ( $n=27,913$ ).

Calculando los índices de variación en el biotopo alimentado con bacterias "mocositas" y sus exudados encontramos un índice de variación (VR) = 2.96 y una asociación significativa con  $W = 14.79$ , en el suelo sin entrada de energía evidente

obtuvimos una VR = 3.41 y una W = 17.06, mientras que en el biotopo alimentado con guano fue VR = 5.52 y una W = 27.59, aunque en el biotopo alimentado con hojarasca no se encontró esta asociación con una VR = 1.14 y una W = 5.70.

Finalmente se hizo un cluster de porcentaje de disimilitud de los taxa asociadas que se encontraron en las mismas muestras y fechas, de acuerdo a cada biotopo, para ver sus relaciones. En el biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados, las especies *Intermedioppia ca. alvarezii*, *Sejus sp.*, y *Histiostoma sp. 1* fueron las más relacionadas debido a que casi siempre estuvieron presentes. Mientras que *Sancassania ca. mycophagus* y *Neoguanolichus sp.* fueron además muy abundantes (Figura 11).

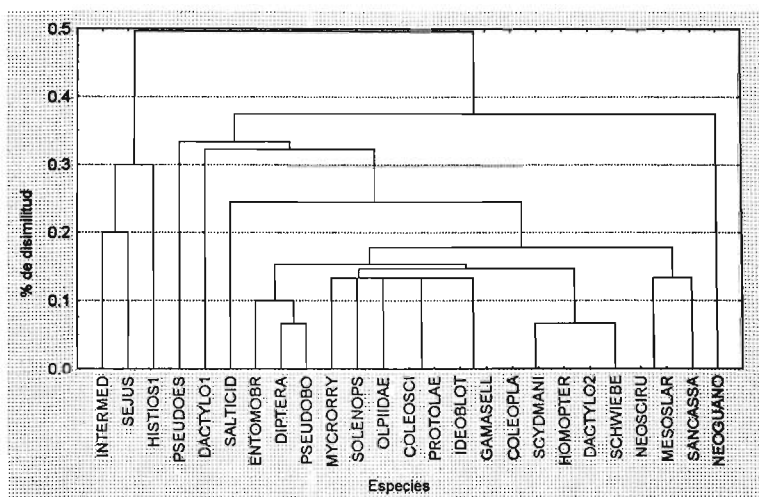


Figura 11. Asociación de especies en el biotopo alimentado con bacterias “Mocositas” y sus exudados, en la cueva de “Las Sardinas”, Tabasco, México. INTERMED = *Intermedioppia ca. alvarezii*, SEJUS = *Sejus sp.*, HISTIO1 = *Histiostoma sp. 1*, PSEUDOES = *Pseudoescorpionida*, DACTYLO1 = *Dactyloscirus sp. 1*, SALTICID = *Salticidae*, ENTOMOBR = *Entomobryidae*, DIPTERA = *Diptera*, PSEUDOBO = *Pseudobonzia sp.*, MYCRORRY = *Microcoryphia*, SOLENOPS = *Solenopsis sp. 1*, OLPIIDAE = *Olpiidae*, COLEOSCI = *Coleuscirus ca. breslauensis*, PROTOLAE = *Protolaelaps sp.*, IDEOBLOT = *Ideoblothrus sp.*, GAMASELL = *Gamasellodes sp.*, COLEOPLA = *Larva de Coleoptera 1*, SCYDMANI = *Scydmaenidae*, HOMOPTER = *Homoptera*, DACTYLO2 = *Dactyloscirus sp. 2*, SCHWIEBE = *Schwiebea sp.*, NEOSCIRU =

*Neoscirula* sp., MESOSLAR = Larvas de Mesostigmata, SANCASSA = *Sancassania ca. mycophagus*, NEOGUANO = *Neoguanolichus* sp.

En el biotopo de suelo sin entrada de energía evidente, las especies relacionadas fueron *Histiostoma* sp. 1, *Dactyloscirus* sp. 1, y *Intermedioppia* ca. *alvarezii* debido a que casi siempre estuvieron presentes (Figura 12).

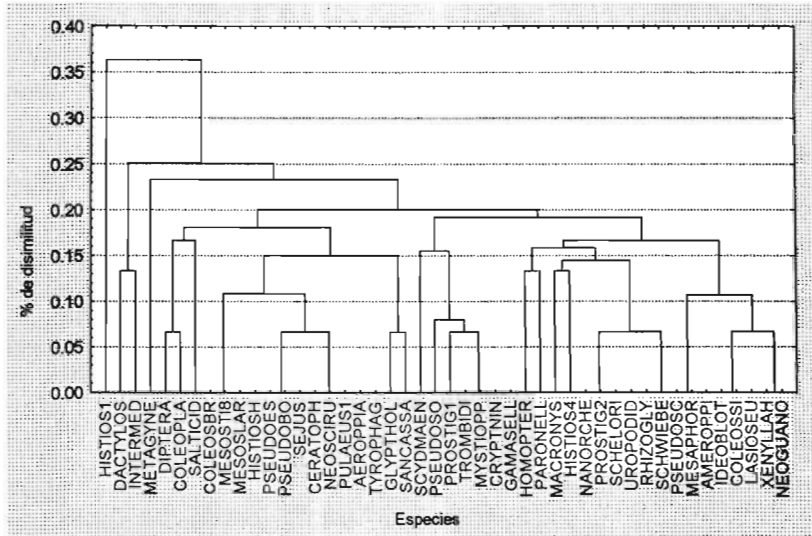


Figura 12. Asociación de especies en el suelo sin entrada de energía evidente, dentro de la cueva de “Las Sardinas”, Tabasco, México. HISTIOS1 = *Histiostoma* sp. 1, DACTYLOS = *Dactyloscirus* sp. 1, INTERMED = *Intermedioppia* ca. *alvarezii*, METAGYNE = *Metagynella* sp., DIPTERA = Diptera, COLEOPLA = Larva de Coleoptera 1, SALTICID = Salticidae, COLEOSBR = *Coleuscirus* ca. *breslauensis*, MESOSTI8 = Mesostigmata 3, MESOSLAR = Larvas de Mesostigmata, HISTIOSH = *Histiostoma* ca. *himalayae*, PSEUDOES = Pseudoescorpionida, SEJUS = *Sejus* sp., CERATOPH = *Ceratophysella* ca. *succinea*, NEOSCIURU = *Neoscirula* sp., PULAEUS1 = *Pulaeus* sp. 1, AEROPPIA = *Aeroppia* sp. TYROPHAG = *Tyrophagus* ca. *neiswanderi*, GLYPHOL = *Glyphtholaspis* sp., SANCASSA = *Sancassania* ca. *mycophagus*, SCYDMAEN = Scydmaenidae, PSEUDOSO = *Pseudosinella orba*, PROSTIG1 = Prostigmata 1, TROMBIDI = Trombidioida, MYSTIOPP = *Mystroppinae* CRYPTNIN = Ninfas de Cryptostigmata, GAMASELL = *Gamasellus* sp., HOMOPTER = Homoptera, PARONELL = Paronellidae, MACRONYS = Macronyssidae, HISTIOS4 = *Histiostoma* sp. 4, NANORCHES = Nanorchestidae, PROSTIG2 = Prostigmata 2, SCHELORI = *Schelorbates* sp., UROPODID = Uropodidae RHIZOGLY = *Rhizoglyphus* ca. *callae*, SCHWIEBE = *Schwiebea* sp., PSEUDOSC = *Pseudosinella* ca. *colina*, MESAPHOR



= *Mesaphorura yosii*, AMEROPPI = *Amerioppia similis*, IDEOBLT = *Ideoblothrus* sp., COLEOSI = *Coleoscirus simplex*, LASIOSEU = *Lasioseius* sp. XENYLLAH = *Xenylla* ca. *humicola*, NEOGUANO = *Neoguanolichus* sp.

En el biotopo alimentado por el guano los taxa relacionados por su misma presencia en los muestreos fueron *Cordylochernes* sp., *Phaulodinychus* sp., larvas de Coleoptera, *Antricola* sp., *Gamasellodes* sp., *Cunaxoides* sp., *Pulaeus* sp. 1, y *Neoguanolichus* sp. (Figura 13).

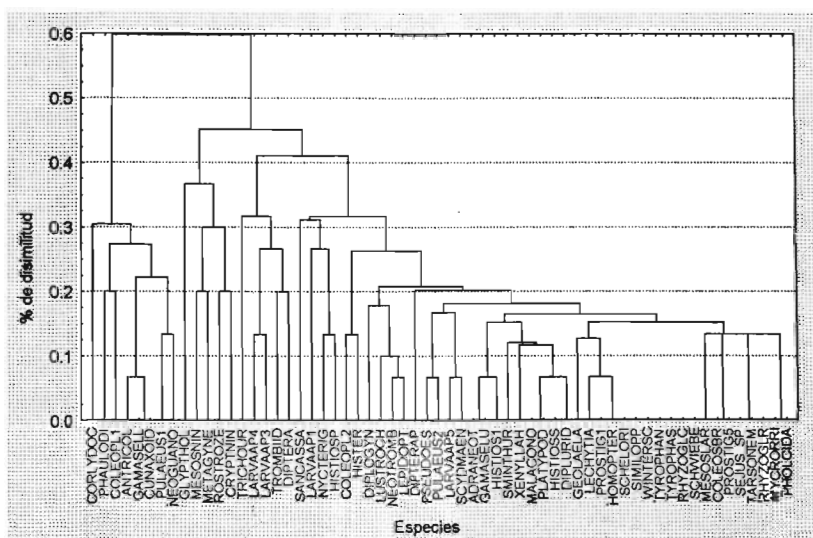


Figura 13. Asociación de especies en el guano, dentro de la cueva de "Las Sardinas", Tabasco, México. CORLYDOC = *Cordylochernes* sp., PHAULODI = *Phaulodinychus* sp., COLEOPL1 = Larva de Coleoptera 1, ANTRICOL = *Antricola* sp., GAMASELL = *Gamasellodes* sp., CUNAXOID = *Cunaxoides* sp., PULAEUS1 = *Pulaeus* sp. 1, NEOGUANO = *Neoguanolichus* sp., GLYPHTOL = *Glyptothaspis* sp., MESOSNIN = Ninfas de Mesostigmata, METAGYNE = *Metagnella* sp., ROSTROZE = *Rostrozetes foveolatus*, CRYPTNIN = Ninfas de Cryptostigmata, TRICHOUR = *Trichouropoda* sp. LARVAAP4 = Larva apoda 4, LARVAAP3 = Larva apoda 3, TROMBIDI = Trombidioidea, DIPTERA = Diptera, SANCASSA = *Sancassania* ca. *mycophagus*, LARVAAP1 = Larva apoda 1, NYCTERIG = *Nycteriglyphagus* sp. HISTIOSP = *Histiostoma* ca. *piloseta*, COLEOPL2 = Larva de Coleoptera 2, HISTER = *Hister* sp., DIPLOGYN = Diplogyniidae, LUSTROCH = *Lustrochernes* sp., NEOTROMB = Neotrombiidae, LEPIDOPT = Lepidoptera, DIPTERAP = Pupa de Diptera, PSEUDOES = Pseudoescorpionida, PULAEUS2 = *Pulaeus* sp. 2, LARVAAP5 = Larva apoda 5, SCYDMAEN = Scydmaenidae, ADRANEOT = *Adraneothrips* sp., GAMASELU = *Gamasellus* sp.,

HISTIOS1 = *Histiostoma* sp. 1, SMINTHUR = *Sminthurinus quadrimaculatus*, XENYLLAH = *Xenylla* ca. *humicola*, MALACONO = *Malaconothrus* sp., PLATYPOD = Platypodidae, HISTIOSS = *Histiostoma* ca. *sextoni*, DIPLURID = Dipluridae, GEOLAELE = *Geolaelaps* sp., LECHYTIA = *Lechytia* sp., PROSTIG1 = Prostigmata 1, HOMOPTER = Homoptera, SCHELORI = *Scheloriabates* sp., SIMILOPP = *Similoppia (Reductoppia)* sp., WINTERSC = *Winterschmidtia* sp., TYROPHAN = *Tyrophagus* ca. *neiswanderi*, TYROPHAS = *Tyrophagus* ca. *similis*, RHIZOGLC = *Rhizoglyphus* ca. *callae*, SCHWIEBE = *Schwiebia* sp., MESOSLAR = Larvas de Mesostigmata, COLEOSBR = *Coleuscirus* ca. *breslauensis*, PROSTIG5 = Prostigmata 5, SEJUS = *Sejus* sp., TARSONEM = Tarsonemidae, RHIZOGLR = *Rhizoglyphus* ca. *robini*, MYCRORRI = Microcoryphia, PHOLCIDA = Pholcidae.

Con este mismo método se hizo uno entre las diferentes muestras para saber la relación entre los biotopos. Observando que las muestras del biotopo alimentado por hojarasca, son distintas a los demás, seguida del biotopo alimentado con el guano, mientras que existe una entre mezcla entre las muestras del biotopo de suelo sin entrada de energía evidente y el biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados (Fig. 14).

Además con el mismo análisis pero con los datos agrupados de presencia y ausencia para los distintos biotopos, entre los taxa comunes se encontró la relación entre el biotopo de suelo sin entrada de energía evidente y el biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados (Fig. 15).

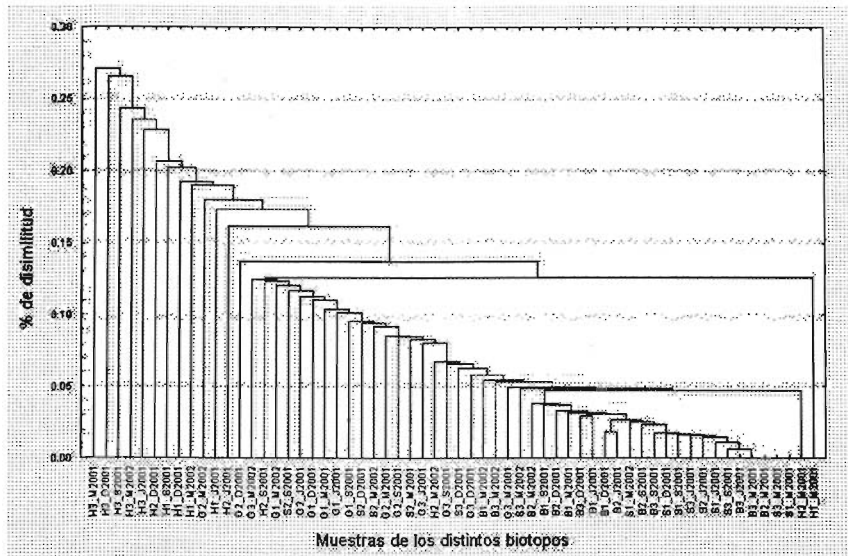


Figura 14. Relación entre las muestras de los distintos biotopos de acuerdo a la abundancia de especies, dentro de la cueva de “Las Sardinas”, Tabasco, México. B = biotopo alimentado con bacterias “mocositas”, S = suelo sin entrada de energía evidente, G = guano, H= biotopo de hojarasca. M2001 = Marzo 2001, J2001 = Julio 2001, S2001 = Septiembre 2001, D2001 = Diciembre 2001, y M2002 = Marzo 2002.

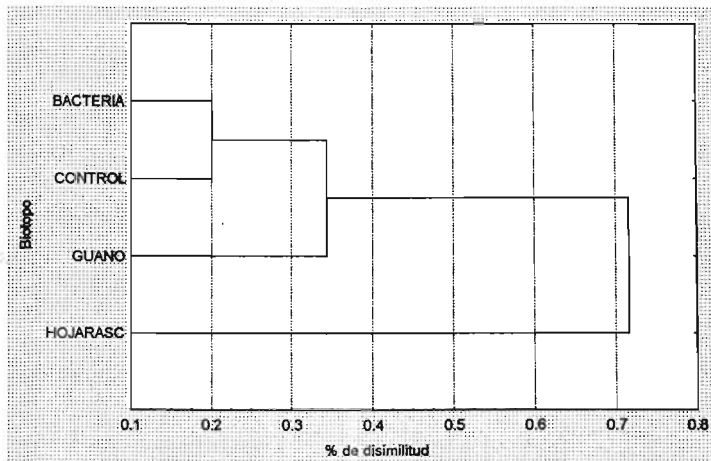


Figura 15. Relación entre los biotopos de acuerdo a la presencia y ausencia de especies, dentro de la cueva de “Las Sardinas”, Tabasco, México.

## DISCUSIÓN

### *La diversidad de las cuevas*

La conservación de la diversidad ha sido para la humanidad una gran preocupación especialmente en la actualidad, donde se ha comprobado que hay una crisis ambiental debido a distintos factores. Esto se ha investigado a nivel macroscópico en niveles como aves y mamíferos, donde se ha demostrado que se ha perdido más del 50% de la distribución geográfica inicial de estos organismos (Ceballos y Ehrlich, 2002). El esfuerzo que se hace para obtener los sitios de mayor biodiversidad con base en patrones geográficos, endémicos y las que corren mayor peligro a nivel específico o altos niveles taxonómicos, se basan en estudios ecológicos, biológicos y evolutivos, donde tienen un valor importante los listados de especies (Ceballos y Brown, 1995). Aunque hay que considerar que para estudios de diversidad, macroecología y conservación, el empleo de listas de especies es necesario que los listados estén completos, ya que de otra forma pueden revelar resultados engañosos (Gómez de Silva y Medellín, 2001).

La situación de los artrópodos es alarmante debido a que el conocimiento en diversidad y taxonomía es menos de una quinta parte de lo estimado, desde las primeras estimaciones donde Erwin (1982) calcula alrededor de 30 millones de especies tropicales de artrópodos, hasta 5 millones de artrópodos que considera Ødegaard (2000), como el mínimo esperado, en contraste de los menos de 1 millón de artrópodos descritos que reporta Wilson (1988).

En las cuevas son pocos los trabajos que se dedican a la diversidad global de artrópodos o microartrópodos; en México, Reddell (1981) registra 1,567 artrópodos como fauna cavernícola de México, Guatemala y Belice, de los cuales maneja 304 troglobios, aunque en el mundo Gibert y Dehanverg (2002) calculan 895,000 artrópodos de ecosistemas subterráneos de los cuales son 2,625 troglobios terrestres. Hoffmann *et al.* (2004) registran 1,935 especies de artrópodos agrupadas en 1054 géneros y 448 familias.

Las 169 especies que encontramos en este estudio representan más del 10% de lo registrado por Reddell (1981), y un 8.5% con el trabajo de Hoffmann *et al.* (2004).

Comparado con la riqueza de la cueva de “Las Sardinas”, ésta reflejaría un 6% de lo registrado en Hexapoda, un 2.5% de arácnidos y un sorprendente 30% de ácaros, aunque hay que recordar que tan sólo consideramos microartrópodos. Todas estas especies se tienen que estudiar taxonómicamente, así como filogenéticamente para descubrir así sus adaptaciones al medio subterráneo.

Respecto a los índices de diversidad hubo diferencias significativas entre las fechas de colecta, lo que nos indicaría un cambio en la composición de especies pero la cantidad es la misma a lo largo del año. Analizando la diversidad en cada biotopo descubrimos las diferencias entre las fechas de colecta de cada microecosistema, todos muestran un cambio en la diversidad de la comunidad, esto difiere en el guano que siempre muestra un cambio en la composición de algunas especies, pero no en la abundancia, como hemos visto (Fig. 6) lo cual puede atribuirse a que unas especies están adaptadas a las condiciones físicas tan particulares, que permite su establecimiento (Del Castillo, 1996).

Con respecto a las densidades de microartrópodos de cada biotopo, no hubo un efecto significativo de las fechas de colecta, lo que nos refleja las condiciones microclimáticas más constantes dentro de las cuevas que permiten un establecimiento de las especies (Medellín y López-Forment, 1985), donde se encontraron fue en la comparación de los biotopos (Tabla 5) pero esta diferencia no intervino en la interacción biotopo-fecha, donde tampoco hubo diferencias. Al realizar la prueba de Tukey, se descubrió que el biotopo que tiene mayor densidad fue el biotopo alimentado con la hojarasca con respecto a los demás biotopos (Tabla 1), esto es probablemente por la interacción tan cercana que tiene con el exterior, con parámetros como la luminosidad y la temperatura (Fig. 7 y Tabla 7).

### ***Comparación entre biotopos***

Comparando la diversidad en cada biotopo, ésta muestra una diferencia entre los biotopos lo que significa que son comunidades independientes (Tabla 5) donde las muestras del mismo biotopo se relacionan entre sí (Figura 14), aunque algunos autores consideren que es muy difícil hacer una separación tajante de la biocenosis que lo constituyen (Hoffman *et al.*, 1986). La similitud entre especies fue más marcada entre el

suelo sin entrada de energía evidente y el biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados, con un 50% de especies compartidas (Tabla 6), ya que se pueden considerar que están más relacionadas con el medio subterráneo. En contraste el biotopo alimentado por el guano es un ecosistema independiente, por sus características propias (Del Castillo, 1996), mientras que la hojarasca se nota que no es afín a los demás biotopos y posiblemente se comparte más con el exterior (Figs. 14 y 15).

### ***Redes tróficas***

El primer eslabón de la base de la pirámide trófica de la cueva son los organismos panfitófagos (31% de las especies y 50% de los individuos) el gremio de los fungívoros (15% de especies y 6% de los individuos) y los bacteriófagos (4% de especies y 9.6% de los individuos) todos los cuales alimentan al segundo grupo más importante, que son los depredadores (23% de las especies y 15% de los individuos) (Figs. 9 y 10).

Se proponen a continuación las siguientes redes tróficas, de acuerdo a los organismos encontrados y a las relaciones encontradas en la bibliografía, además de los datos de presencia y ausencia, aunque sólo consideramos las especies con mayor abundancia.

La especie que parece tener más afinidad al biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados, puesto que se observó sobre las colonias y se ha reportado como bacteriófaga fue *Histiostoma* sp. 1 lo que posiblemente sea una especie nueva, especializada en alimentarse de *Thiobacillus* sp. reportada por Hose *et al.* (2000), pero sería necesario hacer más estudios tanto taxonómicos como experimentales, como el cultivo en laboratorio para comprobar interacciones presa-depredador. (Fig. 16).

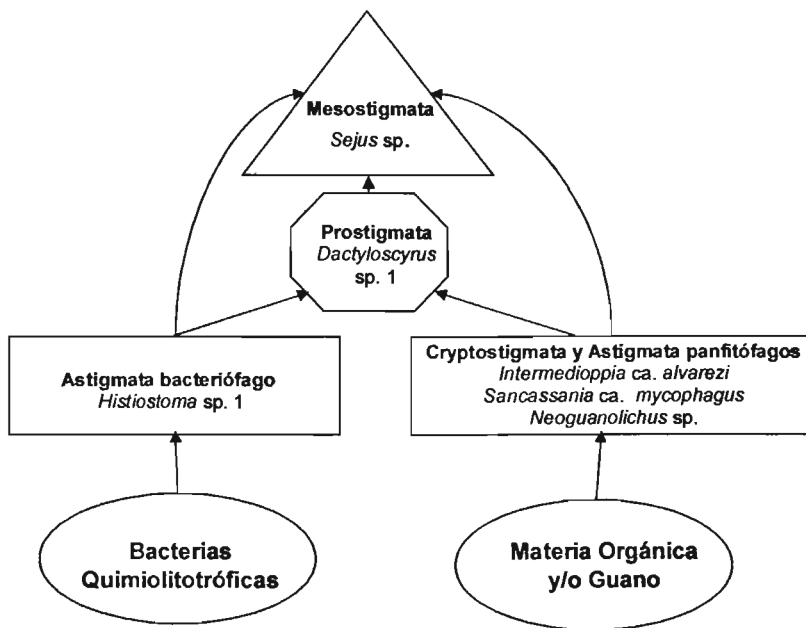


Figura 16. Posible red trófica simplificada de los organismos que se encontraron en el biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados, en la cueva de “Las Sardinas” en Tabasco, México. En círculo está el recurso energético, en cuadro están los consumidores primarios, en el octágono el secundario y en el triángulo el terciario y/o secundario, además muestran los porcentajes de abundancia que presentó cada especie.

Con respecto al suelo sin entrada de energía evidente, este biotopo puede ser el más común en toda la cueva, pues abarca las estructuras parietales, como lo manejan ciertos autores (Hoffmann *et al.*, 1986). Se obtuvieron 44 especies de las cuales diez abarcan el 76% de organismos encontrados. La especie más frecuente fue *Histiostrongylus* sp. 1, lo que significa que puede estar en condiciones adversas o con muy pocos recursos, lo que nos sugiere que se alimente de otros organismos como hongos, igual que *Schwiebia* sp., *Sancassania* ca. *mycophagus* e *Intermedioplia* ca. *alvarezi* (Fig. 17). Se sugiere una base de bacterias y hongos en este biotopo por las especies similares que se encontró entre este biotopo y el biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados (Tabla 6).

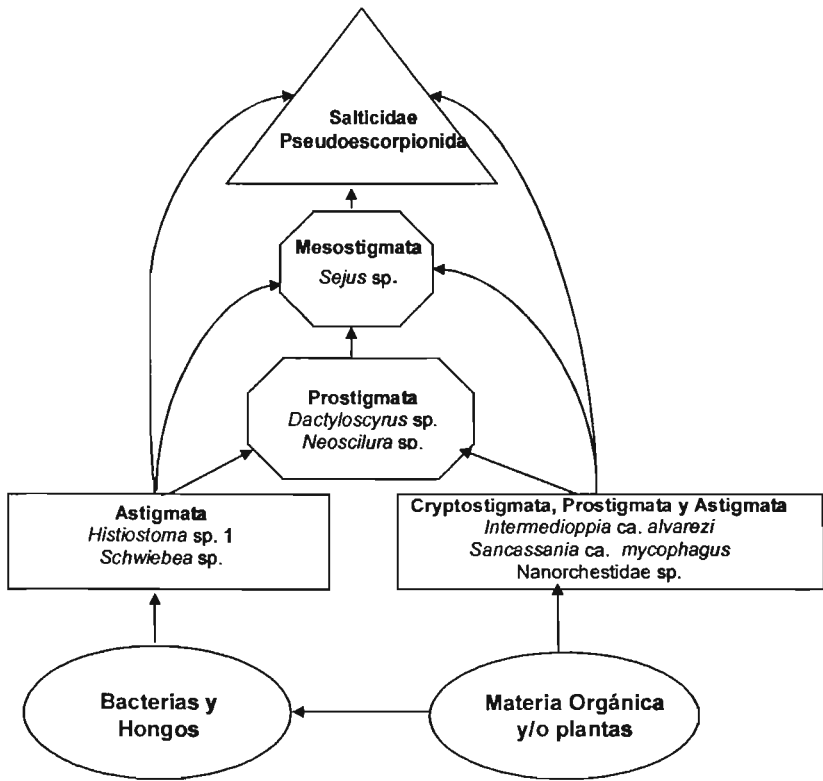


Figura 17. Posible red trófica simplificada de los organismos que se encontraron en el suelo sin entrada evidente de energía, en la cueva de “Las Sardinas” en Tabasco, México. En círculo está el recurso energético, en cuadro están los consumidores primarios, en los octágonos el secundario y/o el terciario y finalmente en el triángulo los que pueden ser cuaternarios, además muestran los porcentajes de abundancia que presentó cada especie.

El biotopo alimentado con la hojarasca es sin duda el biotopo más diverso con 136 especies ubicadas en 18 órdenes distintos de artrópodos. El tratar de hacer un red con especies sería muy complicado, además de que hay muchos cambios de las especies y no se pueden establecer asociaciones con un índice de variación igual a 1.14, pero es sin duda este biotopo donde llegan los primeros colonizadores de este medio subterráneo; las especies más abundantes fueron los astigmatos: *Histiostoma* sp. 1 y



*Schwiebea* sp. que se relacionan por el consumo de hongos y bacterias; siguió el ácaro panfitófago del orden Cryptostigmata *Rostrozetes foveolatus*. Es importante mencionar que las larvas de insectos en total representaron un 9.61% aunque no podemos precisar su gremio trófico como panfitófagos o depredadores. Cabe mencionar que la diversidad tan alta en este biotopo es debido a elementos troglósenos (Fig. 18).

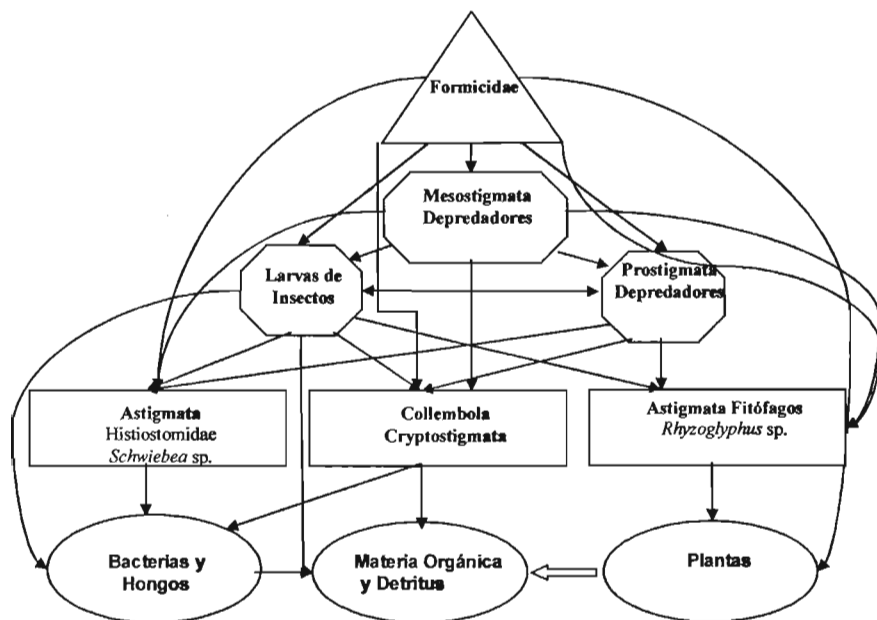


Figura 18. Posible red trófica simplificada de los grupos de organismos que se encontraron en el biotopo alimentado con hojarasca, en la cueva de “Las Sardinias” en Tabasco, México. En círculo está el recurso energético, en cuadro están los consumidores primarios, en los octógonos el secundario y/o el terciario y finalmente en el triángulo los que pueden ser cuaternarios, además se muestra el porcentaje de abundancia que presentó cada grupo y entre paréntesis el número de especies o morfoespecies de cada grupo, la flecha blanca significa sustento.

De las ocho especies de murciélagos que encontramos de la cueva, cinco especies son las que consolidan el biotopo del guano, los de la familia Mormoopidae,

con una colonia estimada de miles de individuos ya que los organismos de las demás familias no pasan los cien ejemplares (Apéndice 2).

En el biotopo alimentado por el guano encontramos las especies que tienen mayor dominancia, a pesar de que hubo 57 especies, el ácaro mesostigmado uropódido *Phaulodinychus* sp. concentra el 60% de los individuos. (Figura 19).

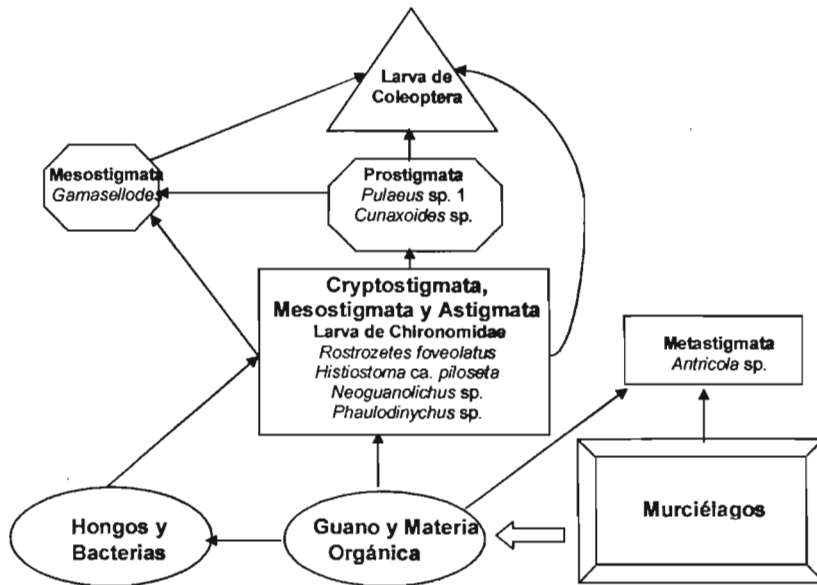


Figura 19. Posible red trófica simplificada de las especies que se encontraron en el guano, en la cueva de “Las Sardinas” en Tabasco, México. En círculo está el recurso energético, en cuadro están los consumidores primarios, en los octágonos el secundario y/o el terciario y finalmente en el triángulo los que pueden ser cuaternarios, además se muestra el porcentaje de abundancia que presentó el grupo, en el recuadro están los murciélagos que son los que permiten la existencia de este biotopo, la flecha blanca significa sustento.

El hecho de proponer las redes tróficas, nos hace que consideremos ciertos aspectos, como que los miembros de un taxón pueden ocupar diferentes papeles tróficos en un ecosistema. Las propiedades de las redes tróficas son más frágiles cuando se

agregan en taxas mayores y las investigaciones en las estructuras de éstas, son influenciadas temporal, espacial y ontogénicamente (Sugihara *et al.*, 1997).

### ***Diversidad alfa beta y gamma***

Si consideramos a cada biotopo como un microecosistema dentro de la misma cueva, podremos pensar que son mini-localidades, lo que ayudaría a hacer semejanzas con el sistema de Whittaker, de separar las diversidades, la diversidad gamma que es el número total de especies de una región, resultado de la combinación de la diversidad alfa, número de especies en las localidades, y la diversidad beta, la diferencia en composición de especies entre estas localidades. Los componentes alfa y beta pueden conjugarse para dar como resultado la diversidad gamma. Aunque el recambio de especies es el menos estudiado para la biodiversidad a pesar de que es un elemento clave para entender la relación que existe entre la diversidad regional y la local (Rodríguez *et al.*, 2003), pues la megadiversidad de México es el resultado del recambio de especies entre los sitios de una particular riqueza de sus localidades. Para nuestro caso la diversidad alfa sería el número de especies promedio de nuestras colectas para cada biotopo, mientras que nuestra diversidad gamma será el total de especies para cada biotopo en nuestra cueva, calculando así la diversidad beta por un cociente entre ambas diversidades (Tabla 9).

Tabla 9. Diversidades alfa, beta y gamma, para cada biotopo con respecto a las especies de cada muestreo que se hicieron a lo largo de un año en la cueva de “Las Sardinas”, en Tabasco, México.

BIOTOPO	Mar 2001	Jul 2001	Sep 2001	Dic 2001	Mar 2002	<i>Alfa</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>
Bacterias	5	7	10	9	15	9.2	2.609	24
Suelo	11	6	18	20	18	14.6	3.014	44
Hojarasca	51	52	59	65	57	56.8	2.394	136
Guano	20	26	19	28	39	26.4	2.159	57
Total	87	91	106	122	129	107	1.579	169

Marcando una relación lineal entre alfa y beta, nos relacionan por medio de líneas asíntotas las localidades con la misma diversidad gamma, lo que muestra un

número parecido de especies entre el suelo sin evidencia de entrada de energía y el biotopo alimentado por el guano, y una diferencia total entre el biotopo alimentado por la hojarasca, con mayor diversidad gamma, y los organismos del biotopo alimentado por las bacterias “mocositas” y sus exudados, con la menor diversidad gamma, ya que entre más alejado de los ejes mayor diversidad gamma. El total nos ayudaría a comparar esta cueva con respecto a otras (Fig. 23).

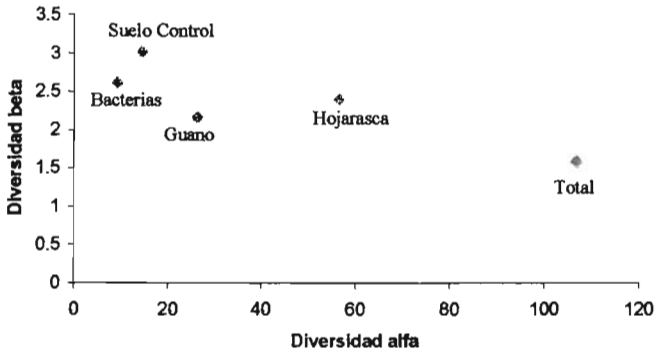


Figura 23. Relación entre las diversidades alfa y beta, en cada uno de los biotopos de la cueva de “Las Sardinas”, Tabasco, México.

La diversidad beta relacionada con los factores físicos como el pH y la temperatura mostró no estar relacionada, ya que con el pH se obtuvo un  $r^2 = 0.173$ , y para la temperatura  $r^2 = 0.169$ , aunque hay que considerar que son muy pocos datos físicos, y que la luminosidad permite al biotopo alimentado por la hojarasca, tener una mayor diversidad, ya que podremos encontrar organismos del reino vegetal, que permiten el establecimiento de microartrópodos fitófagos.

Se sugiere comparar la fauna externa a la cueva, para comprobar algunos troglomorismos, de modo que se deduzca la evolución de los caracteres de estos individuos, pero es probable que el ambiente ácido que está en la cueva permita una especialización de las especies.

Se necesitan más estudios ecológicos en otras cuevas para poder comparar la diversidad total, con respecto a esta cueva, ya que todos los estudios han sido muy puntuales, por lo que el listado de la fauna cavernícola es muy escueta, pero ha sido un buen paso para seguir haciendo este tipo de estudios, además de que se podrían considerar otros organismos de phyla distintos a los artrópodos.

## Conclusiones

Las conclusiones a las que se llegó en este trabajo son las siguientes:

1. En la cueva de “Las Sardinas” se registraron 169 especies de microartrópodos, y una densidad promedio de  $2.31 \text{ ind/m}^3$ .
2. El biotopo alimentado por la hojarasca fue la que presentó mayor riqueza con 136 especies y una equitatividad de 0.68. Esto pudo ser favorecido por la diversidad de materia orgánica que existe como aporte del exterior de la cueva, además de haber plántulas, por la presencia de luz. También fue el único biotopo que discrepó con una mayor densidad de microartrópodos con respecto a los demás.
3. El biotopo alimentado con el guano fue el que presentó mayor abundancia de individuos, con un total 21,422 y una densidad de  $35.48 \text{ ind/cm}^3$ , y 57 especies, de las cuales el ácaro mesostigmado uropódido *Phaulodinychus* sp. representa el 60% de los organismos encontrados en este biotopo.
4. Los biotopos del suelo sin entrada de energía evidente y el alimentado con bacterias “Mocositas” y sus exudados fueron los más parecidos ya que compartieron el 50% de las especies, posiblemente por la resistencia a las condiciones adversas, pero mostraron diferencias significativas de su diversidad, lo que significa que son diferentes comunidades.
5. Las bacterias quimiolitotróficas parecen ser que sólo sirven de alimento a *Histiostoma* sp. 1, lo que hace pensar que el pH ácido selecciona las especies que habita ahí, segregando a los depredadores, dado que sólo se encontraron consistentemente al cunáxido *Dactyloscirus* sp. 1 y al mesostigmata *Sejus* sp., y posiblemente todas éstas sean especies nuevas.
6. Los cuatro biotopos que se analizaron mostraron una diferencia significativa en la diversidad, lo que muestra una comunidad distinta entre cada uno de ellos,

estando mayormente asociados el biotopo alimentado con bacterias “mocositas” y sus exudados con el suelo sin entrada de energía evidente, mientras que el alimentado con la hojarasca es el más apartado por tener elementos nutritivos y bióticos provenientes del exterior.

7. No hubo diferencias estacionales con respecto a la densidad, lo que significa que la cueva mantiene las condiciones físicas, lo que cambia es la diversidad significando un posible reemplazo de especies.
8. El ácaro oribátido *Intermedioppia* ca. *alvarezi* fue el más ampliamente distribuido, lo que nos hace pensar que es oportunista; en el único biotopo donde no se encontró fue en el guano, que es un ambiente restringido por sus condiciones ambientales y comunidad guanobia bien establecida.
9. Los organismos panfitófagos fueron los de mayor abundancia y de mayor número de especies, seguidos de los depredadores, los fungívoros; y los bacteriófagos. Esto significa que la materia orgánica que existe dentro de la cueva es el principal sustento para los microartrópodos.

## **Apéndice 1.** Lista de microartrópodos encontrados en la cueva de “Las Sardinias”

### Phylum Arthropoda

#### Clase Arachnida

##### Orden Pseudoescorpionida

Familia Chthoniidae

Familia Lechytiidae

*Lechytia* sp.

Familia Syarinidae

*Ideoblothrus* sp.

Familia Chernetidae

*Cordylochernes* sp.

*Lustrochernes* sp.

Familia Olpiidae

##### Orden Schizomida

##### Orden Araneae

Familia Dipluridae

Familia Linyphiidae

Familia Mimetidae

Familia Pholcidae

Familia Salticidae

##### Orden Phalangida

#### Clase Acarida

##### Orden Mesostigmata

Familia Sejidae

*Sejus* sp.

Familia Uropodidae

*Metagynella* sp.

*Phaulodinychus* sp.

*Trichouropoda* sp.

Familia Diplogyniidae

Familia Megisthanidae

Familia Ologamasidae



*Gamasellus* sp.  
Familia Rhodacaridae  
*Rhodacarus minimus*  
Familia Macrochelidae  
*Glyphothaspis* sp.  
Familia Ascidae  
*Gamasellodes* sp.  
*Lasioseius* sp.  
Familia Phytoseiidae  
Familia Laelapidae  
*Geolaelaps* sp.  
*Hypoaspis* sp.  
*Protolaelaps* sp.  
Familia Macronyssidae  
Orden Prostigmata  
Familia Nanorchestidae  
Familia Cunaxidae  
*Coleuscirus* ca. *breslauensis*  
*Coleuscirus* ca. *simplex*  
*Cunaxoides* ca. *nicobarensis*  
*Cunaxoides* sp.  
*Dactyloscirus* sp. 1  
*Dactyloscirus* sp. 2  
*Neoscirula* ca. *luxtoni*  
*Neoscirula* ca. *delareyi*  
*Neoscirula* sp.  
*Pseudobonzia* sp.  
*Pulaeus* ca. *pectinatus*  
*Pulaeus* sp. 1  
*Pulaeus* sp. 2  
Familia Rhagidiidae  
*Robustochetes* sp.  
Familia Tarsonemidae

Orden Astigmata

Familia Histiostomidae

*Histiostoma ca. bakeri*

*Histiostoma ca. himalayae*

*Histiostoma ca. piloseta*

*Histiostoma ca. sextoni*

*Histiostoma sp. 1*

*Histiostoma sp. 2*

*Histiostoma sp. 3*

*Histiostoma sp. 4*

Familia Guanolechidae

*Neoguanolichus sp.*

Familia Winterschmidtidae

*Winterschmidtia sp.*

Familia Rosensteiniidae

*Nycteriglyphagus sp.*

Familia Acaridae

*Rhyzoglyphus ca. callae*

*Rhyzoglyphus ca. robini*

*Sancasannia ca. mycophagus*

*Schwiebea sp.*

*Tyrophagus ca. neiswanderi*

*Tyrophagus ca. similis*

Orden Cryptostigmata

Familia Palaeacaridae

Familia Lohmanniidae

*Euryacarus pilosus*

Familia Euphthiracaridae

Familia Phthiracaridae

Familia Malaconothridae

*Malaconothrus ca. angulatus*

*Malaconothrus ca. peruensis*

*Malaconothrus ca. granulosis*

*Malaconothrus peruensis*

*Malacoanthrus* sp.  
Familia Microzetidae  
*Berlesezetes brazilosetoides*  
Familia Carabodidae  
*Cubabodes* ca. *radiatus*  
Familia Dampfiellidae  
*Beckiella* sp.  
Familia Ceratozetidae  
*Ceratozetes* sp.  
Familia Galumnidae  
*Galumna* ca. *hamifer*  
*Galumna hamifer*  
Familia Liacaridae  
*Cultroribula* sp.  
Familia Suctobelbidae  
*Flagrosuctobelba multiplumosa*  
Familia Haplozetidae  
*Rostrozetes foveolatus*  
Familia Scheloribatidae  
*Scheloribates elegans*  
*Scheloribates* sp.  
Familia Oppiidae  
Subfamilia Oppiinae  
*Aeroppia* ca. *nasalis*  
*Aeroppia nasalis*  
*Aeroppia* sp.  
*Amerioppia similis*  
*Vietoppia* sp.  
Subfamilia Multioppiinae  
*Intermedioppia* ca. *alvarezi*  
Subfamilia Mystroppiinae  
Subfamilia Areoppiinae  
*Similoppia (Reductoppia)* sp.

Orden Metastigmata

Familia Argasidae

*Antricola* sp.

Familia Ixodidae

Clase Crustacea

Orden Copepoda

Familia Harpacticoidae

Orden Isopoda

Clase Collembola

Orden Poduromorpha

Familia Neanuridae

*Americanura* ca. *macgregori*

*Neotropiella quinqueoculata*

*Pseudachorutes* sp.

Familia Odontellidae

*Xenyllodes* sp.

Familia Hypogastruridae

*Ceratophysella* ca. *succinea*

*Xenylla* ca. *humicola*

Familia Onychiuridae

*Mesaphorura yosii*

Orden Entomobryomorpha

Familia Entomobryidae

*Entomobrya* sp.

*Heteromurus major*

*Lepidocyrtus* sp.

*Pseudosinella* ca. *collina*

*Pseudosinella orba*

Familia Isotomidae

*Cryptopygus* ca. *termophilus*

*Cryptopygus termophilus*

*Isotoma* sp.

*Isotomiella minor*

*Isotomurus retardatus*

*Folsomina onychiurina*

Familia Paronellidae

Orden Symphypleona

Familia Arrhophalitidae

*Arrhophalites* sp.

Familia Katiannidae

*Sminthurinus quadrimaculatus*

Familia Dicyrtomidae

*Ptenothrix marmorata*

Orden Neelipleona

Familia Neelidae

*Megalothorax minimus*

Clase Symphyla

Clase Insecta

Orden Microcoryphia

Orden Zygentoma

Orden Thysanoptera

Familia Phlaeothripidae

*Adraneothrips* sp.

*Zeugmatothrips prisueri*

Orden Psocoptera

Orden Hemiptera

Orden Homoptera

Orden Coleoptera

Familia Curculionidae

Familia Histeridae

*Hister* sp.

Familia Platypodidae

Familia Ptiilidae

Familia Scydmaenidae

Familia Staphylinidae

*Anotylus* sp.

Orden Lepidoptera

Orden Diptera

Familia Chironomidae  
Orden Hymenoptera  
Familia Formicidae  
*Hypoponera* sp.  
*Lepthorax* sp. 1  
*Lepthorax* sp. 2  
*Pachycondyla* sp.  
*Prionopelta modesta*  
*Solenopsis* sp. 1  
*Solenopsis* sp. 2  
*Strumigenys* sp.  
*Tetramorium* sp.  
*Wasmannia auropunctata*

**Apéndice 2.** Lista de murciélagos registrados en la cueva de “Las Sardinas”, de colecta preeliminar en 1998.

Phylum Chordata

Clase Vertebrata

Orden Chiroptera

Familia Emballonuridae

*Balantiopteryx io*

Familia Mormoopidae

*Mormoops megalophyla*

*Pteronotus davyi*

*Pteronotus gymnonotus*

*Pteronotus parnelli*

*Pteronotus personatus*

Familia Phyllostomidae

*Desmodus rotundus*

Especie no identificada.

## Literatura Citada

Arrillo, A. y L. S. Sabinas. 1997. First record of the genus *Vietoppia* in the Palaearctic region: description of *Vietoppia (Paragloboppia) mercedesae* sp. nov. from Southern Spain (Oppiidae, Oppiinae). *Acarologia*, 38(4): 415-417.

Azevedo, A. A., P. M. Linardi y M. T. Z. Coutinho. 2002. Acari ectoparasites of bats from Minas Gerais, Brazil. *Journal of Medical Entomology*, 39(3): 553-555.

Balod M. y G. Redonte. 1995. Descubrimiento de azufre nativo en la caverna Mercedes, yesera del Tromen, Neuquén. *Salamanca* 8:37-46.

Bendicho L. A y N. González R. 1986. Comportamiento de poblaciones de *Cosmopolites sordidus* y *Tetramorium guineense* en condiciones naturales. *Ciencias de la Agricultura*, 28: 9-12.

Boyll B. J. 1985. Arthropods of the guano communities of the big brown bat (*Eptesicus fuscus*) colonies of Indiana. *Proceedings of the Indiana Academy of Science*, 95: 519.

Cano-Santana Z. y J. Martínez-Sánchez 2000. *Las cuevas y sus habitantes*. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 167 pp.

Castaño-Meneses G., J. G. Palacios-Vargas y L. Q. Cutz-Pool. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 75(1): 135-142.

Ceballos, G. y J. H. Brown. 1995. Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Conservation Biology*, 9 (3):559-568.

Ceballos, G. y P. R. Ehrlich. 2002. Mammal population losses and the extinction crisis. *Science*, 296 (5569): 904 – 907.



- Chen, B., R. J. Snider y R. M. Snider. 1996. Food consumption by Collembola from northern Michigan deciduous forest. *Pedobiologia*, 40(2):149-161.
- Childers, C. C., S. Nakahara y R. J. Beshear. 1998. Thysanoptera collected during bloom on white and colored disposable sticky cards in Florida citrus groves. *Journal of Entomological Science*, 33(1): 49-71.
- Christiansen, K. A. 1990. Insecta: Collembola. En: Dindal, D. L. (ed.). *Soil Biology Guide*. J. Wiley & Sons, New York, p. 965-995.
- Davis, D.G., M.V. Palmer, y A. N. Palmer. 1990. Extraordinary subaqueous speleothems in Lechuguilla Cave, New Mexico. *The NSS Bulletin*, 52: 70-86.
- De Andrade R. y P. Gnaspini. 2002. Feeding in *Maxcheres iporangae* (Pseudoscorpiones, Chernetidae) in captivity. *Journal of Arachnology*, 30(3): 613-617.
- De la Cruz, J y L. F. de Armas. 1990. Artículos alimentarios de las garrapatas de los géneros *Antricola* y *Parantricola* (Ixodoidea: Argasidae). *Ciencias Biológicas Academia de Ciencias de Cuba*, 23: 118-121.
- Del Castillo M. L. L. 1996. Estudio faunístico comparativo de dos comunidades guanobias en cavernas de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 102 pp.
- De la Fuente, F. J. A. 1994. *Zoología de artrópodos*. Interamericana-Mc Graw-Hill, Madrid. 805 pp.
- Delettre, Y. R. 2000. Larvae of terrestrial Chironomidae (Diptera) colonize the vegetation layer during the rainy season. *Pedobiologia*, 44(5): 622-626.
- Dejean, A., B. Corbara y Oliva-Rivera, J. 1990. Evidence for a form of learning in the capture behavior of prey among *Pachycondyla* (= *Neoponera*) *villosa* (Formicidae, Ponerinae). *Behaviour*, 115(3-4):175-187.

Diaz, A., K. Okabe, C. J. Eckenrode, M. G. Villani y B. M. O'Connor. 2000. Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae). *Experimental y Applied Acarology*, 24(2): 85-113.

Equihua Martínez, A., T. H. Atkinson y E. Lott. 1984. Scolytidae y Platypodidae (Coleoptera) de la Estacion de Biología Chamela, Jalisco. *Agrociencia*, 57: 179-193

Egeimer, S.J., 1981. Cavern development by thermal waters. *The National Speleological Society Bulletin*. 43, 31-51.

Erwin, T. L. 1982. Tropical Forests: Their richness in coleopteran and other arthropod species. *The Coleopterists Bulletin*, 36(1): 74-75.

Estebanés-González, M. L. 1997. The mites of wild bird nests in Mexico. *Acta Zoologica Mexicana, Nueva Serie*, 71: 1-15

Estebanés-González M. L. y S. Rodríguez-Navarro, 1991. Observations on some mites of the families Tetranychidae, Eriophyidae, Acaridae and Tarsonemidae (Acari), in Mexican garden vegetables. *Folia Entomológica Mexicana*, 83: 199-212.

Fain, A. 1979. Notes sur les acariens astigmatés cavernicoles. Description de deux genres nouveaux et de quatre espèces nouvelles. *Acarologia*, 20(1): 116-127.

Fain, A., D. Vangeluwe, M. Degreef y G. Wauthy. 1993. Observations on mites inhabiting nests of *Bubo bubo* (L.) (Strigiformes, Strigidae) in Belgium. *Belgian Journal of Zoology*, 123(1): 3-26.

Fernández, P. R. 2001. The soil ants of Mexico: Diversity, distribution and importance (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*, suppl. 1: 189-238.

Gamboa, V. J. y L. Ku. 1998. Descripción de la cueva "Las Sardinas", Villa Luz, Tabasco, México. *Mundos Subterráneos*, 9:51-54.

Gibert J. y L. Deharveng. 2002. Subterranean ecosystems: A truncated functional biodiversity. *Bioscience*, 52(6): 473-481.

Gnaspini, P. y E. Trajano, 2000. Guano communities in tropical caves. Case Study: Brazilian Caves. En: Wilkens, H., D.C. Culver y W.F. Humphreys eds. *Ecosystems of the World - Subterranean Biota*. Elsevier, Ámsterdam, p. 251-268.

Gómez de Silva, H., y R. A. Medellín. 2001. Evaluating completeness of species lists for conservation and macroecology: a case study of Mexican land birds. *Conservation Biology*, 15(5):1384-1395.

Gordon, M. S. y D. E. Rosen. 1962. A cavernicolous form of the Poeciliid fish *Poecilia sphenops* from Tabasco, Mexico. *Coepia*, 2:360-368.

Guevara, R., L. Villedo y A. Nájera. 2002. Soil meso-fauna patterns and experiments on leaf litter mite fungivory: Preferences, effects on fungal reproduction and decomposition. *Acta Zoológica Mexicana*, 87: 1-15.

Harwood, J. D., K. D. Sunderland y W. O. C. Symondson. 2001. Living where the food is: Web location by linyphiid spiders in relation to prey availability in winter wheat. *Journal of Applied Ecology*, 38(1): 88-99.

Hoffmann, A., M. G. López-Campos y I. M. Vázquez-Rojas. 2004. Los Artrópodos de las cavernas de México. En: Llorente-Bousquets J., J. J. Morrone-Lupi, O. Yañez-Ordoñez y I. Vargas-Fernández eds. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. IV*, CONABIO, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., pp. 229-326.

Hoffmann, A., J. G. Palacios-Vargas y J. B. Morales-Malacara, 1986. *Manual de Bioespeleología*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 274 pp.

Hölldobler, B. y E. O. Wilson. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 732 pp.

Hose, L. D., A. N., Palmer, M. V. Palmer, D. E. Northup, P. J. Boston y H. R. DuChene. 2000. Microbiology and geochemistry in hydrogen-sulphide-rich karst environment. *Chemical Geology*, 169: 399–423.

Hose, L. D. y J. A. Pizarowicz, 1999. Cueva de Villa Luz, Tabasco, Mexico: Reconnaissance study of an active sulfur spring cave and ecosystem. *Journal of Cave and Karst Studies*, 61(1):13-21.

Howell, D. C. 2002. *Statistical methods for psychology*. Pacific Grove ed., California, 802 pp.

Hubert, J., A. Kubatova y J. Sarova. 2000. Feeding of *Scheloribates laevigatus* (Acari: Oribatida) on different stadia of decomposing grass litter (*Holcus lanatus*). *Pedobiologia*, 44(5): 627-639.

Hunter, P. E. 1993. Mites associated with New World passalid beetles (Coleoptera: Passalidae). *Acta Zoológica Mexicana, Nueva Serie*, 58: 1-37

Jiménez M. L. 1998. Aracnofauna associated with the dwellers of the city of La Paz, Baja California Sur, Mexico. *Folia Entomológica Mexicana*, 102: 1-10.

Jiménez-Sánchez, E., J. L. Navarrete-Heredia y J. R. Padilla-Ramírez. 2000. Necrophilic staphylinids (Coleoptera: Staphylinidae) of the Sierra de Nanchititla, state of Mexico, Mexico. *Folia Entomológica Mexicana*, 108: 53-78.

Johnson, D. L. y W. G. Wellington. 1980. Predation of *Apochthonius minimus* (Pseudoscorpionida: Chthoniidae) on *Folsomia candida* (Collembola: Isotomidae) 2. Effects of predation on prey populations. *Researches on Population Ecology*, 22(2): 353-365.

Kethley, J. 1990. Acarina: Prostigmata (Actinedida). En: Dindal, D. L. (ed.). *Soil Biology Guide*. J. Wiley & Sons, New York, p. 667-778.

Kloock C. T. 2001. Diet and insectivory in the "araneophagic" spider, *Mimetus notius* (Araneae: Mimetidae). *American Midland Naturalist*, 146 (2): 424-428.

Korshunov, V. y A. Semikolennych. 1994. A model of speleogenic processes connected with bacterial redox in sulphur cycles in the caves of Kugitangtou Ridge, Turkmenia. En: Sasowsky, I.D. y M. V. Palmer (eds.), *Breakthroughs in karst Geomicrobiology and Redox Geochemistry*. Special Publication 1. Colorado Karst Wates Institute, pp. 43-44.

Krantz, G. W. 1974. *Phaulodinychus mitis* (Leonardi 1899) (Acari: Uropodidae), an intertidal mite exhibiting plastron respiration. *Acarologia*, 16(1): 11-20.

Krantz, G. W. 1978. *A manual of Acarology*. Oregon State University Book Stores, Inc., Corvallis, Oregon. 509 pp.

Krantz, G. W. y B. D. Aiscough. 1990. Acarina: Mesostigmata (Gamasida). En: Dindal, D. L. (ed.), *Soil Biology Guide*. J. Wiley & Sons, New York, p. 583-665.

Langecker, T.G., H. Wilkens y J. Parzefall. 1996. Studies on the tropic structure of an energy-rich Mexican cave (Cueva de las Sardinas) containing sulfurous water: *Memoires de Biospéologie*, 23: 121-125.

Leschen R. A. B. y A. F. Newton. 2003. Larval description, adult feeding behavior, and phylogenetic placement of *Megalopinus* (Coleoptera: Staphylinidae). *Coleopterist's Bulletin*, 57(4): 469-493.

Lister, A., W. Block y M. B. Usher. 1988. Arthropod predation in an Antarctic terrestrial community. *Journal of Animal Ecology*, 57(3): 957-970.

- Ludwing J. A. y J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology. A primer on methods and computing*. J. Wiley & Sons, Nueva York. 337 pp.
- McAlpine, J. F. 1990. Insecta: Diptera (Adults). En: Dindal, D. L. (ed.). *Soil Biology Guide*. J. Wiley & Sons, Nueva York, p. 1211-1252.
- Medellín, R. A. y W. López-Forment. 1985. Las cuevas: Un recurso compartido. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 56(3): 1027-1034.
- Momen, F. y H. Hussein. 1999. Relationships between food substances, developmental success and reproduction in *Typhlodromus transvaalensis* (Acari: Phytoseiidae). *Acarologia*, 40(2): 107-112.
- Moreno A. M., S. C. Olvera y J. R. P. Ramírez. 1998. Community analysis of necrophilous Coleoptera of "Las Escolleras", Alvarado, Veracruz, Mexico. *Dugesiana*, 5(1): 23-40.
- Muchmore, W. B. 1990. Pseudoscorpionida. En: Dindal, D. L. (ed.). *Soil Biology Guide*. J. Wiley & Sons, Nueva York, p. 503-527.
- Navarrete-Heredia, J. L. 2001. Beetles associated with *Atta* and *Acromyrmex* ants (Hymenoptera: Formicidae: Attini). *Transactions of the American Entomological Society*, 127(3): 381-429.
- Nawar, M. S., G. M. Shereef y M. A. Ahmed. 1993. Effect of food on development, reproduction and survival of *Chiropturopoda bakeri* (Acarina: Uropodidae). *Experimental and Applied Acarology*, 17(4): 277-281.
- Norton, R.A. 1990. Acarina: Oribatida. En: Dindal, D. L. (ed.). *Soil Biology Guide*. J. Wiley & Sons, Nueva York, p. 779-803.

O'Connor, B. M. 1998. Parasitic and commensal arthropods of some birds and mammals of the Reserve Speciale d'Anjanaharibe-Sud, Madagascar. *Fieldian, Zoology*, 90: 73.

O'Keefe, S. T. 2000. Ant-like stone beetles, ants, and their associations (Coleoptera: Scydmaenidae; Hymenoptera: Formicidae; Isoptera). *Journal of the New York Entomological Society*, 108(3-4): 273-303.

Ødegaard F. 2000. How many species of arthropods? Erwin's estimate revised. *Biological Journal of the Linnean Society*, 71: 583-597.

Okabe, K. 1999. Vectoring of *Hypocrea nigricans* (Hypocreales: Hypocreaceae) by three fungivorous mite species (Acari: Acaridae). *Experimental y Applied Acarology*, 23(8): 653-658.

Pain, S. 1998. Acid House. *New Scientist*, 158 (2137): 42-46.

Palacios-Vargas, J. G. y R. Iglesias. 1997. New species of Crotonioidea (Acarida: Oribatei: Nothroidea), from México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de Mexico Serie Zoología*, 68(1): 35-52

Pisarowicz, J. A. 1994. Cueva de Villa Luz- An Active Case of H<sub>2</sub>S Speleogenesis. En: Sasowsky y M. V. Palmer (eds.). *Breakthroughs in Karst Geomicrobiology and Redox Geochemistry*. Special Publication 1. Karst Waters Institute, Charlestown, p. 60-62.

Petit, C. 1998. The walls are alive. Deep in a cave, scientists glimpse a strange new biology. *U. S. News y World Report*, February 9: 59-60.

Reddell J. R. 1981. *A review of the cavernicole fauna of Mexico, Guatemala, and Belize*. Texas Memorial Museum, Austin. 327 pp.

- Reeves W. K. y J. W. McCreadie. 2001. Population ecology of cavernicoles associated with carrion in caves of Georgia, USA. *Journal of Entomological Science*, 36(3): 305-311.
- Rieper, M. 1978. Bacteria as food for marine harpacticoid copepods. *Marine Biology*, 45(4): 337-345.
- Rodríguez, P., J. Soberón y H. T. Arita. 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica de México, Nueva Serie*, 89: 241-259.
- Rodríguez-Navarro, S., J. McMurtry, y M. L. Estebanés-González. 2003. Phytophagous mites and their predators, associated to fruit trees in Teziutlán, Puebla, Mexico. *Folia Entomológica Mexicana*, 42 (1) 79-90.
- Sabatini, M. A. y G. Innocenti. 2000. Functional relationships between Collembola and plant pathogenic fungi of agricultural soils. *Pedobiologia*, 44(3-4): 467-475.
- Santos. F. H. y P. Gnaspini. 2002. Notes on the foraging behavior of the Brazilian cave harvestman *Goniosoma spelaum* (Opiliones, Gonyleptidae). *Journal of Arachnology*, 30(1): 177-180.
- Sarbu, M. y R. Popa. 1992. A unique chemoautotrophically based cave ecosystem, *In: The natural history of biospeleology*. Camacho A.I. (ed.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, p. 637-666.
- Sardar, M. A. y P. W. Murphy. 1987. Feeding tests of grassland soil-inhabiting gamasine predators. *Acarologia*, 28(2): 117-121.
- Sbordini, V., R. Argano y A. Zullini. 1974. Biological investigations on the caves of Chiapas (Mexico) and adjacent countries. *Quad. Accad. Naz. Lincei, Probl. Att. Sci. Cult.*, 171(2): 5-45.
- Schatz, H. 1998. Oribatid mites of the Galapagos Islands-faunistics, ecology and speciation. *Experimental y Applied Acarology*, 22(7): 373-409



Scheu, S., A. Theenhaus y T. H. Jones. 1999. Links between the detritivore and the herbivore system: effects of earthworms and Collembola on plant growth and aphid development. *Oecologia*, 119 (4): 541-551.

Slater, J. A. 1983. On the biology of cave inhabiting Antillocorini with the description of a new species from New Guinea (Hemiptera: Lygaeidae). *Journal of the New York Entomological Society*, 91(4): 424-430.

StatSoft, Inc. 1998. *STATISTICA for Windows [Computer program manual]*. Tulsa, USA. <http://www.statsoft.com>

Subias L. S. y P. Rodríguez. 1987. Oppüdae (Acari, Oribatida) de los sabinares (*Juniperus thurifera*) de España 1. *Ramusella* s. str. *Hammer* y *Ramusella* (*Rectoppia*) Subias. *Eos-Revista Española de Entomología*, 63: 301-314.

Sugihara, G., L. F. Bersier y K. Schoenly. 1997. Effects of taxonomic and trophic aggregation on food web properties. *Oecologia*, 112: 272-284.

Umble, J. R. y J. R. Fisher. 2003. Influence of below-ground feeding by garden symphylans (Cephalostigmata: Scutigereidae) on plant health. *Environmental Entomology*, 32(5): 1251-1261.

Vreeken-Buijs, M. J., M. Geurs, P. C. de Ruiter y L. Brussaard. 1997. The effects of bacterivorous mites and amoebae on mineralization in a detrital based below-ground food web; microcosm experiment and simulation of interactions. *Pedobiologia*, 41(6): 481-493.

Walter, D. E. 1987a. Life history, trophic behavior, and description of *Gamasellodes vermivorax* n. sp. (Mesostigmata: Ascidae), a predator of nematodes and arthropods in semiarid grassland soils. *Canadian Journal of Zoology*, 65(7): 1689-1695.

Walter, D. E. 1987b. Trophic behavior of "mycophagus" microarthropods. *Ecology*, 68(1): 226-229.

Walter, D. E. y D. T. Kaplan. 1991. Observations on *Coleoscyrus simplex* (Acarina: Prostigmata), a predatory mite that colonizes greenhouse cultures of rootknot nematode (*Meloidogyne* spp.), and a review of feeding behavior in the Cunaxidae. *Experimental and Applied Acarology*, 12(1-2): 47-59.

Walter, D. E. y E. E. Lindquist. 1989. Life history and behavior of mites in the genus *Lasioseius* (Acari: Mesostigmata: Ascidae) from grassland soils in Colorado, with taxonomic notes and description of a new species. *Canadian Journal of Zoology*, 67: 2797-2813.

Walter, D. E. y J. H. Oliver Jr. 1989. *Geolaelaps oreithyiae*, n. sp. (Acari: Laelapidae), a thelytokous predator of arthropods and nematodes, and a discussion of clonal reproduction in the Mesostigmata. *Acarologia*, 30(4): 293-303.

Walter, D. E. y H. C. Proctor. 1998. Feeding behaviour and phylogeny: Observations on early derivative Acari. *Experimental y Applied Acarology*, 22(1): 39-50.

Wilson, E. O. 1988. *Biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., p. 5-6.

Zar, J. E. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, Nueva Jersey. 717 pp.

Zettel, J., U. Zettel, C. Suter, S. Streich y B. Egger. 2002. Winter feeding behaviour of *Ceratophysella sigillata* (Collembola: Hypogastruridae) and the significance of eversible vesicles for resource utilization. *Pedobiologia*, 46 (3-4): 404-413.