



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

**"Diversidad y distribución de arañas (Arachnida: Araneae)  
en la cueva de las Sardinias, Tabasco, México."**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
**B I O L O G A**  
P R E S E N T A :  
**LUCIA GEORGINA PASTRANA RUIZ**



FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM

**DIRECTORA DE TESIS: MARIA LUISA JIMENEZ JIMENEZ**  
**CODIRECTOR DE TESIS: JOSE GUADALUPE PALACIOS VARGAS**

2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno.  
Pastrana  
Ruiz  
Lucia Georgina  
56 12 48 81  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología
2. Datos del director de tesis.  
Doctora  
María Luisa  
Jiménez  
Jiménez
3. Datos del codirector de tesis.  
Doctor  
José Guadalupe  
Palacios  
Vargas
4. Datos del sinodal 1  
Doctora  
Rosa Gabriela  
Castaño  
Meneses
5. Datos del sinodal 2  
Maestro en Ciencias  
Daniel Alfonso  
Estrada  
Bárcenas
6. Datos del sinodal 3  
Biólogo  
Rafael  
Gaviño  
Rojas
7. Datos del trabajo escrito.  
Diversidad y distribución de arañas (Arachnida: Araneae) en la cueva de Las  
Sardinas, Tabasco, México.  
83 páginas  
2006

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias en la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección de la Dra. María Luisa Jiménez Jiménez del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y la codirección del Dr. José Guadalupe Palacios Vargas.

El financiamiento corrió a cargo del CONACYT mediante el proyecto 33965-V “Ecología de un ambiente cavernícola sulfuroso (cueva de las Sardinas) en Tabasco” y de la DGAPA con el proyecto PAPIIT IN-223803 “Ecología de Ambientes Cavernícolas”.

La investigación forma parte del Taller de Biología de suelo y cuevas que se imparte en la Facultad de Ciencias, UNAM, coordinado por el Dr. José G. Palacios Vargas y la Dra. Gabriela Castaño Meneses.

## AGRADECIMIENTOS

A mi Papá por enseñarme a vivir mis sueños, por mostrarme lo divertido y mágico de la vida, por fomentar mi curiosidad y hacerme valorar el conocimiento, por enseñarme que hay mil formas de llegar al lugar que quiero y mil lugares a donde quiero llegar.

A mi Mamá por el coraje y decisión con que me protege, por los acertados consejos que me mantienen en la realidad.

A mi hermanita por ser mi mejor amiga, por cuidarme 28 de los 26 años que tengo, por curarme la esclerosis múltiple y el glaucoma bipolar, por ser mi Gurú ... por ser ... Ginita Bonita.

A mi hijo por encontrar siempre la forma de sorprenderme y hacerme reír.

A mis Directores de Tesis Dra. María Luisa Jiménez y Dr. José Palacios y a mi sinodal Dra. Gabriela Castaño por confiar en mí aun con la distancia.

A mi sinodal Rafael Gaviño por apoyarme desde el primer momento, por su tiempo e interés para corregir y guiar mi trabajo. A mi sinodal Daniel Estrada por presentarme la cueva de Las Sardinas y ayudarme a terminar mi tesis.

A José Luis Castelo por regresarme la esperanza en los momentos más difíciles, por el tiempo que me dedicó y por acercarme a nuevos amigos, humanos y artrópodos.

A Sandra Rodríguez por su disponibilidad para revisar mi trabajo.

Al Sr. Mariano Fuentes por su interés en mi superación y la confianza en mis capacidades. En algún momento le daré el abrazo que le prometí cuando regresara.

A quienes trabajan en el Laboratorio de Microartrópodos: Polo, Carmen, Ricardo y Paty; a Blanquita Mejía por el apoyo administrativo que hizo posible mi titulación; a Arturo Gómez por su ayuda y compañía en el trabajo de campo y por obligarme a ser fuerte y cautelosa.

A todos mis compañeros del Taller de Suelos y Cuevas, en particular Marilyn, Nancy y Elena por ayudarme a atrapar arañas; Aldo, Leonardo, Lalo, Irais e Ileana por amenizar las prácticas; Francisco por su incondicional aprecio y Estela por el apoyo físico y moral en el trabajo de campo.

A mis profesores de licenciatura Fernando Fernández, Raúl Contreras, Luis Canseco, Guadalupe López, Alicia Rojas, Juan Márquez, Ma. del Carmen Uribe, Abraham Kobelkowsky y Beatriz Coutiño por acrecentar mi amor por la Biología. A Francisco Javier Mandujano y Santiago de la Macorra por trasmitirme el verdadero amor por la ciencia.

A mis queridos guerreros Juan, Sergio, Aldo, Ratón, Diablo, Mario, Poncho, Lalo, Edgardo, Rodrigo, Edgar, Cynthia, Alfredo, Gabriela, Anidia, Hiram, Elva, Ezequiel, Jorge, Ernesto, Ángel y Blanca, por demostrar que ser los mismos borrachitos de siempre, no es tan malo.

A Brenda Sánchez por las locas fiestas, por escucharme y recordarme el poder de la mujer. A Donají Portillo por compartir conmigo sus múltiples talentos.

A J. López, C. Toussaint, J.M. Aguilera, J. M. Arreola, A. Arreola y J.K. Rowling por acompañarme horas y horas en la carretera.

Con mucho cariño a Juan Andrés Pérez Trejo por la valentía con que me ha acompañado todo este tiempo, por su capacidad de hacerme irresponsable, por su honestidad, amor y dulzura.

# CONTENIDO

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
A.	ESTUDIOS DE ARAÑAS EN MÉXICO	3
B.	LAS ARAÑAS EN LA BIOESPELEOLOGÍA MEXICANA	5
C.	LA CUEVA DE LAS SARDINAS, TABASCO, MÉXICO	7
D.	ARAÑAS	9
	▪ Diversidad	9
	▪ Morfología	10
	▪ Hábitat y dispersión	12
	▪ Hábitos	13
	▪ Importancia	15
E.	CUEVAS	16
	▪ Características físicas del ambiente cavernícola	16
	▪ Características biológicas del ambiente cavernícola	17
	▪ Los organismos cavernícolas	18
<b>III.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
A.	GENERAL	20
B.	PARTICULARES	20
<b>IV.</b>	<b>ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>21</b>
<b>V.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>28</b>
A.	TRABAJO EN CAMPO	28
B.	TRABAJO DE LABORATORIO	29
	▪ Determinación de muestras	29
	▪ Análisis de datos	30
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>31</b>
A.	ESPECIES DE ARAÑAS EN LA CUEVA DE LAS SARDINAS	31
B.	CLAVE PARA DETERMINAR LAS FAMILIAS DE ARAÑAS DENTRO DE LA CUEVA DE LAS SARDINAS	33
C.	DIAGNOSIS DE GÉNEROS Y ESPECIES DE ARAÑAS	35
D.	ESTRUCTURA Y VARIACIÓN TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE ARAÑAS	46
E.	DISTRIBUCIÓN ESPECÍFICA DE ARAÑAS DENTRO DE LA CUEVA	48
F.	CLASIFICACIÓN ESPELEOLÓGICA DE ARAÑAS	51

<b>VII. DISCUSIÓN</b>	<b>53</b>
A. ARANEOFAUNA DE LA CUEVA DE LAS SARDINAS	53
B. ESTRUCTURA Y VARIACIÓN TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE ARAÑAS	55
▪ Riqueza y densidad total	55
▪ Densidad relativa	56
▪ Diversidad	57
C. DISTRIBUCIÓN ESPECÍFICA DE ARAÑAS DENTRO DE LA CUEVA	59
▪ Riqueza	59
▪ Densidad	60
▪ Densidad relativa	61
▪ Diversidad	64
D. CLASIFICACIÓN ESPELEOLÓGICA DE ARAÑAS	67
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	<b>70</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>71</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>72</b>

# I. INTRODUCCIÓN

México es considerado uno de los países megadiversos, pues alberga alrededor del 10% de la diversidad terrestre (Mittermeier & Goettsch, 1992), ocupando el tercer lugar en el mundo en cuanto a diversidad biológica (Mittermeier, 1988) y del total de las especies que se encuentra concentrado en nuestro país, un poco más del 10% son endémicas (Llorente *et al.*, 1996).

La ubicación de México en una región biogeográfica compleja y su gran heterogeneidad fisiográfica, climática y ecológica (Mittermeier & Goettsch, 1992), han dado origen a una inmensa variedad de ambientes que alojan a una enorme diversidad de organismos (Flores & Gerez, 1994).

Uno de esos ambientes es el cavernícola o subterráneo, muy frecuente en México, pues nuestro país es uno de los más importantes en cuanto al número y variedad de cuevas, grutas y cavidades se refiere, ya que presenta una amplia diversidad geológica, producto de la dinámica volcánica, la infiltración de agua en el manto terrestre y los numerosos fenómenos geológicos a los que se ve expuesto nuestro territorio (Morales-Malacara & Losoya, 1990). Se calcula que en las zonas kársticas de México, las cuales comprenden alrededor del 20% de territorio nacional, existen más de 7,000 cavernas, de las cuales no se han explorado ni la mitad (Lazcano, 1983).

Las cuevas o cavernas son de gran importancia desde el punto de vista biológico, pues constituyen un medio donde se refugian o viven diversas especies, sobre todo del reino animal (Cano & Martínez, 1999). Las cuevas representan un ambiente especial y poco común, tanto para los organismos terrestres como acuáticos, pues por un lado tienen similitud con ambientes edáficos externos y por el otro con ambientes abisales bentónicos; sin embargo, la mayoría de sus características son únicas y por ello se consideran laboratorios naturales, ideales para el estudio de problemas ecológicos y evolutivos (Christiansen, 1995).

La cueva de Las Sardinas (o de Villa Luz), en el estado de Tabasco, al sureste de la República Mexicana, es la única cavidad en nuestro país en la que se han registrado bacterias quimioautótrofas y es de las pocas en el mundo en las que dichos organismos se encuentran formando estructuras conocidas como esnotitas (Estrada & Iglesias, 2003).

El metabolismo de estas bacterias produce características particulares en la atmósfera, la geología y la biología de la cueva; por lo cual, investigadores de diversas disciplinas y nacionalidades han realizado estudios de diferente índole (Hose & Pisarowicz, 1999). La investigación que se llevó a cabo en esta ocasión, se enfoca en la población de arañas que existe en la cueva y es un importante aporte de información al conocimiento biológico de este ecosistema particular.

## II. ANTECEDENTES

### A. ESTUDIOS DE ARAÑAS EN MÉXICO

De acuerdo con los antiguos códices y los escritos de Hernández, Sahagún, Clavijero y otros cronistas, sabemos que los mexicanos de la época prehispánica ya tenían cierto conocimiento sobre los arácnidos, en particular las arañas, a las que daban el nombre general de “tocatl”. Su conocimiento llegaba incluso a la diferenciación de grupos de arañas tales como las tarántulas, a las que llamaban “vitztócatl” (araña con espinas), o la viuda negra (*Latrodectus mactans*) que denominaban “tzintlatlahqui” (trasero rojo) (Hoffmann, 1976).

La investigación y el conocimiento meramente científico sobre arañas en México comenzó en 1833, cuando Lucas describió la primera especie del país, *Epeira mexicana* (= *Verrucosa arenata*) de la familia Araneidae (Hoffmann, 1976).

A partir de entonces, muchos otros investigadores extranjeros han aportado gran número de trabajos acerca de las arañas mexicanas; tal es el caso de C. Koch (1836-1848), I. Koch (1866-1867), Bilimek (1867), Becker (1878), Keyserling (1884, 1886 a,b), Peckham *et al.* (1888), Simon (1890), Peckham y Peckham (1896) y Banks (1896, 1898), quienes describieron diversas especies de nuestro país. Destaca por su enorme aportación al conocimiento de la aracnofauna mexicana, la obra de Pickard-Cambridge (1891-1899, 1900) quien registró y describió gran cantidad de nuevos géneros y especies en su capítulo incluido en la *Biologia Centrali-Americana* (Jiménez, 1996).

Hacia el siglo XX, la investigación de extranjeros en nuestro país incluyó los trabajos de Petrunkevitch (1909, 1911), Comstock (1912), Chamberlin (1924), Roewer (1933), Chamberlin e Ivie (1936, 1938) y Chickering (1937). Durante la segunda mitad del siglo, los investigadores extranjeros en nuestro país, se enfocaron más a familias específicas de arañas, tal es el caso de Chickering (1957), Chamberlin y Gertsch (1958), Muma y Gertsch (1964), Brady (1962, 1964, 1970, 1975), Vogel (1964), Shear (1970), Pinter (1970), Ubick y Roth (1973 a,b), Platnick (1974, 1976, 1977), Reiskind (1974), Bowling y Sauer (1975), Platnick y Lau (1975), Roth y Brown (1975), Blandin (1977), Brignoli (1972, 1974, 1977), Wallace y Exline (1978), Alayón (1981), Richman y Cutler (1988), Okuma (1992), Schmidt y Klaas (1993), Schmidt y Krause (1994), Smith (1993, 1995), Struchen *et al.* (1996), Tesmoingt (1996),

Schmidt (1997) y Tesmoingt *et al.* (1997 a,b). Es importante mencionar también, la destacada contribución de Gertsch (1958, 1971, 1973, 1977, 1979, 1984), quien junto con otros colaboradores (Gertsch & Davis, 1937, 1940 a,b, 1942, 1946; Gertsch & Ennik, 1983), han descrito varias especies nuevas para México y Levi (1953 a,b, 1955 a,b,c, 1957 a,b,c, 1959, 1970, 1971, 1973, 1975 a,b, 1976, 1977 a,b, 1978, 1980, 1981, 1983, 1991, 1999; Levi & Randolph, 1975), quien ha hecho revisiones de numerosos géneros de las familias Araneidae y Theridiidae, además de describir gran cantidad de especies.

Respecto a los investigadores mexicanos, Hoffmann (1976) realizó la primera relación bibliográfica de las especies de arañas conocidas hasta entonces. Jiménez, realizó descripciones de diferentes géneros y especies encontrados en México (1983, 1986a,b,c, 1988a,b, 1992; Jiménez & Dondale, 1988); en 1991 aportó listados de nuevos registros y descripciones de arañas de Baja California e Islas de Revillagigedo, en 1996 actualizó la información del orden en nuestro país y en 2002 colaboró con Llinas en una revisión de las anomalías oculares en algunos géneros de arañas (Jiménez & Llinas, 2002). En 1992 Álvarez del Toro publicó un libro donde aborda aspectos biológicos y de comportamiento de las arañas del estado de Chiapas. Ibarra-Núñez (2001) junto con otros colaboradores (Ibarra-Núñez & García, 1998; Ibarra-Núñez *et al.*, 1995, 1996, 1997a,b, 2001), realizó trabajos ecológicos en los que abordó la diversidad, comportamiento de comunidades y depredación en diferentes familias de arañas.

Las Tesis de Licenciatura y Posgrado desarrolladas en diversas universidades nacionales, han sido también, una importante contribución al conocimiento realizado por mexicanos acerca de las arañas del país. En particular, dentro de la UNAM podemos mencionar los siguientes trabajos: Ibarra-Núñez (1979), quien estudió las arañas Labidognatha del Pedregal de San Ángel. Jiménez (1980) llevó a cabo un estudio sobre las arañas Lycosidae y en 1989 hizo una revisión de las arañas Araneomorphae en una localidad del Estado de México. Torres (1987) trabajó con las arañas de Tacámbaro, Michoacán. Sánchez (1994) trató en su Tesis de licenciatura a las arañas cavernícolas de México. Yáñez y Loch (1997) trabajaron con las Mygalomorphae en México y el mundo. Posteriormente Yáñez (1999) revisó la taxonomía y biología de *Brachypelma Klassi*. En 1999 Gaviño investigó la aracnofauna en Veracruz. Álvarez (1999) se dedicó a la familia Araneidae en Jalisco, estado en el que también trabajaron Castelo (2000) con la Familia Salticidae y Durán (2000) con la Familia Theridiidae. Nieto (2000) realizó un inventario de arañas en algunas localidades de Puebla y Morelos. Correa (2001) comparó las arañas en diferentes ambientes de localidades en Puebla y Morelos. Medina (2002) estudió la distribución

temporal en una localidad del Estado de México. En 2004 Olgúin hizo un catálogo de las arañas Lycosidae de la Colección Nacional de Arácnidos.

El estudio de las arañas en nuestro país va en aumento; sin embargo, el desarrollo de esta disciplina se inició recientemente y por ello la investigación en esta área se enfrenta a diversos problemas, como el escaso material bibliográfico o el difícil acceso a éste. Además no existe ninguna sociedad aracnológica en nuestro país y es la Sociedad Mexicana de Entomología la única que reconoce esta línea de investigación en México, esto se debe a que son escasos los investigadores que se dedican profesionalmente al estudio de las arañas, debido a que el tipo de investigación no es rentable para la mayoría de los centros de estudio del país (Jiménez, 1996).

## **B. LAS ARAÑAS EN LA BIOESPELEOLOGÍA MEXICANA**

El término Bioespeleología proviene de las raíces griegas “speleo” antro o caverna, “logos” estudio o tratado y “bios” vida. Se usa para designar a la rama de la Biología que se dedica al estudio de la vida en las cavernas, así como a las interacciones entre las poblaciones cavernícolas y su medio (Fuentes, 2002).

En México el interés por las cuevas y cavernas se ha dado desde antes de la Conquista, pues las diferentes culturas que se desarrollaron en nuestro territorio encontraban en ellas el entorno propicio para expresar su conciencia religiosa y satisfacer sus necesidades económicas (Montero, 1999).

Las cuevas de México son de particular interés biológico, pues en ellas encontramos una de las faunas más ricas y diversas del mundo (Hoffmann *et al.*, 1986), debido a que la influencia de las dos zonas biogeográficas (Neártica y Neotropical) que convergen en el territorio, hacen de México uno de los países con mayor biodiversidad no sólo de organismos epigeos sino también subterráneos (Palacios-Vargas & Morales-Malacara, 1983).

Aún cuando son varios los investigadores que se han interesado por estudiar y dar a conocer aspectos biológicos de la fauna cavernícola, los trabajos importantes referentes a las arañas de estos ambientes son escasos y comenzaron principalmente en la segunda mitad del siglo pasado.

El primer estudio bioespeleológico en México fue realizado en las Grutas de Cacahuamilpa por el investigador Bilimek (1867), quien colectó y describió los primeros organismos cavernícolas de México entre los cuales figuran algunas arañas. Posteriormente el reconocido biólogo Herrera (1891) complementó el estudio de Bilimek y señaló la presencia de dos nuevas especies de arañas: *Pholcus cacahuamilpensis* y *Drassus cacahuamilpensis*, de las cuales, desgraciadamente no hizo una descripción útil. Packard (1888), Pearse (1936), Chamberlin e Ivie (1938) también realizaron estudios con la fauna cavernícola, en la que incluyeron menciones sobre arañas.

Bolívar (1940) y Bonet (1953, 1971) dieron un enorme empuje a la bioespeleología mexicana al trabajar intensamente con la fauna cavernícola, en particular con algunos grupos de artrópodos. Ambos investigadores llevaron a cabo interesantes colectas de arañas, que posteriormente fueron trabajadas por aracnólogos de diferentes países.

Otro importante investigador es Reddell (1965, 1966, 1967a,b,c, 1971, 1981, 1982), quien se ha esforzado por recopilar los registros de las especies que se han encontrado en las cuevas de México, además de tratar la clasificación y las adaptaciones al ambiente subterráneo de dichos organismos. En su obra encontramos por supuesto, un apartado dedicado a las arañas de cuevas mexicanas. James Reddell es además, uno de los principales editores de las publicaciones de la Asociación para el Estudio de las Cuevas Mexicanas (Association for Mexican Cave Studies), la cual es una de las organizaciones más importantes que se ha encargado de explorar un gran número de cuevas mexicanas y coleccionar diferentes artrópodos cavernícolas que son enviados a los distintos especialistas para su determinación y estudio.

Brignoli (1972, 1974, 1977) fue uno de los aracnólogos que hizo trabajos específicos sobre arañas cavernícolas de México, en los que trató a varios grupos de manera general y mencionó nuevos registros para el país. Por otra parte, Gertsch no sólo fue un importante impulsor de la aracnología mundial por sus diversas notas y descripciones de numerosas familias, géneros y especies de arañas (1958, 1984,) sino que también hizo importantes colaboraciones a la bioespeleología de México con sus múltiples trabajos sobre algunos grupos de arañas en cuevas del país (1971, 1973, 1977).

Por parte de los investigadores mexicanos, destaca la obra de Hoffmann, Palacios-Vargas y Morales-Malacara, quienes en 1986 publicaron el Manual de Bioespeleología, como resultado de las Biologías de Campo que la Facultad de Ciencias de la UNAM, realizó en cuevas de Morelos y Guerrero.

Existen también algunas Tesis de Licenciatura hechas en la Facultad de Ciencias de la UNAM que abordan el trabajo con arañas cavernícolas, tal es el caso de Guerrero (1992) quien además estudió a otros grupos de arácnidos subterráneos y Sánchez (1994) quien trató la ecología de las especies de arañas encontradas en cuevas de Morelos, Veracruz, Querétaro y Guerrero.

### **C. LA CUEVA DE LAS SARDINAS, TABASCO, MÉXICO**

Desde hace algunas décadas, la cueva de Las Sardinias ha despertado el interés de especialistas de diversas disciplinas, pues aún cuando esta cavidad era conocida y utilizada para realizar rituales hace varios siglos por indígenas Zoques de la región, no es hasta 1962 cuando los biólogos Gordon y Rosen hicieron y publicaron la primera investigación científica, en la que registraron diversas especies de animales dentro de la cueva, haciendo énfasis en las grandes poblaciones de peces que aquí se encuentran.

Redell en 1981 publicó un trabajo en el que condensó los resultados de numerosas investigaciones sobre la fauna cavernícola mexicana, en su publicación refiere datos de fauna perteneciente a la cueva de Las Sardinias, entre los que se encuentran arañas de los géneros *Tetragnatha* y *Maymena*.

Durante 1987 se hizo un primer reconocimiento espeleológico de la cueva por parte de Pisarowicz, quien dio especial atención a las formaciones de estalactitas, que más tarde serían reconocidas como estructuras formadas por acción biológica a las que se llamó esnotitas y que hoy en día son la principal atracción científica de esta cueva, pues su presencia no es común y en este caso, las bacterias quimioautotrófas que las producen, tienen un importante papel en la espeleogenesis y biología del lugar.

En 1988 Pisarowicz y su equipo realizaron un nuevo reconocimiento de la cueva de Las Sardinias que dio como resultado un mapa y los primeros registros de toxicidad del ambiente por causa de hidrógeno sulfurado ( $H_2S$ ) presente en el interior de la cueva (Pisarowicz, 1988a,b). Pisarowicz en 1991, publicó un trabajo en el que describió de manera general la cueva y en 1994 salió a la luz su investigación sobre los niveles de hidrógeno sulfurado en la atmósfera y el análisis de isótopos de azufre en muestras de azufre elemental y yeso.

Dos años más tarde, se publicó un trabajo que aborda la naturaleza de la red alimenticia en la cueva; utilizando el contenido estomacal de muestras de peces, se encontró que las bacterias quimioautotróficas son una importante fuente de energía interna en este ecosistema (Langecker *et al.*, 1996). Posteriormente, Hose y Pizarowicz (1997 a,b) publicaron su investigación acerca de la naturaleza de las esnotitas y aspectos abióticos de la cueva.

En 1998 Gamboa y Kú publicaron una descripción de la cueva de Las Sardinias en la que incluyeron datos geológicos, morfológicos, biológicos, un listado florístico del exterior y el primer mapa realizado por espeleólogos mexicanos. También en ese año Palmer y Palmer (1998) realizaron investigaciones geológicas y químicas; mientras que Lavoie y su equipo (Lavoie *et al.*, 1998) se enfocaron en el aspecto biológico haciendo un reporte preliminar de las especies dentro de la cueva. Ese mismo año, Pain (1998) dio a conocer la cueva en un artículo de divulgación científica en el que describió de manera general la importancia cultural y científica de la misma, haciendo énfasis en la peligrosidad del tipo de atmósfera en el lugar.

En el año de 1999, Hose y Pizarowicz publicaron un extenso estudio de reconocimiento de la cueva de Las Sardinias y de su ecosistema, un año más tarde Hose y colaboradores (2000) dieron a conocer un estudio de microbiología y geoquímica de este lugar.

Las investigaciones más recientes corren a cargo de miembros del Laboratorio de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias en la UNAM, quienes han dado a conocer diversos aspectos de la cueva a través de ponencias y publicaciones: Mejía-Ortíz y Palacios-Vargas (2001) estudiaron la estigofauna de esta cavidad. Estrada e Iglesias (2003) realizaron un trabajo sobre la biodiversidad de ácaros oribátidos en la cueva. Castaño-Meneses (2003) abordó el papel de las hormigas dentro de Las Sardinias. Palacios-Vargas y Estrada (2003) hicieron una comparación de colémbolos en el interior y el exterior de la cueva. Estrada (2005) analizó la diversidad de microartrópodos y su papel en las cadenas tróficas. Estrada y Mejía-Recamier (2005) estudiaron los ácaros cunáxidos que habitan la cueva. Actualmente, en el Laboratorio de Microartrópodos se desarrollan tesis que tratan aspectos biológicos de la Cueva de Las Sardinias, una de ellas es el presente trabajo.

## D. ARAÑAS

### Diversidad

El *Phylum* Arthropoda comprende el mayor número de especies conocidas y de acuerdo con los cálculos de algunos autores, representa el 85% del total de la fauna mundial y el 75% de toda la diversidad de especies (Kim, 1993). Perteneciente a este Phylum, la Clase Arachnida muestra también una gran diversidad, sobre todo en el grupo de las arañas (Orden Araneae), las cuales ocupan el séptimo lugar, comparadas con los cinco grandes órdenes de insectos (Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera, Hemiptera) y los ácaros (Coddington & Levi, 1991).

Actualmente existen 39,112 especies de arañas descritas, agrupadas dentro de 3,618 géneros y 110 familias (Platnick, 2005), pero hay que tomar en cuenta que, la araneofauna del mundo no está completamente estudiada, por lo que no se puede dar un cálculo exacto del número real de especies (Jiménez, 1996). Latinoamérica y la región del Pacífico tal vez sean las áreas del mundo más escasamente conocidas (Coddington & Levi, 1991).

En México se han descrito 2,506 especies de arañas, agrupadas en 413 géneros pertenecientes a 62 familias, lo cual corresponde a un 7.23% del valor total mundial. De este total, aproximadamente una familia, diez géneros y 1,759 especies se citan sólo de México, considerándose únicamente nueve especies de distribución mundial (Jiménez, 1996).

Las familias mejor representadas en nuestro país son: Araneidae, Salticidae, Theridiidae, Gnaphosidae, Linyphiidae, Pholcidae, y Thomisidae. Los géneros con mayor número de especies descritos en México son *Araneus*, *Theridion*, *Pardosa*, *Habronattus*, *Loxosceles*, *Eperigone*, *Lycosa*, *Dictyna* (*sensu lato*) y *Drassyllus* (Jiménez, 1996).

Los géneros que se encuentran únicamente en México son *Wanops*, *Spelopelma*, *Lauricius*, *Heterochemmis*, *Anicius*, *Tomis*, *Mexentypesa*, *Jalapyphantes*, *Homalonychus*, *Tarsonops* y *Parasynema*. Estos géneros están representados por un número pequeño de especies con poca distribución; tal es el caso del género *Spelopelma* que cuenta con siete especies localizadas solamente en cuevas (Jiménez, 1996).

## **Morfología**

El cuerpo de las arañas está constituido por dos regiones: a la anterior se le denomina prosoma y a la posterior opistosoma; ambas partes se unen por un estrecho pedicelo. El prosoma está cubierto por una placa dorsal llamada caparazón y una ventral denominada esternón, que sirven para sostener los cuatro pares de extremidades locomotoras, los pedipalpos y los quelíceros. En el prosoma se lleva a cabo la locomoción principal, la alimentación y se localiza el sistema nervioso. El opistosoma, al contrario del rígido prosoma, es suave y expandible, generalmente no está segmentado y en la parte posterior presenta las hileras o espineretas; en el opistosoma se lleva a cabo la digestión, circulación, respiración, excreción, reproducción y producción de seda (Foelix, 1992).

En la parte anterior del prosoma, se encuentran los ojos. La mayoría de las arañas tienen ocho, los cuales están arreglados en patrones específicos según las diferentes familias; generalmente se disponen en dos líneas transversas (en ocasiones en tres), por lo que es posible diferenciarlos con base en su posición en: ojos anterolaterales, ojos anteromedios, ojos posterolaterales y ojos posteromedios. El área comprendida entre los ojos anteriores y el borde del caparazón es llamada clípeo (Foelix, 1992).

En el área ventral del prosoma, hacia la parte anterior del esternón se observan las partes bucales de la araña: el labio, los enditos y los quelíceros. El labio, los enditos y el rostro rodean la abertura de la boca, formando una estructura llamada faringe, la cual, por medio de contracciones musculares actúa como una bomba que succiona el alimento líquido y separa el material sólido con ayuda de los dientecillos que poseen los enditos.

Los quelíceros están constituidos por una base robusta y un colmillo articulado y móvil que penetra a la presa e inyecta veneno a través de pequeñas aberturas distales. Los quelíceros pueden moverse de dos formas, de manera opuesta entre sí o paralelamente; en todos los casos están provistos de dientes cuticulares cuyo número es de interés taxonómico y sirven para someter a la presa, defenderse, sostenerse, escarbar en el suelo, transportar el ovisaco o la presa, sujetar a la hembra durante el apareamiento o producir sonidos en caso de poseer órganos estridulatorios.

El segundo par de apéndices son los pedipalpos, que presentan una estructura parecida a la de los apéndices locomotores excepto que carecen de metatarso. Los pedipalpos normalmente no se usan para

la locomoción, sino para la captura y manipulación de la presa. Las coxas de los pedipalpos se modifican para formar los enditos que presentan distintas modificaciones y sirven para cortar y filtrar el alimento. Las modificaciones más notables de los pedipalpos se dan en los adultos machos, que utilizan estos apéndices como órganos copulatorios secundarios altamente complejos y especializados.

Las siguientes estructuras en el prosoma, son los cuatro pares de apéndices locomotores. Cada uno de ellos presenta siete artejos: la coxa y el trocánter, que son artejos cortos, un fémur largo, la patela, la tibia, el metatarso y finalmente el tarso con dos o tres uñas. Normalmente las patas anteriores (1 y 2) son relativamente más largas y el primer par es usado para percibir los estímulos del ambiente, la capacidad sensorial de las patas se debe a que presentan gran variedad de estructuras sensoriales (sensilas, tricobotrias y otros) en los artejos distales.

Las uñas al final del tarso, generalmente están aserradas y en ocasiones se presenta un conjunto de sedas por debajo de ellas al cual se denomina cojinete; también puede presentarse la escópula, que es una estructura en forma de cepillo localizada en la parte ventral del tarso; ambas estructuras ayudan en la locomoción, pues facilitan la adherencia en superficies lisas o verticales y el paso entre los hilos de seda.

Superficialmente, el opistosoma no presenta ninguna estructura a excepción de las hileras que se observan en la parte posterior y varían en número y forma de acuerdo con cada familia. Dentro del opistosoma se encuentran el corazón, las arterias abdominales, los órganos excretores (túbulos de Malpigio), los órganos respiratorios (filotráqueas y tráqueas), órganos reproductivos (ovarios o testículos) y glándulas de seda que se conectan con las hileras a través de largos conductos.

Las arañas producen seda hasta por siete diferentes clases de glándulas y la seda está constituida principalmente por la proteína fibroína. La seda se produce en estado líquido y consigue el estado sólido cuando es secretada y manipulada por las hileras para que el contacto del aire ayude en la polimerización de las proteínas. La utilización y uso de la seda varía en los distintos tipos de arañas, ya que algunas dependen de ella para capturar a sus presas, otras la emplean para construir ovisacos o refugios temporales para ellas o su progenie, los machos la utilizan para secretar sobre ella el esperma y luego absorberlo con el pedipalpo, además de que constantemente secretan seda para mantener un contacto permanente con el sustrato.

## **Hábitat y dispersión**

Las arañas se distribuyen en todo el mundo, pues han conquistado la mayor parte de los hábitats existentes (Foelix, 1992), habitan desde las cuevas hasta los desiertos, pasando por los lagos, las viviendas, las copas de los árboles y debajo de las piedras; cada vez que ha sido necesario se han adaptado al medio modificando su fisiología y comportamiento; únicamente les falta por conquistar el ambiente marino (Masiac, 1996).

Las estrategias que las arañas utilizan para colonizar los ambientes son variadas, pueden viajar sobre animales mayores que ellas, en transportes del ser humano o en la mayoría de los casos, impulsadas por ráfagas de viento (Meglitsch, 1978), algunas especies pueden recorrer grandes distancias simplemente caminando y otras llegan a colonizar islas navegando sobre objetos flotantes en el mar (Gertsch, 1979).

Viajar aprovechando ráfagas de viento (aerostación), es una forma de dispersión muy efectiva, que en la mayoría de las especies, es utilizada por las arañas recién eclosionadas, así como por arañas adultas de dimensiones pequeñas. En ella, la araña trepa hasta el extremo de una rama u hoja de pasto y libera un hilo de seda; tan pronto como las corrientes de aire son suficientes para arrastrar el hilo, la araña se suelta de la planta y es arrastrada lejos (Ruppert & Barnes, 1996). Esta actividad permite a las arañas recorrer distancias de más de 330 kilómetros, pues dependiendo del peso de la araña y la naturaleza de la ráfaga de aire, el organismo puede flotar a alturas de 6 a 1,650 m (aunque hay registros de arañas en muestras tomadas a 3,300 m) (Gertsch, 1979).

Con tan amplias posibilidades para dispersarse, las arañas pueden fácilmente encontrar el hábitat que les permita sobrevivir para crecer y reproducirse. Los factores que determinan el que las arañas se establezcan o no en un lugar varían de acuerdo con la especie, pues cada una tiene diferente capacidad de adaptación al medio. En general, los factores determinantes son los recursos, tales como la disponibilidad de presas o la protección que ofrece el ambiente; las interacciones que existan con otros organismos como la competencia o la depredación y las condiciones microclimáticas como la exposición al viento, la humedad, la temperatura, la intensidad de luz y la radiación solar (Martínez, 2002).

Las cuevas son como cualquier otro hábitat, susceptibles de ser colonizadas y al ser lugares hasta cierto punto aislados, experimentan el arribo de nuevas especies animales (Cano & Martínez, 1999). Para

muchos tipos de arañas, las cuevas son un hábitat que provee una variedad de condiciones atractivas (Gertsch, 1971); son lugares donde abundan otros artrópodos que pueden servir de alimento (Sánchez, 1994; Wilkens, 1971) y ofrecen protección de posibles depredadores y de cambios extremos en las condiciones climáticas, pues el clima del interior de las cuevas es mucho menos variable que el que impera en el exterior (Hoffmann *et al.*, 1986), de manera que es común que algunas arañas tomen este hábitat como refugio temporal y algunas otras vivan en él de manera permanente (Gertsch, 1971).

## **Hábitos**

El papel que desempeñan las arañas en el ecosistema es el de depredadoras. Se alimentan de cualquier animal vivo que puedan manipular, por lo que atacan principalmente a los insectos, aunque pueden comer otros artrópodos (incluyendo otras arañas) y en algunos casos vertebrados pequeños. Ocasionalmente pueden alimentarse de presas muertas que encuentran durante la caza y otras pueden ingerir granos de polen, pero éstos son hábitos poco comunes y por tanto se les considera carnívoras estrictas (Wise, 1993).

Ecológicamente, las arañas pueden ser divididas en dos grupos: las errantes y las tejedoras sedentarias. Todas pueden producir seda, pero sólo las tejedoras sedentarias la utilizan para construir redes, las cuales varían en cuanto a composición química y forma dependiendo la especie (Foelix, 1992).

Las arañas han desarrollado diversas estrategias para atrapar a sus presas: las errantes pasan desapercibidas mediante camuflajes y esperan el paso de algún organismo, o bien van en busca de la presa inspeccionando el área; las tejedoras, elaboran redes con partes adhesivas en donde pueden quedar atrapados los insectos, o con hilos muy finos que “avisan” a la araña de la proximidad de una presa; también utilizan la tela para inmovilizar a la presa, para envolverla y mantenerla durante más tiempo en buen estado (Masiac, 1996).

Este tipo de arácnidos puede tener quelíceros dentados con los que maceran a sus presas, lo que ayuda a la digestión de los tejidos por las enzimas vertidas por la boca; en estos casos, los restos indigeribles de la presa son desechados. Las arañas con quelíceros sin dientes no maceran el alimento, introducen las enzimas a través de un orificio que tiene el quelíceros en su parte final y luego succionan los tejidos digeridos. La mayor parte de las arañas tienen tasas metabólicas relativamente bajas, lo que constituye una forma de adaptación a la depredación y para protegerse de la falta de alimento, pudiendo pasar

largos periodos de ayuno, además pueden duplicar el peso de su cuerpo en una sola comida (Ruppert & Barnes, 1996).

En cuanto a hábitos reproductivos, éstos comienzan cuando el macho teje una pequeña telaraña espermática o un hilo de seda, con glándulas de seda especiales para este propósito. Sobre dicha estructura eyacula un glóbulo de semen, en el que posteriormente sumerge los pedipalpos para llenar los reservorios que éstos poseen. Ya con los pedipalpos llenos, el macho busca a la hembra. Una vez en contacto tiene lugar el cortejo, que puede consistir en movimientos definidos en los hilos de la telaraña, estridulación, movimientos corporales en especies de vista bien desarrollada, etc. El cortejo tiene la finalidad de que la hembra detecte al macho como pareja y no como presa. Durante el apareamiento, el macho introduce el ápice del pedipalpo en el epiginio de la hembra e inyecta el esperma, que se deposita en unas estructuras reservorias, de manera que la fecundación se retrasa hasta el momento de la puesta de los huevos. El número de huevos varía según la especie, desde unos cuantos hasta unos 3,000 y se depositan en estructuras hechas de seda que también son muy variadas en cuanto a forma. La hembra puede abandonar los huevos, o sujetarlos a la telaraña, a las hileras o a los quelíceros y permanecer con sus crías un tiempo después de la eclosión. Las arañas eclosionan dentro del capullo construido por la madre, permaneciendo ahí hasta la primera muda, después de la cual salen y se dispersan mediante la aerostación (Ruppert & Barnes, 1996).

Aunque la mayoría son solitarias, es posible encontrar agregaciones de arañas, pero esto sólo se da cuando tienden a ser atraídas hacia determinadas partes del ambiente, de modo que los individuos se encuentran más juntos entre sí (Begon *et al.*, 1999). Sólo en unas pocas especies se observa un cierto grado de organización social, en estos casos las arañas comparten una telaraña y cooperan en la captura de las presas (Ruppert & Barnes, 1996).

La longevidad de las arañas varía según la especie; en las zonas templadas la mayoría de las especies viven sólo un año, aunque algunas completan su ciclo de vida en dos o tres estaciones; existen especies que viven dos o tres años, y se han registrado migalas que en condiciones de laboratorio llegan a vivir más de veinte. Hay además una diferencia en la longevidad de machos y hembras de la misma especie, invariablemente la hembra tiene un ciclo de vida de mayor duración (Gertsch, 1979).

## Importancia

Las arañas son importantes ecológicamente no sólo por su gran diversidad, abundancia y capacidad de dispersión, sino también porque son de los depredadores más abundantes en cualquier comunidad terrestre (Jiménez, 1996). Al ser depredadores, estabilizan las poblaciones de artrópodos y por lo tanto influyen en los ecosistemas que habitan (Turnbull, 1973; Jiménez, 1996).

El profundo efecto que las arañas tienen sobre las cadenas tróficas, es evidente cuando en un hábitat se mantiene de manera constante una alta densidad de estos arácnidos; al limitar la actividad de los organismos herbívoros (principalmente insectos), se afecta positivamente el primer eslabón de la cadena alimenticia (organismos autótrofos). De manera que, la actividad de las arañas puede propagarse en los niveles inferiores de la red alimenticia, de manera directa o indirecta (Carter & Rypstra, 1995; Chase, 1996; Schmitz *et al.*, 1997; Marc *et al.*, 1999; Martínez, 2002).

En las cuevas, el papel ecológico de las arañas es evidente, porque de todos los phyla que habitan en las cavernas, el de los artrópodos es uno de los que cuentan con más representantes, de manera que la actividad de las arañas las coloca en una posición de depredadores dominantes en las redes alimenticias hipogeas (Wilkins, 1971; Sánchez, 1994; Doran *et al.*, 1999).

De su papel ecológico, se deriva la importancia económica que las arañas tienen para el hombre y es que al ser depredadoras, pueden actuar como controladoras de plagas de insectos en cultivos agrícolas, lo que permite reducir el uso de pesticidas y los costos de los cultivos (Mansour *et al.*, 1983; Ibarra-Núñez & López, 1993; Martínez, 2002). También pueden ser útiles como agentes de control biológico, pero ésta es una posibilidad que aún se está evaluando (Rodríguez & Contreras, 1983; Ibarra-Núñez & López, 1993; Martínez, 2002).

En el área médica, la importancia de las arañas radica en la toxicidad de su veneno. En el mundo existen 38 géneros de arañas verdaderamente tóxicas para el hombre, 28 de ellos se encuentran en nuestro país, incluyendo los géneros *Latrodectus* y *Loxosceles*, que tienen una amplia distribución y causan lesiones serias e incluso la muerte, por lo que son objeto de numerosas investigaciones que se enfocan en los síntomas que causa su veneno y los tratamientos para contrarrestarlos (Jiménez, 1996).

## E. CUEVAS

### Características físicas del ambiente cavernícola

La falta de luz es una característica fundamental que separa a las cuevas de los demás medios biológicos de la superficie terrestre (Hoffmann *et al.*, 1986). Otra de las características es que dentro de las cuevas, el clima es mucho menos variable comparado con el de la superficie externa; aún así, está compuesto de un mosaico de microhábitats donde cada uno tiene peculiaridades propias (Wigley & Brown, 1976; Sánchez 1994).

En muchos casos, el promedio de temperatura en una cavidad es igual al promedio anual de la temperatura de la zona del exterior (Wigley & Brown, 1976; Sánchez 1994); sin embargo, en ocasiones, la acción refrigerante del aire puede imponer una temperatura inferior a la media exterior o puede haber diferencias debidas a la forma, orientación y comunicación de la cavidad o a la temperatura del agua que se filtra (Núñez *et al.*, 1988).

La atmósfera de los medios cavernícolas es muy húmeda, sin importar la latitud o altitud. La humedad relativa cuando baja, es de un 80%, pero generalmente varía entre 95 y 100%. Los índices de evaporación generalmente son bajos, pero el aire no está siempre inmóvil. Pueden existir corrientes de aire y aún fuertes vientos a grandes distancias de la entrada (Hoffmann *et al.*, 1986), activados por gradientes de presiones motrices; estos gradientes pueden ser provocados por las caídas de agua, la acción del viento sobre las fisuras del lapiás; la diferencia de densidad entre dos columnas de aire y las variaciones de presión atmosférica (Núñez *et al.*, 1988).

En cuanto a la composición química del aire, en una gruta bien ventilada el aire interno es el mismo que el del exterior, mientras que en los recintos donde circula lentamente, difiere del aire que circula en la superficie, porque posee un porcentaje más grande de gas carbónico que produce la actividad biológica del suelo superficial, la respiración y las fermentaciones húmicas. Los arroyos o ríos y estanques, que se alimentan por filtraciones de agua, se caracterizan por un elevado pH, alta concentración de carbonatos disueltos, baja concentración de materia orgánica de utilidad alimenticia y fauna escasa (Hoffmann *et al.*, 1986).

Dentro del ambiente cavernícola, se pueden distinguir tres zonas (Hoffmann *et al.*, 1986):

- 1) Zona de penumbra: Se ubica cerca de la entrada y presenta la mayor abundancia y diversidad de organismos, los cuales, son muy similares a los del exterior.
- 2) Zona media: Presenta completa oscuridad, temperatura variable y con especies que también pueden estar en la superficie externa.
- 3) Zona profunda: Presenta completa oscuridad, temperatura más o menos constante y fauna especial debido a las adaptaciones que puede desarrollar.

### **Características biológicas del ambiente cavernícola.**

Las cuevas pueden ser concebidas como un tipo especial de ecosistema, el cual mantiene intercambio de materia y energía con ecosistemas exteriores. La particularidad en este tipo de ecosistema es que las fuentes de energía que lo sostienen, son generalmente de origen externo (alóctonas), éste es el caso de la materia orgánica acarreada por el agua, las raíces de plantas y los materiales introducidos por animales como los murciélagos, algunas aves, roedores y artrópodos (Cano & Martínez, 1999).

Las fuentes de energía interna (autóctonas) son escasas en este ecosistema; no puede darse la fotosíntesis (que es la fuente de energía interna más común de los sistemas epigeos) debido a la ausencia de luz solar (Cano & Martínez, 1999); sin embargo, sí puede darse el establecimiento de colonias de bacterias quimioautotrófas que son capaces de captar la energía de compuestos inorgánicos como el sulfuro de hidrógeno. La presencia de este tipo de bacterias en las cuevas se da muy pocas veces, pero puede llegar a ser la principal fuente de energía que sostiene al ecosistema (Lascu *et al.*, 1994; Hose *et al.*, 2000).

Respecto a los organismos que forman parte del ecosistema subterráneo, éstos no se encuentran distribuidos de manera uniforme, sino concentrados en ciertas regiones de la cueva dependiendo de los requerimientos y capacidad de adaptación de cada especie; de manera que, dentro de la cueva se pueden observar varios biotopos (lugares que albergan una población de organismos) y biocenosis (interacciones entre los organismos que alberga el biotopo) que la mayoría de las veces resulta difícil separar de manera precisa por su complejidad (morfología variada de las galerías y distribución

heterogénea del alimento en el caso de los biotopos; complejidad de las interacciones entre los componentes de las comunidades en el caso de las biocenosis) (Núñez *et al.*, 1988). De acuerdo con Ginet y Decou (1977), existen cinco biocenosis terrestres subterráneas establecidas en biotopos particulares: a) la asociación parietal, b) asociación de los suelos de la entrada, c) asociación de los depósitos de las simas, d) asociación de techos estalagmíticos, fisuras y repisas en la parte profunda y e) guano.

### **Los organismos cavernícolas**

Se han realizado numerosos estudios para proponer una clasificación de los organismos que se encuentran en las cuevas. De estas propuestas, la más utilizada ha sido la de Schiner (1854) modificada por Racovitza (1907), la cual clasifica a los organismos en tres categorías de acuerdo con el grado de relación que tengan con las cavidades (Howarth, 1983; Hoffmann *et al.*, 1986):

- 1) Troglobios: (del griego “troglos”, cuevas y “bios”, vida) Son los organismos que están obligados a realizar su ciclo de vida en las cuevas debido a las adaptaciones que presentan para este tipo de hábitat. Dichos organismos son incapaces de sobrevivir en un ambiente epigeo.
- 2) Troglófilos: (del griego “troglos”, cuevas y “filos”, amigos) Se refiere a las especies que pueden vivir y reproducirse dentro de las cuevas, pero que también se pueden encontrar en microhábitats superficiales con oscuridad y humedad similares a las subterráneas.
- 3) Troglóxenos: (del griego “troglos”, cuevas y “xenos”, extraños) Son aquellos organismos encontrados accidentalmente dentro de las cuevas, ya sea que pasen regularmente una parte de su existencia en el interior de las mismas o no. Las especies troglóxenas no presentan ninguna adaptación a la vida cavernícola.

Las respuestas que las especies, sobre todo las troglobias, manifiestan para adaptarse al ambiente cavernícola son muy diferentes. No se encuentran respuestas generales, pero sí una tendencia (convergencia) de algunos caracteres. Algunas tendencias no son exclusivas de este medio, pero se encuentran más frecuentemente aquí que en otros (Camacho, 1990; Sánchez, 1994). Las respuestas adaptativas pueden darse en la ecología, fisiología o morfología de la especie. Este último caso es el más evidente y por tanto el más utilizado por los bioespeleólogos; por ello Christiansen (1962), acuñó

varios términos para clasificar a los organismos con base en el nivel de adaptación morfológica que presenten:

- 1) Epigeomorfos: Organismos que no muestran cambios morfológicos con respecto a la vida cavernícola, aunque pueden aprovechar este hábitat para vivir y reproducirse. Se les considera animales de la superficie, aunque pueden estar limitados a las grutas por fenómenos geográficos o competencias locales.
- 2) Ambimorfos: Son formas que muestran algunas adaptaciones a la vida cavernícola, pero conservan la mayor parte de las características de sus parientes epigeos.
- 3) Troglomorfos: Son los animales en los que la mayor parte del cuerpo está modificado para la vida cavernícola y son completamente diferentes a las especies que se pueden encontrar fuera de las cuevas. La mayoría de las especies troglomorfas están limitadas a las cuevas, es decir, son troglobios.

Entre las adaptaciones morfológicas de los organismos cavernícolas encontramos la reducción o ausencia de ojos y la despigmentación tegumentaria que se relacionan con la falta de luz del medio, un mayor tamaño corporal, cuerpos delgados con apéndices más largos y el desarrollo de órganos sensoriales que compensan la falta de ojos y facilitan la movilidad en un ambiente oscuro, la reducción del sistema respiratorio y el adelgazamiento de la cutícula en los artrópodos como respuesta a la gran humedad del ambiente (Cano & Martínez, 1999).

En las arañas cavernícolas se han estudiado muchas de las adaptaciones morfológicas. En las especies *Porrhomma moravicum* y *P. pallidum* se hizo un amplio estudio sobre la regresión de los ojos (Sanocka, 1982); en algunas especies de Lycosidae que viven en los tubos de lava de Hawaii se investigó sobre la disfuncionalidad de los ojos, la pérdida de pigmentación, la permeabilidad y composición cuticular (Hadley *et al.*, 1981); en representantes cavernícolas de la familia Dysderidae se estudió la morfología del sistema respiratorio (Kuntner *et al.*, 1999) y en el género *Spelopelma* se investigó la carencia de ojos, el alargamiento de extremidades y la carencia del parche de sedas urticantes (Rojo-García, 2003).

### **III. OBJETIVOS**

#### **A. OBJETIVO GENERAL**

Contribuir al conocimiento de la araneofauna en la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México.

#### **B. OBJETIVOS PARTICULARES**

- 1) Determinar las especies de arañas (Orden Araneae) asociadas con la cueva de Las Sardinas.
- 2) Elaborar una clave taxonómica del Orden Araneae para la localidad de estudio.
- 3) Conocer la estructura y variación temporal de la comunidad de arañas dentro de la cueva de Las Sardinas.
- 4) Evaluar la distribución específica de arañas dentro de la cueva de Las Sardinas y su variación temporal.
- 5) Clasificar a las especies de arañas encontradas en la cueva en troglobias, troglófilas y troglóxenas.

## IV. ZONA DE ESTUDIO

La cueva de Las Sardinas, a la que también se le dan los nombres de Cueva del Azufre o de Villa Luz, se ubica dentro del Estado de Tabasco, en México (Fig. 1); en la región sur del municipio de Tacotalpa (Fig. 2), 2Km al sur del pueblo de Tapijulapa (17° 28' N, 52° 47' W) (INEGI, 1998) (Fig. 3).

Geológicamente la región pertenece a la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo Sur y se formó dentro de un pequeño macizo de caliza perteneciente al Cretácico Inferior (Pain, 1998; Hose *et al.*, 2000). Cuenta con depósitos secundarios que consisten en acumulaciones de calcita, travertino, cristales de selenita, azufre elemental y yeso (Hose *et al.*, 2000).

En general, toda la zona presenta un clima cálido húmedo con lluvias todo el año. En particular, para el poblado de Tapijulapa (poblado más cercano) se ha registrado una precipitación promedio de 3,551 mm. La temperatura promedio es de 26.4° C, siendo 25.8° C y 27.2° C los registros de los años más extremos (INEGI, 1998). La vegetación primaria circundante a la cueva es la selva alta perennifolia, pero ha sido modificada y existen varios cultivos en la zona (Gordon & Rosen, 1962).

La cueva de Las Sardinas se encuentra a 70 m sobre el nivel del mar, tiene una longitud de 1,897 m, una profundidad de 23 m y los pasajes explorados van desde los 25cm hasta los 15 metros de altura. La entrada principal a la cueva está acondicionada con unas escaleras de concreto construidas por las personas del lugar, quienes utilizan la cavidad para representar un ritual que los indígenas de la región realizaban en la época prehispánica (Hose *et al.*, 2000).

La cueva presenta en casi toda su longitud, una corriente de agua alimentada por una compleja red de pequeñas corrientes, que en algunas partes son transparentes y en otras toman un aspecto lechoso debido a los materiales que arrastra. El agua proviene de al menos 20 pequeñas resurgencias de agua localizadas en el piso de la cueva. Su temperatura varía entre los 22 y 24° C y entre los 28 y 30° C en las resurgencias. Su pH oscila entre 6 y 7. El agua es rica en azufre y presenta pequeñas concentraciones de cloro, sodio, potasio y calcio (Hose & Pisarowicz, 1999). La procedencia del agua no ha sido identificada de manera concluyente; podría venir de yacimientos de petróleo situados a aproximadamente 50Km al Noreste, o del volcán Chichón ubicado a unos 50Km al Suroeste y que



Figura 1. Ubicación del estado de Tabasco en México.

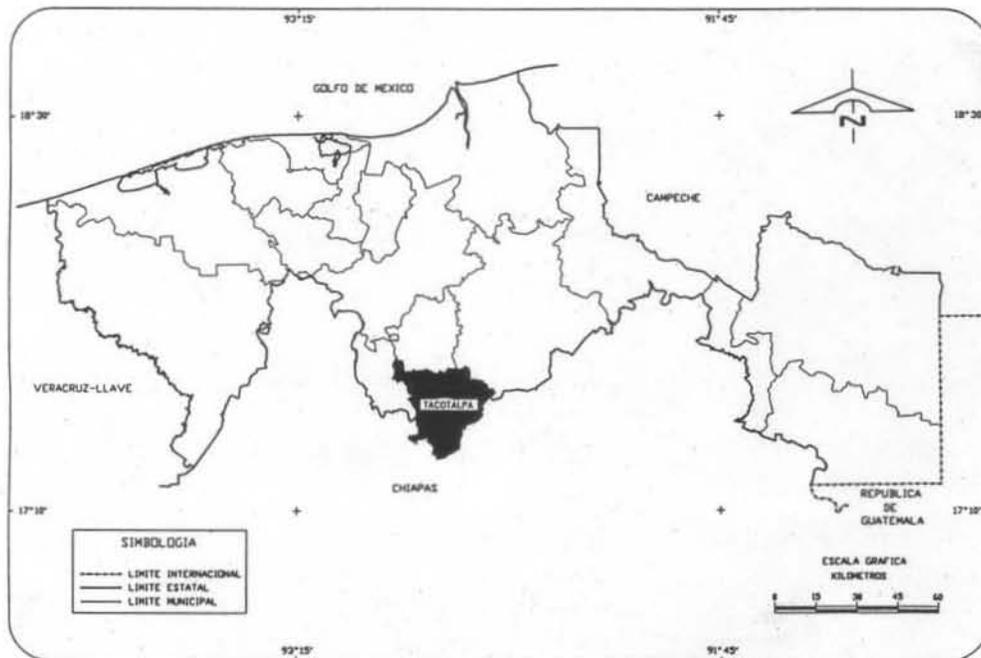


Figura 2. Ubicación del municipio de Tlacotalpa en el estado de Tabasco, México.



Figura 3. Ubicación de la cueva de Las Sardinas en el municipio de Tlacotalpa, Tabasco, México.

contiene en su caldera agua rica en azufre (Casadevall *et al.*, 1984; Taran *et al.*, 1998; Hose *et al.*, 2000).

El azufre disuelto en el agua forma hidrógeno sulfurado, un gas que escapa a la atmósfera y le da al ambiente el fuerte olor de este elemento. El hidrógeno sulfurado puede ser tóxico en altas concentraciones; sin embargo, en la mayor parte de la cueva las concentraciones no llegan a ser tóxicas para el hombre. Los valores más altos de este tipo de gas, se han registrado en los salones más aislados, mientras que las concentraciones más bajas se presentan donde se han formado claraboyas. Dentro de la cueva también existen corrientes de aire fresco (Hose & Pizarowicz, 1999).

En la cueva de Las Sardinias, las características químicas y la presencia de bacterias quimioautótrofas hacen posible un fenómeno de espeleogenesis (formación de la cavidad) conocido como solución reemplazada, en el cual el hidrógeno sulfurado puede mezclarse con el oxígeno del ambiente o ser oxidado por bacterias y producir azufre elemental y agua. Las bacterias pueden oxidar tanto el azufre como el mismo hidrógeno, produciendo sulfatos y ácido sulfúrico. Los sulfatos sirven como una fuente de energía que varios tipos de bacterias pueden aprovechar; el ácido sulfúrico puede combinarse con la calcita que conforma las paredes de la cueva y producir depósitos de yeso (característicos en algunas partes del piso, las paredes y el techo) y dióxido de carbono, un gas que al contacto con el agua forma ácido carbónico, otro importante agente corrosivo de la calcita que forma la cueva (Hose & Pizarowicz, 1999; Hose *et al.*, 2000).

Las reacciones que el azufre puede tener de manera espontánea, así como las que propicia el metabolismo de las bacterias, son una característica que distingue a la cueva de Las Sardinias en cuanto a su espeleogenesis, pues son muy pocos los casos en que este tipo de acción corrosiva se da hoy en día y puede ser comprobada directamente. Existen registros de espeleogenesis similares, aunque en la mayoría de los casos, el proceso se dio con anterioridad y se deduce indirectamente (Hose & Pizarowicz, 1999; Hose *et al.*, 2000).

Las bacterias que se han detectado en la cueva de Las Sardinias, pertenecen a los géneros *Thiobacillus*, *Acidimicrobium* y *Thiothrix*. Estos organismos además de participar en la espeleogenesis, tienen un importante papel ecológico, pues son bacterias quimioautótrofas, es decir, son capaces de obtener carbono a partir de una fuente no orgánica (dióxido de carbono atmosférico) utilizando la energía que

se desprende de sus reacciones oxidativas, de manera que constituyen un primer eslabón en la cadena alimenticia y una fuente de energía interna al ecosistema de la cueva (Hose *et al.*, 2000).

Como consecuencia, en la cueva de Villa Luz existen fuentes externas de energía comunes en otras cavidades, como son: la materia que arrastra la corriente de agua, la hojarasca o materia orgánica que entra por las claraboyas y el guano que introducen los murciélagos; además, se presenta una importante fuente de energía interna (de gran interés científico por ser el único caso en el continente), conformada por las colonias de bacterias quimioautótrofas antes mencionadas (Langecker *et al.*, 1996; Hose & Pizarowicz, 1999; Hose *et al.*, 2000).

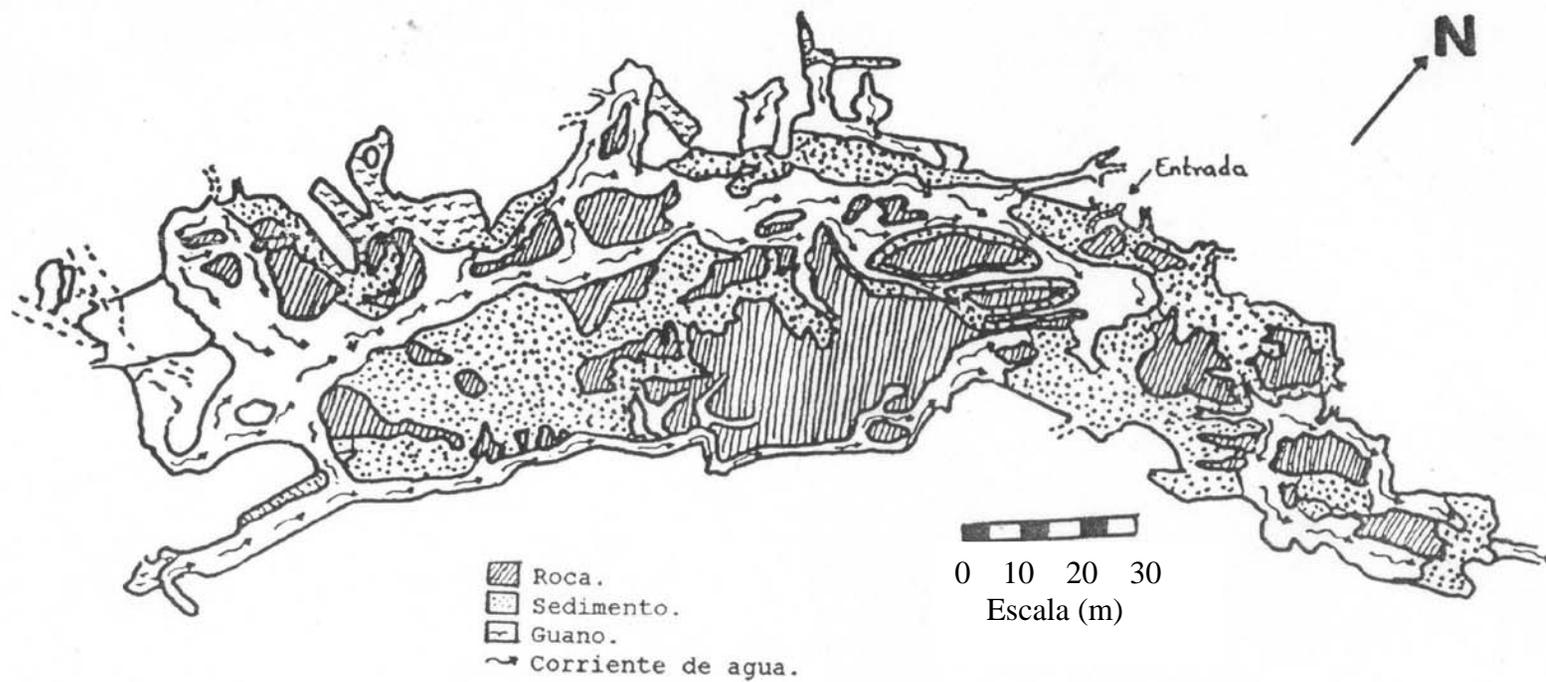


Figura 4. Mapa simplificado de la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México (modificado de Hose *et al.*, 2000)

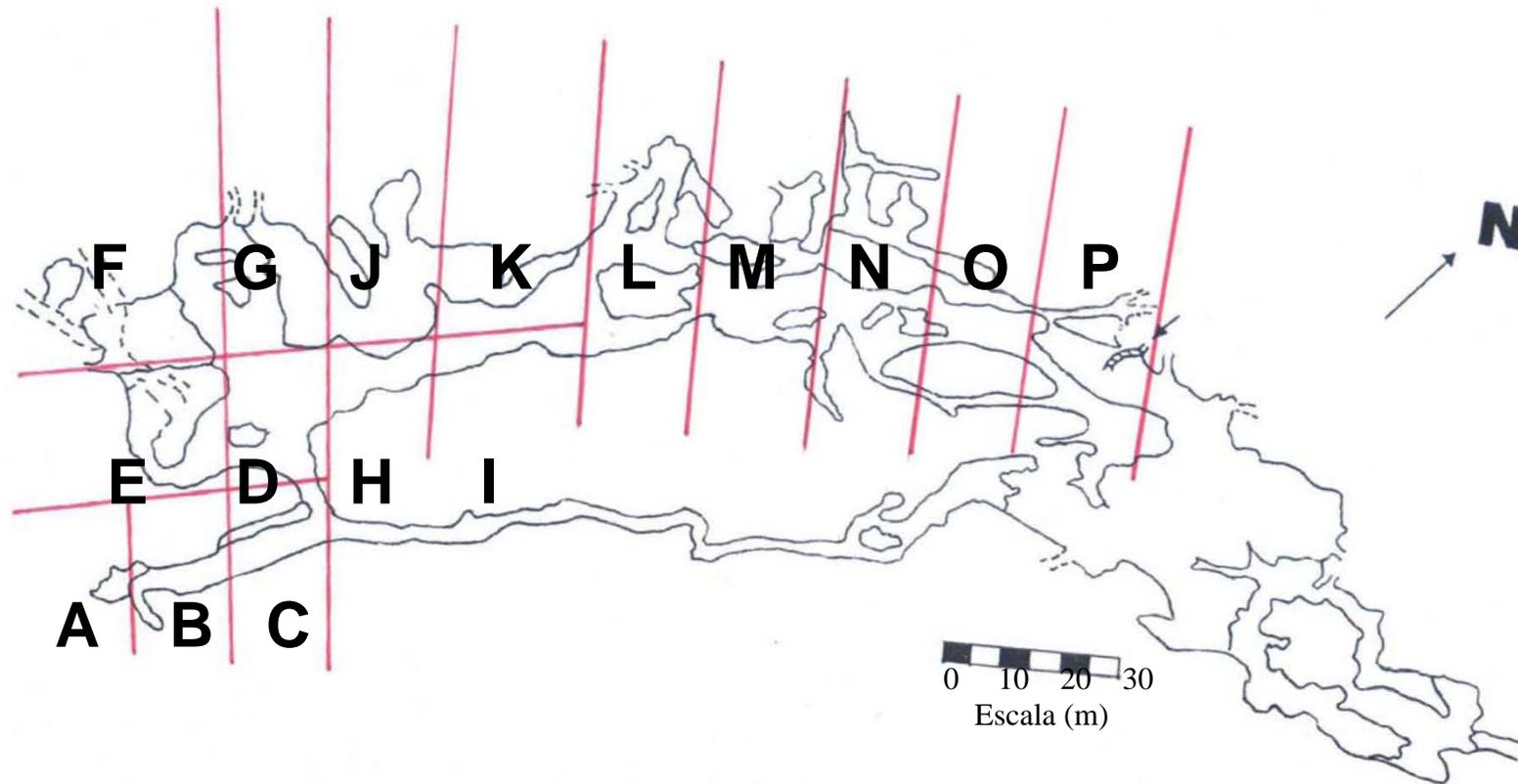


Figura 5. Subzonas establecidas para el muestreo de arañas en la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México (modificado de Hose *et al.*, 2000).

## V. METODOLOGÍA

### A. Trabajo en campo

Se hizo una exploración de reconocimiento, tal como se recomienda en los estudios espeleológicos de cualquier tipo (Núñez *et al.*, 1988). En la exploración se recorrió toda la cueva con el fin de valorar las posibilidades del estudio, la metodología a seguir y el material requerido. Cabe mencionar que para ésta y las siguientes visitas a la cueva se utilizaron lámparas sumergibles de baterías, casco, ropa de tela sintética, botas plásticas y mascarilla, todo ello parte del equipo básico requerido en exploraciones espeleológicas (Núñez *et al.*, 1988; Tuohy, 1998). La cueva de Las Sardinias es una cavidad ya cartografiada, de manera que se utilizó uno de los mapas publicados (Hose *et al.*, 2000) con algunas modificaciones (Fig. 4).

Para facilitar el trabajo en campo y procurar que la toma de muestras fuera homogénea a todo lo largo de la cueva, se establecieron subzonas de trabajo de acuerdo a las características geológicas de la cueva y las dificultades que éstas representaban para el trabajo biológico. Resultaron entonces 16 subzonas, de aproximadamente 25m de longitud (Fig. 5).

En función del presupuesto y el tiempo asignado a esta investigación, se realizaron cuatro visitas a la cueva de Las Sardinias, dos de ellas se hicieron en época de lluvias (Septiembre de 2001 y Septiembre de 2003) y dos en época de secas (Diciembre de 2001 y Marzo de 2002).

En cada visita se realizó una colecta manual no exhaustiva de arañas, para la cual, se colectó al organismo con ayuda de pinceles, pinzas o simplemente con la mano. Los organismos se depositaron separadamente en frascos de plástico con alcohol al 70%, en cada frasco se colocó una etiqueta con los datos de colecta (fecha, número de organismo colectado, lugar de colecta) (Kaston, 1978). Los datos completos de la colecta se registraron llenando un formato previamente realizado.

Durante los dos últimos muestreos, además de la colecta manual se realizó un conteo de organismos con cuadros; en dicho método se utilizó un cuadro de 20 centímetros, el cual se posicionó en tres lugares al azar de cada una de las subzonas de la cueva previamente establecidas. En cada posición del

cuadro se contabilizó el número de arañas presente, diferenciando entre posibles especies (Brower & Zar, 1984). Este método se aplicó durante las visitas de Marzo de 2002 y Septiembre de 2003, de manera que se analizó tanto la estación seca como la lluviosa para una posterior comparación.

Con el fin de obtener mayor información sobre las especies de arañas asociadas con la cueva de Las Sardinas, se realizó una colecta manual de organismos en la superficie, en ésta colecta se cubrió un área circular de aproximadamente 100m de radio, partiendo desde la entrada de la cueva, la colecta se hizo de manera exhaustiva durante dos horas, con la participación de 6 colectores.

## **B. Trabajo en laboratorio**

### **Determinación de muestras**

Al determinar los organismos colectados, se colocó a cada uno de ellos en una caja de petri con alcohol y arena fina, el cuerpo de la araña se enterró parcialmente en la arena y con un microscopio de disección se hizo una observación minuciosa. Los ejemplares se determinaron a nivel de familia y género, utilizando las publicaciones de Kaston (1978) y Roth (1993); para determinar las especies se consultaron claves especializadas.

Una vez determinados los organismos, se elaboró una clave taxonómica y se realizó una diagnosis de las familias, los géneros y las especies encontrados (excepto en los casos que no hubo una determinación a ese nivel). Para facilitar la clave y las diagnosis, se utilizaron las siguientes abreviaturas:

OA: Ojos Anteriores.  
OAL: Ojos Anterolaterales.  
OAM: Ojos Anteromedios.  
OL: Ojos Laterales.  
OM: Ojos Medios.  
OP: Ojos Posteriores.  
OPL: Ojos Posterolaterales.  
OPM: Ojos Posteromedios.

## Análisis de datos

Para afirmar que las especies encontradas en la cueva de Las Sardinias conformaban una muestra representativa, se elaboró una curva de acumulación de especies en la que se graficó el número acumulado de especies colectadas en los cuatro muestreos hechos, con respecto al número de muestra; la finalidad fue llegar a un aplanamiento en la curva para considerar suficientes los muestreos realizados (Ludwig & Reynolds, 1998; Moreno, 2001).

Con el fin de caracterizar la estructura de la comunidad de arañas, se calculó la riqueza, densidad y diversidad de especies en la cueva de Las Sardinias, tomando en cuenta los datos obtenidos de los conteos con cuadros realizados en los muestreos 3 y 4 (época de secas y lluvias respectivamente), pues dichos datos se consideran una muestra representativa de la población, que puede ser extrapolada. En cada muestreo, se realizaron de manera total y por zonas de la cueva (profunda, media y de penumbra) los siguientes cálculos (Krebs, 1989; Ludwig & Reynolds, 1988; Moreno, 2001):

- Riqueza específica (S) = Número de especies colectadas en cada muestreo.
- Densidad (D) = Número total de individuos por unidad de área.
- Densidad Relativa (DR) = Número de individuos de una especie, expresado como porcentaje del total de individuos.
- Índice de Diversidad de Simpson: 
$$\lambda = 1 - \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$
Donde  $n_i$  = número de individuos de cada especie y  $N$  = número total de individuos
- Índice de Diversidad de Shannon-Wiener: 
$$H' = - \sum p_i (\log p_i)$$
Donde  $p_i = n_i/n$
- Números de Hill:  
a) 
$$N1 = e^{H'}$$
  
b) 
$$N2 = 1/\lambda$$
- Índice de Equitatividad de Pielou: 
$$J = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{- \sum p_i (\log p_i)}{\log s}$$
Donde  $p_i = n_i/n$  y  $s$  = número de especies.
- Índice de Similitud de Sørensen: 
$$ISS = 2C/A+B$$
Donde  $A$  = número de especies de la localidad a,  $B$  = número de especies de la localidad b y  $C$  = número de especies que comparten estas dos localidades.

## VI. RESULTADOS

### A. ESPECIES DE ARAÑAS EN LA CUEVA DE LAS SARDINAS

Durante los cuatro muestreos realizados por medio de captura manual, se obtuvo un total de 168 muestras (con un individuo cada una); en los dos muestreos realizados con censos en cuadros se registraron 146 organismos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de los muestreos realizados en la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México.

<i>Muestreo</i>	<i>Fecha</i>	<i>Época del año</i>	<i>Número de muestras por colecta manual</i>	<i>No. de muestras por conteo con cuadros</i>
1°	Septiembre 2001	Lluvias	52	---
2°	Diciembre 2001	Secas	35	---
3°	Marzo 2002	Secas	51	68
4°	Septiembre 2003	Lluvias	30	78
Total			168	146

En total se determinaron 8 especies de arañas dentro de la cueva de Las Sardinas, cinco de las cuales se registraron a partir del primer muestreo (*Maymena mayana*, *Metazygia incerta*, una especie de la familia Corinnidae, *Tetragnatha elongata* y *Gaucelmus calidus*), dos más se encontraron en el Muestreo 2 (*Scytodes intricata* y *Tinus* sp.) y una especie distinta (*Mexigonus* sp.) se colectó en el Muestreo 3; durante el Muestreo 4 no se registraron nuevas especies, por lo que la velocidad de crecimiento de la curva de acumulación de especies disminuyó progresivamente (Fig. 6).

De las ocho especies colectadas mediante captura directa, sólo se encontraron cinco especies en los censos de cuadros de los Muestreos 3 y 4 (época de secas y lluvias respectivamente). Durante la colecta manual realizada en los alrededores de la cueva, se obtuvieron 10 especies pertenecientes a 10 géneros; sólo una de estas especies (*Tinus* sp.) se encontró también en el interior de la cueva (Cuadro 2.).

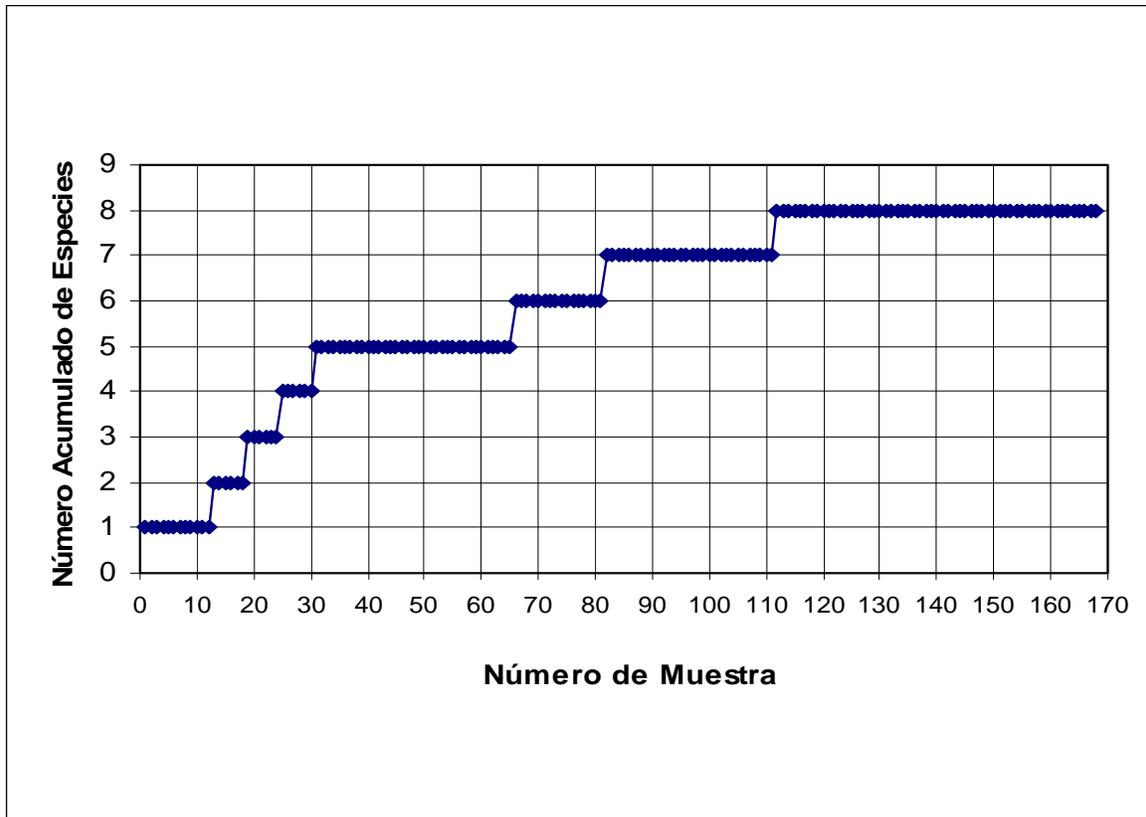


Figura 6. Curva de acumulación de especies de arañas en la cueva de Las Sardinias, Tabasco, México.

Cuadro 2. Especies de arañas encontradas dentro y en los alrededores de la cueva de Las Sardinias, mediante colecta manual o conteo con cuadros.

Familia	Género	Especie	Colecta interior		Colecta exterior
			Manual	Cuadros	
Scytodidae	<i>Scytodes</i>	<i>Scytodes intricata</i> .	*		
Pholcidae	--	sp. 1			*
Uloboridae	--	sp. 2			*
Uloboridae	--	sp. 3			*
Nesticidae	<i>Gaucelmus</i>	<i>Gaucelmus calidus</i>	*	*	
Theridiidae	<i>Tidarren</i>	<i>Tidarren</i> sp.			*
Theridiidae	--	sp. 4			*
Mysmenidae	<i>Maymena</i>	<i>Maymena mayana</i>	*	*	
Tetragnathidae	<i>Tetragnatha</i>	<i>Tetragnatha elongata</i>	*	*	
Tetragnathidae	<i>Leucauge</i>	<i>Leucauge</i> sp.			*
Araneidae	<i>Metazygia</i>	<i>Metazygia incerta</i>	*	*	
Araneidae	<i>Micrathena</i>	<i>Micarthena</i> sp.			*
Pisauridae	<i>Tinus</i>	<i>Tinus</i> sp.	*		*
Corinnidae	--	sp. 5	*	*	
Salticidae	<i>Mexigonus</i>	<i>Mexigonus</i> sp.	*		
Salticidae	--	sp. 6			*
Salticidae	--	sp. 7			*

## **B. CLAVE PARA DETERMINAR LAS FAMILIAS DE ARAÑAS DENTRO DE LA CUEVA DE LAS SARDINAS (Modificada de Roth, 1993)**

1a.- Arañas con seis ojos, sin cribelo ni calamistro, haploginas; quelíceros quelados, no fusionados en la base, tarso con tres uñas, esternón tan largo como ancho, labio cuadrangular, patas III dirigidas posteriormente, línea de OA muy recurvada, con colulus .....**Scytodidae**

1b.- Arañas con ocho ojos, sin cribelo ni calamistro en ningún sexo; quelíceros no quelados, no fusionados en la base, con o sin dientes en el promargen y retromargen, enteleginas, excepto Tetragnathidae que es haplogina .....2

2a.- Tarso con dos uñas, frecuentemente con escópula y cojinete .....3

2b.- Tarso con tres uñas, sin escópula ni cojinete.....4

3a.- Línea de OP fuertemente recurvada que aparentan un arreglo en 3-4 líneas, los OAM muy grandes, OP tan separados que generalmente se sitúan sobre el borde lateral del caparazón, los cuatro OP forman un cuadro o rectángulo.....**Salticidae**

3b.- Línea de OP recta, procurvada o ligeramente recurvada, línea de OA procurvada o recta, generalmente los OAM son más grandes que los demás. Prosoma y patas fuertemente esclerosadas; caparazón casi oval o cuadrangular, tibias y metatarsos con espinas ventrales dispuestas en pares. Quelíceros denticulados más acentuadamente en la hembra, enditos más anchos que largos, ligeramente convergentes, labio libre. Colulus prominente con varias sedas simples.....**Corinnidae**

4a.- Tricobotrias irregulares en dos líneas dorsales en el tarso, todos los trocánteres con una muesca ligera. Línea de OP ligeramente recurvada, los OM forman un trapezoide ancho en su parte trasera. Quelíceros con ambos márgenes dentados. Pedipalpo del macho con apófisis tibial.....**Pisauridae**

- 4b.- Sin tricobotrias (sólo se presentan en algunas Nesticidae).....5
- 5a.- Con un peine de sedas gruesas aserradas y sedas accesorias en el tarso IV. Tejedoras de redes triangulares. Línea de OA prácticamente recta, un poco más estrecha que la posterior, los OMA son pequeños y a veces no se presentan, la línea posterior de ojos es ligeramente procurvada. Labio rebordeado, enditos más largos que anchos, casi paralelos; quelíceros dentados en el promargen y retromargen. Patas delgadas con varias líneas de tricobotrias. Colulus triangular y rodeado por una línea de pequeñas sedas.....**Nesticidae**
- 5b.- Sin peine de sedas aserradas en el tarso IV. Tejen telas orbiculares .....6
- 6a.- Espina sobre el metatarso I del macho. Punto esclerosado ventral en el fémur de la hembra. Denticulos microscópicos entre los dientes de los quelíceros. Arañas diminutas.....**Mysmenidae**
- 6b.- Sin espina sobre el metatarso I del macho. Clípeo de uno a uno y medio diámetro, de los ojos medios.....7
- 7a.- OMA generalmente más cerca entre ellos que con los OLA. Pedipalpo del macho complejo con apófisis media. Epiginio con escapo. Con cóndilo queliceral. Colulus presente....**Araneidae**
- 7b.- Línea de OA equidistantes. Pedipalpo del macho sin apófisis media. Placa del epiginio ausente o poco esclerosada. Con quelíceros alargados y dentados. Enditos largos y paralelos, ensanchados en la parte distal. Con macrosedas en las patas. Colulus presente .....**Tetragnathidae**

## C. Diagnósis de géneros y especies de arañas

### Familia Scytodidae

Orden: Araneae

Familia: Scytodidae

Género: *Scytodes* (Latreille)

Especie: *Scytodes intricata* (Banks)

### Género *Scytodes* (Latreille)

**Diagnósis:** El género *Scytodes* se distingue por tener un tarso con tres uñas, la fórmula de las patas es 1243, caparazón arqueado y sin surcos. El pedipalpo del macho tiene un bulbo cerca de la base del tarso. La hembra tiene un par de crestas quitinosas en la parte posterior de la abertura genital. Estas arañas son bien conocidas por su hábito de lanzar a gran distancia una sustancia pegajosa proveniente de sus quelíceros. Las especies de este género son activas durante la noche y se esconden durante el día en grietas o bajo el sustrato (Valerio, 1981).

### *Scytodes intricata* (Banks)

**Diagnósis:** El pedipalpo del macho tiene un bulbo simple, recto y corto; la hembra presenta un atrio orientado verticalmente que expone receptáculos seminales oblongos, la abertura genital tiene asociadas depresiones quitinosas laterales que están separadas entre sí por al menos la distancia igual a su ancho (Valerio, 1981).

**Distribución:** La especie es bien conocida en Centroamérica; los registros en el Norte del continente son dudosos (Brown, 1973). Se le encuentra de manera abundante en el campo, en gran variedad de microhábitats protegidos por la vegetación o el terreno, prefieren esconderse bajo troncos y raramente se encuentran dentro de las casas; la especie se reproduce activamente durante todo el año (Valerio, 1981).

**Observaciones:** Especie encontrada durante la época de secas en la Zona Media de la cueva, sobre la pared, muy cerca de pequeñas claraboyas. Sólo se encontró un ejemplar.

### **Familia Salticidae**

Orden: Araneae

Familia: Salticidae

Género: *Mexigonus* (Edwards)

Especie: *Mexigonus* sp.

### **Género *Mexigonus* (Edwards)**

**Diagnosis:** Los OPM más cerca de OPL que de OAL. Caparazón con una banda blanca que corre a través de los OL y cae hacia los lados. Los quelíceros de los machos están excavados en la zona media. La pata I es la más larga, especialmente en los machos. El disco embolar y la espiral apical del mismo se encuentran separados. El epiginio tiene bordes que rodean el atrio y forman un estrecho septo entre ellos. El opistosoma presenta puntos pardos en la zona media y puntos pálidos laterales y posteriores, ventralmente es gris pálido (Edwards, 2002).

**Distribución:** Estas arañas se encuentran frecuentemente entre las rocas y las construcciones del hombre. El género se ha registrado en el suroeste de los Estados Unidos y en México, donde se le ha llegado a coleccionar hasta el centro de nuestro país (Edwards, 2002), por tanto el presente registro aumenta el área de distribución hacia el sur del territorio mexicano.

**Observaciones:** La especie se encontró en la Zona de Penumbra, es decir, muy cerca de la entrada a la cueva, sólo se encontró un ejemplar.

## Familia Corinnidae

Orden: Araneae

Familia: Corinnidae

### Subfamilia Corinninae (Karsch)

**Diagnosis:** Tibias y metatarsos con espinas ventrales dispuestas en pares. Caparazón casi oval o casi cuadrangular. Altura del clípeo variable. Ojos heterogéneos, los OA arreglados en una línea procurvada o recta, más pequeños que los OP dispuestos en línea procurvada, recta o recurvada. Generalmente los OAM son más grandes que los demás. Con tubérculo interocular. Quelíceros denticulados, más acentuadamente en las hembras. En algunas especies hay un dimorfismo sexual acentuado. Enditos más anchos que largos, levemente convergentes. Labio libre. Colulus prominente con varias sedas simples. Tubérculo anal poco prominente, con abertura elipsoidal de bordes esclerosados. En el pedipalpo del macho el fémur está levemente curvado y presenta patrones particulares de espiración; patela sin apófisis, con apófisis retrolateral en la tibia; cimbio generalmente ovalado, con escópula dorsal apical, a menudo presenta un proceso basal retrolateral; hematodoca basal opaca, conectada directamente con la parte retrolateral del tégulo. El epiginio es esclerosado y está protegido por el surco epigástrico, puede haber dos aberturas para la copulación (Bonaldo, 2000).

**Distribución:** Los géneros de la familia Corinnidae se distribuyen al Sur y Centro de América (Platnick, 2005).

**Observaciones:** Especie de movimientos rápidos que se encontró sobre todo, en paredes cercanas a cúmulos de guano y depósitos de este mismo material. Se observaron orificios en forma de embudo, donde la araña se refugiaba al percatarse de nuestra presencia; fue posible ver a la especie alimentándose de artrópodos guanófilos (ácaros de tamaño considerable e insectos). Se registraron 13 ejemplares (Fig. 7a,b).

## Familia Pisauridae

Orden: Araneae

Familia: Pisauridae

Género: *Tinus* (Cambridge)

Especie: *Tinus* sp.

### Género *Tinus* (Cambridge)

**Diagnosis:** Caparazón moderadamente alto, más largo que ancho. Línea de OP ligeramente recurvada, con ojos casi iguales entre sí y más grandes que los anteriores, los OPM más cerca entre sí que de los OPL; los OAM más grandes y cercanos entre sí que de los OPL, por lo que el área media ocular es más ancha por detrás que en la parte delantera y más ancha que larga. Esternón lanceolado, tan largo como ancho. Quelíceros moderadamente robustos, con tres dientes promarginales y tres retromarginales (dos más juntos entre sí que con el tercero) en el colmillo. Patas con espinas, la I es corta siendo las demás casi iguales. Opistosoma más largo que ancho, ligeramente superpuesto en el borde posterior del caparazón. El pedipalpo del macho presenta una apófisis media, espatulada y membranosa, normalmente blanca, dirigida anteriormente; el conductor es conspicuo, espatulado y se localiza lateralmente; el émbolo es largo y delgado, enrollado de 3-5 veces; el tégulo es membranoso, la apófisis tibial está elevada dorsalmente, doblada retrolateralmente, algunas veces bífida con un espolón dorsal. Epiginio de la hembra con un par de elevaciones hemisféricas laterales, con o sin elevación media (Roth, 1993).

**Distribución:** Las especies americanas de este género se distribuyen en Centroamérica, México y Estados Unidos (Platnick, 2005).

**Observaciones:** Sólo se encontraron dos ejemplares de esta especie, tanto en época de secas como de lluvias; se les localizó en la zona media y de penumbra de la cueva, así como fuera de ella, muy cerca de la entrada (Fig. 8).



7a.



7b.

Figura 7. *Corinnidae* sp. 5, ejemplar hembra en: a. Posición dorsal, b. Posición ventral.



Figura 8. *Tinus* sp., acercamiento frontal de un ejemplar hembra.



9a.



9b.

Figura 9. *Maymena mayana*, hembra en: a. Posición dorsal, b. Posición ventral.

## Familia Nesticidae

Orden: Araneae

Familia: Nesticidae

Género: *Gaucelmus* (Keyserling)

Especie: *Gaucelmus calidus* (Gertsch)

### Género *Gaucelmus* (Keyserling)

**Diagnosis:** Coloración de naranja a parda con largas patas. Ojos muy similares en tamaño, los OAM ligeramente más pequeños que los OAL; los ojos se arreglan en dos líneas un poco recurvadas, el cuadro que forman los OM es ligeramente más ancho que largo y estrecho en el frente. Quelíceros robustos que en la hembra tienen tres dientes en el promargen y en los machos poseen un diente apical largo y dos pequeños más separados, el retromargen tiene dos líneas de dentículos o dientes aserrados; los colmillos son cortos, ligeramente más gruesos en la base y con bulbos alargados en los machos. Fórmula de patas 1243, las patas son delgadas y alargadas, la pata I tiene de 5-11 veces el largo del caparazón. En dos de las uñas tarsales presentan una línea de 5-6 dientes, la tercera uña tiene uno o dos pequeños dentículos. El opistosoma es oval en los machos y globoso y muy elevado en las hembras. El epiginio es simple, con ligeros bordes alrededor de la abertura genital. El pedipalpo del macho es simple, sin apófisis tibial, con paracambio, émbolo en espiral y carente de apófisis media (Gertsch, 1984).

### Especie *Gaucelmus calidus* (Gertsch)

**Diagnosis:** Arañas de color anaranjado a pardo con largas patas. Epiginio grande con grandes lóbulos accesorios y septos oscuros sobre el margen del surco genital. En el pedipalpo del macho, el conductor tiene un profundo surco que forma un lóbulo redondo y un proceso retrolateral largo y curvado con una estructura en forma de espina en el ápice (Gertsch, 1984).

**Distribución:** A esta especie se le encuentra en climas cálidos, habitan en cuevas y se les ha colectado en las paredes de las mismas, pero se cree que pueden encontrarse en hábitats externos adecuados. Se tiene registro de la especie en cuevas de México y Guatemala (Gertsch, 1984; Platnick, 2005).

**Observaciones:** *G. calidus* se observó en todas las zonas de la cueva, pero siempre prefiriendo microhábitats muy aislados como profundas grietas o cámaras de difícil acceso, en las que la oscuridad es permanente y las corrientes de aire y cambios de temperatura imperceptibles. Se observaron restos de pequeños insectos en sus hilos de seda y generalmente la araña se encontró sujeta por debajo de dichos hilos. Se registraron 9 ejemplares de la especie.

### **Familia Mysmenidae**

Orden: Araneae

Familia: Mysmenidae

Género: *Maymena* (Gertsch)

Especie: *Maymena mayana* (Chamberlin & Ivie)

### **Género *Maymena* (Gertsch)**

**Diagnosis.** Se distingue por tener un caparazón ligeramente más largo que ancho, moderadamente elevado, más alto en la región ocular o detrás de la misma. Los OAM son oscuros, mientras que los restantes son blancos aperlados. El clipeo es alto, igual a tres veces el diámetro de los OAM, moderadamente inclinado. La línea anterior de ojos es procurvada, en ella los ojos están bien separados, los OAM son ligeramente más grandes que el resto; la línea posterior también es procurvada y con ojos bien separados aunque los OPM se encuentran más juntos entre sí. El cuadrado ocular medio es ligeramente más ancho en la parte anterior. Los ojos son pequeños y más separados en las especies que habitan en cuevas. La fórmula de las patas es 1243. El metatarso I del macho puede presentar una espina. El pedipalpo de la hembra es delgado, sin uña tarsal. El pedipalpo del macho carece de apófisis en el bulbo, con émbolo y sin paracimbio en el tarso. Presentan colulus cónico con delgadas sedas (Gertsch, 1960).

## Especie *Maymena mayana* (Chamberlin & Ivie)

**Diagnosis.** Es una especie de mediano tamaño, se caracteriza porque el epiginio de la hembra tiene un lóbulo triangular de longitud variable. El pedipalpo del macho es pequeño, con cimbio y bulbo de forma oval y émbolo muy delgado (Gertsch, 1960).

**Distribución:** Parece restringida al sureste mexicano, se le ha registrado en ruinas arqueológicas y cuevas de esta región del país (Gertsch, 1960; Platnick, 2005) .

**Observaciones:** La especie se encontró a todo lo largo de la cueva sobre paredes y rocas donde construían sus telarañas cercanas entre sí, se observó en estas restos de dípteros, que parecen ser su principal presa y también larvas de insectos. Fue la única especie que se encontró en la zona profunda de la cueva, establecida directamente sobre las colonias de bacterias. Constituyó el registro más numeroso con 101 ejemplares (Fig. 9a,b).

## Familia Araneidae

Orden: Araneae

Familia: Araneidae

Género: *Metazygia* (Cambridge)

Especie: *Metazygia incerta* (Cambridge)

## Género *Metazygia* (Cambridge)

**Diagnosis:** El prosoma varía de naranja a pardo y el opistosoma presenta un característico patrón de coloración que consiste en un par de manchas alargadas continuas o segmentadas que corren a lo largo por la parte dorsal. El caparazón tiene pocas sedas y el cuadrado que forman los OM es generalmente más estrecho en la parte posterior. Los OAM son ligeramente más grandes que los OPM y los OL son siempre más pequeños. La altura del clípeo es menor que la diámetro de los OAM (Levi, 1995).

Respecto a la genitalia, en la mayoría de las especies el epiginio de la hembra tiene un escapo aplanado lateralmente, el cual es redondo en vista lateral. Los machos tienen una macroseca sobre la patela del

pedipalpo y a excepción de algunas especies, tienen un diente sobre el endito que da hacia un diente o tubérculo de la parte proximal del fémur del pedipalpo. Presentan un gancho en el margen distal de la primera coxa, pero éste es muy pequeño y puede estar orientado hacia la segunda coxa. Puede existir una apófisis terminal reducida llamada “lamela”. El radix está en una posición más baja que en otros géneros. Presentan una estructura alargada que se sobrepone en la superficie dorsal del bulbo y a la cual están sujetos el émbolo y la lamela (Levi, 1995).

### **Especie *Metazygia incerta* (Cambridge)**

**Diagnosis:** La hembra difiere de otras especies de *Metazygia* por tener en la cara ventral del epiginio una placa rectangular que no muestra aberturas, las aberturas están en la parte anterior de la placa y no son visibles desde la parte ventral. El macho se caracteriza por tener dos dientes sobre la lamela del émbolo bajo la punta esclerosada de la lamela (Levi, 1995).

Las observaciones muestran que estas arañas son activas en la noche y hasta antes del amanecer, en tanto que, durante el día descansan cerca o sobre su red. Las redes se reconstruyen cada 2 a 4 días dependiendo del daño que sufran. Las redes individuales pueden estar muy cerca unas de otras, pero no son continuas (Levi, 1995).

**Distribución:** Este tipo de arañas son muy abundantes en las cercanías de los ríos y en lugares que se encuentran a solo unos cuantos centímetros por encima del agua. Se ha registrado la especie desde Panamá hasta Belice (Levi, 1995; Platnick, 2005), por tanto su colecta en la cueva de Las Sardinias constituye un nuevo registro para México.

**Observaciones:** Se encontraron 62 ejemplares de la especie, siendo más comunes en la zona media y de penumbra; se registraron sobre redes orbiculares muy cercanas a la superficie de la corriente de agua, generalmente se les encontró agrupadas muy cerca unas de otras y en ocasiones cerca de grupos de arañas de la especie *T. elongata*. Muy frecuentes en zonas donde había algas y bacterias por debajo del agua y larvas de dípteros asociadas a esas colonias (Fig. 10a,b).



10a.



10b.

Figura 10. *Metazygia incerta*, hembra en: a. Posición dorsal, b. Posición ventral.



11a.



11b.

Figura 11. *Tetragnatha elongata*, hembra en: a. Posición dorsal, b. Posición ventral.

## Familia Tetragnathidae

Orden: Araneae

Familia: Tetragnathidae

Género: *Tetragnatha* (Latreille)

Especie: *Tetragnatha elongata* (Walckenaer)

### Género *Tetragnatha* (Latreille)

**Diagnosis:** Caparazón ligeramente elongado, poco esclerosado, carente de sedas y a menudo con una banda gris longitudinal. Opistosoma de apariencia plateada debido a pequeños puntos de pigmento que se concentran ventral y sobre todo dorsalmente. Ojos en grupo compacto, los OL son menores a dos diámetros de los OM. La altura del clípeo es igual a 1-2 diámetros de los OAM. Los quelíceros son ligeramente alargados y presentan dientes en arreglo complejo. El labio es rebordeado y los enditos elongados y distalmente anchos. El opistosoma es cilíndrico (Levi, 1981).

Los machos son un poco más pequeños que las hembras, con quelíceros más largos y protegidos, que en la parte anterior cuentan con una apófisis que ayuda a sujetar los colmillos de la hembra durante la cópula. El pedipalpo del macho tiene un tégulo esférico que encierra al conductor, el cual tiene forma de espiral y a menudo cuenta con pliegues laterales que pueden expandirse, la parte distal del conductor es esclerosada y útil en la identificación de especies. El émbolo es filiforme. El cimbio es pequeño y está más o menos lobulado, el paracimbio es un esclerito separado. En la hembra no hay epiginio, la abertura genital está en la parte posterior o en el lóbulo ventral medio del área epigástrica. Los receptáculos seminales están en la parte anterior, casi al nivel de los espiráculos pulmonares. Poseen una estructura media esclerosada que probablemente ayude a sujetar el conductor durante la cópula (Levi, 1981).

La mayoría de las especies de este género se encuentran cerca del agua, muy pocas se encuentran en lugares secos y hay especies que tienen hábitats especializados. Tejen redes orbiculares que posicionan horizontal o verticalmente. Las arañas descansan sobre plantas o en medio de la red con las patas extendidas en posición paraxial. Cazan al anochecer y tienen preferencia por los dípteros. Los adultos de las especies norteamericanas se encuentran casi todo el verano y viven solo durante esta estación, pero hay dos generaciones cada verano (Levi, 1981).

### **Especie *Tetragnatha elongata* (Walckenaer)**

**Diagnosis:** Los OL más cercanos entre ellos que con los OM. Ambos sexos tienen quelíceros largos. En el pedipalpo del macho, el conductor está afilado en la punta y termina en un diminuto gancho, la parte distal del conductor es convexa lateralmente y rodea al cambio. La base del conductor tiene una protección transparente. Los quelíceros del macho son casi siempre más largos que el caparazón. En la hembra los quelíceros son iguales o más grandes que el caparazón, generalmente con una cúspide cerca de la base del colmillo. El área entre cada par de receptáculos seminales es más larga que ancha. (Levi, 1981).

**Distribución:** Estas arañas tejen grandes redes que posicionan casi horizontalmente sobre pequeños arroyos u otras corrientes de agua, a menudo se les encuentra a la sombra entre la vegetación. Se tiene registro de la especie desde el este en los Estados Unidos hasta Centroamérica (Levi, 1981; Platnick, 2005).

**Observaciones:** Se encontró a la especie en las zonas de penumbra y media de la cueva, tejen redes muy cercanas a la superficie del agua, se les encuentra en grupos numerosos y sus redes están tan juntas que aparentan tocarse unas con otras. Pueden encontrarse compartiendo el espacio con grupos de arañas de la especie *M. incerta*. Se registraron 45 ejemplares de *T. elongata* (Fig. 11a,b).

## **D. ESTRUCTURA Y VARIACIÓN TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE ARAÑAS**

En los conteos con cuadros, se cubrió un área de 9.6 m<sup>2</sup> y se registraron 68 individuos durante el Muestreo 3 (época de secas) y 78 durante el muestreo 4 (época de lluvias). Con estos datos se calculó la riqueza de especies (Fig. 12), la densidad total (Fig. 13) y la densidad relativa de especies de arañas en la cueva (Fig. 14); también se calcularon los índices de diversidad de Simpson y Shannon, los números de Hill y el índice de Equitatividad de Pielou (Cuadro 3). Se calculó el coeficiente de similitud de Sørensen para medir el grado de semejanza entre las dos épocas con base en las especies de arañas presentes en cada una, el valor obtenido fue de 0.88.

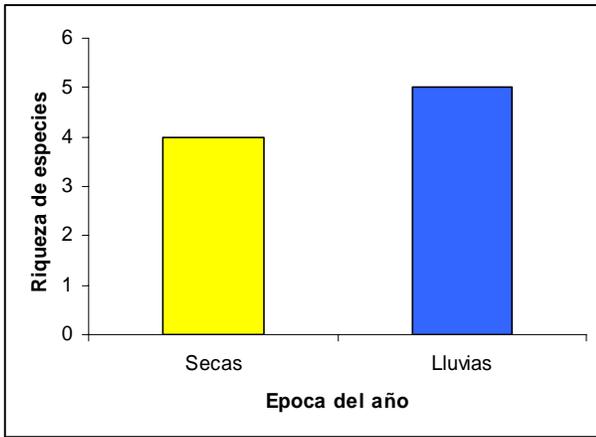


Figura 12. Riqueza de especies de arañas durante las épocas de secas y lluvias, en la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México. La riqueza total fue de 5 especies de arañas.

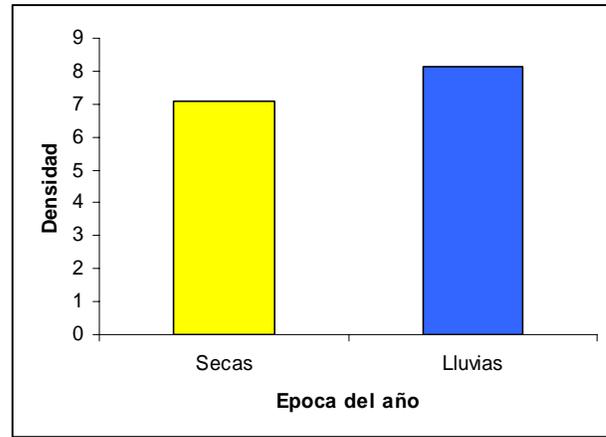


Figura 13. Densidad de arañas durante las épocas de secas y lluvias, en la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México. La densidad indica el número de arañas encontradas por unidad de área, que en éste caso fue estandarizada a 1m<sup>2</sup>. La densidad total de ambas épocas fue de 7.6 individuos por m<sup>2</sup>.

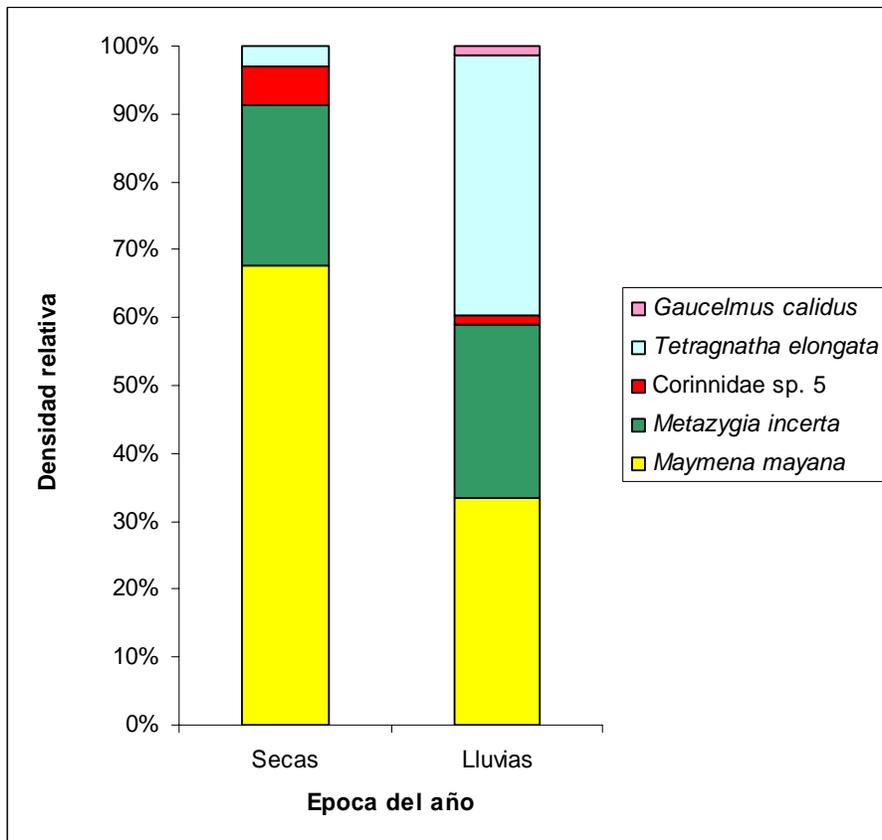


Figura 14. Comparación por épocas, de la densidad relativa de especies de arañas (porcentaje de individuos que cada especie tuvo del total registrado), encontradas en la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México.

Cuadro 3. Índice de diversidad de Simpson ( $\lambda$ ), de Shannon ( $H'$ ), Números de Hill ( $N1$ ,  $N2$ ) e índice de equitatividad de Pielou ( $J'$ ) para las épocas de secas, lluvias y ambas, en la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México. Se realizó una comparación de  $H'$  entre ambas épocas mediante una prueba de t, la diferencia resultó estadísticamente significativa ( $t = 3.2633$ ) para  $\alpha = 0.05$  y  $gl = 191.41$ .

Época del año	$\lambda$	$H'$	$N1$	$N2$	$J'$
Secas	0.51	0.8751	2	2	0.6312
Lluvias	0.3163	1.1942	3	3	0.7419
Total	0.3487	1.1762	3	3	0.7308

## E. DISTRIBUCION ESPECÍFICA DE ARAÑAS DENTRO DE LA CUEVA

De las 16 subzonas establecidas para realizar los conteos con cuadros, nueve correspondieron a la Zona Profunda, tres a la Zona Media y cuatro a la Zona de Penumbra de la cueva. Los datos obtenidos para cada zona se presentan en el Cuadro 4. Con estos datos se calculó la riqueza de especies (Fig. 15), la densidad total (Fig. 16) y la densidad relativa (Fig. 17a,b) en cada zona. En el Cuadro 5 se presentan los valores de diversidad que cada zona presentó en época de secas, de lluvias y en total.

Cuadro 4. Correspondencia de las zonas Profunda, Media y de Penumbra de la cueva con las 16 subzonas de muestreo establecidas para este trabajo y número de arañas contabilizado en cada zona.

Zonas	Subzonas	Área total ( $m^2$ )	Total de individuos		Densidad	
			Secas	Lluvias	Secas	Lluvias
Profunda	A,B,C,E,F,G,J,K,L	5.4	40	22	7.40	4.07
Media	D,M,O	1.8	12	18	6.66	10.00
Penumbra	H,I,N,P	2.4	16	38	6.66	15.83
Total	Todas	9.6	68	78	7.08	8.12

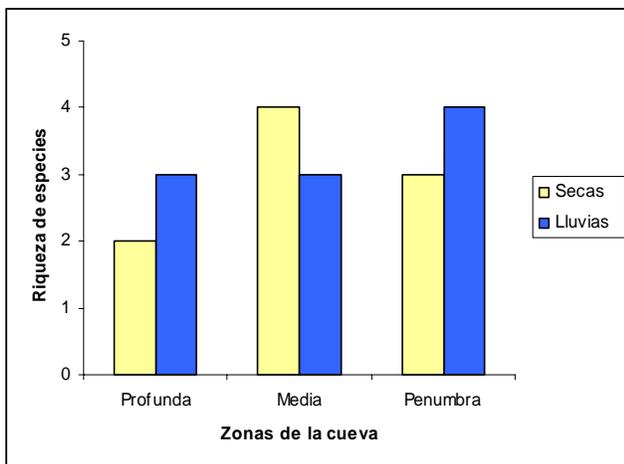


Figura 15. Riqueza de especies de arañas en época de secas y época de lluvias en cada una de las zonas dentro de la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México.

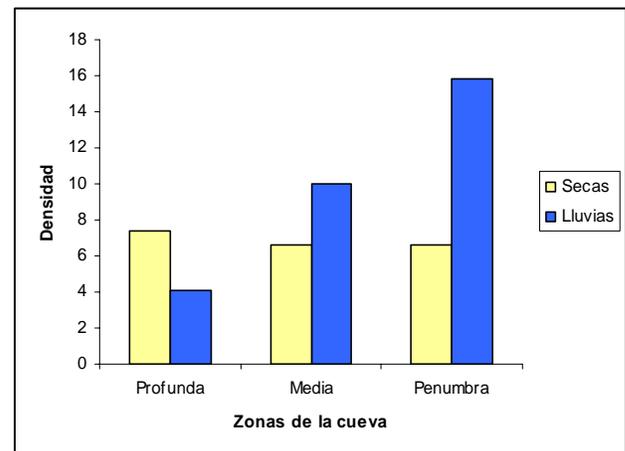
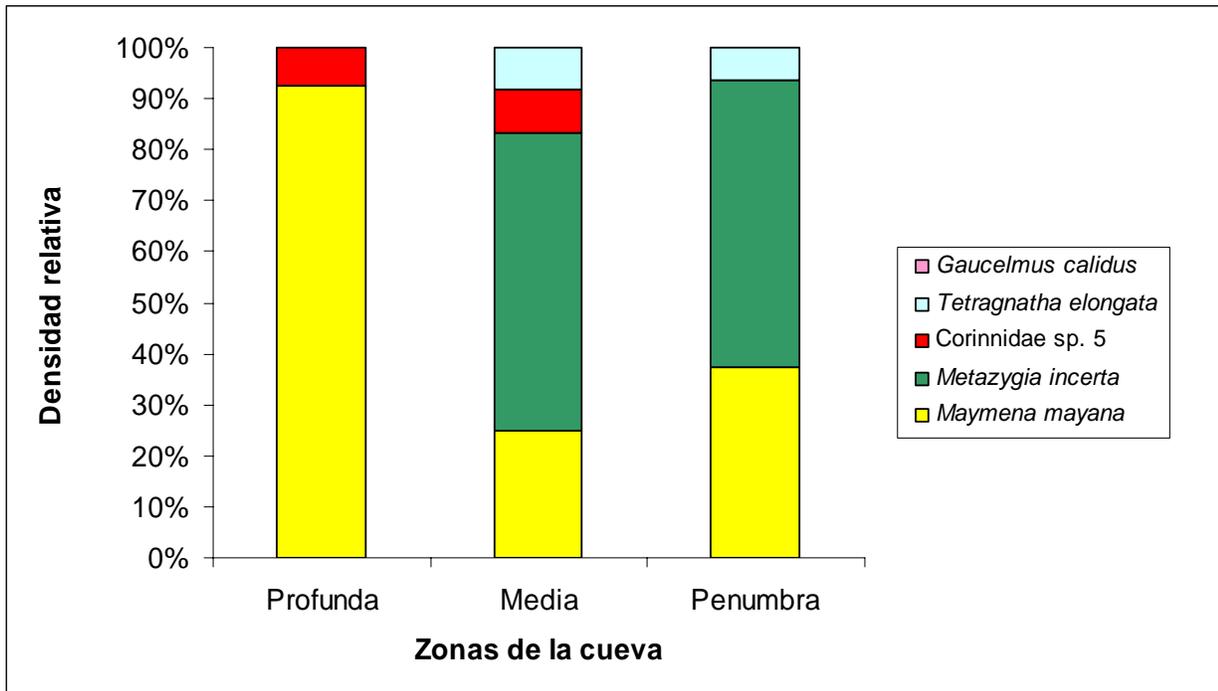
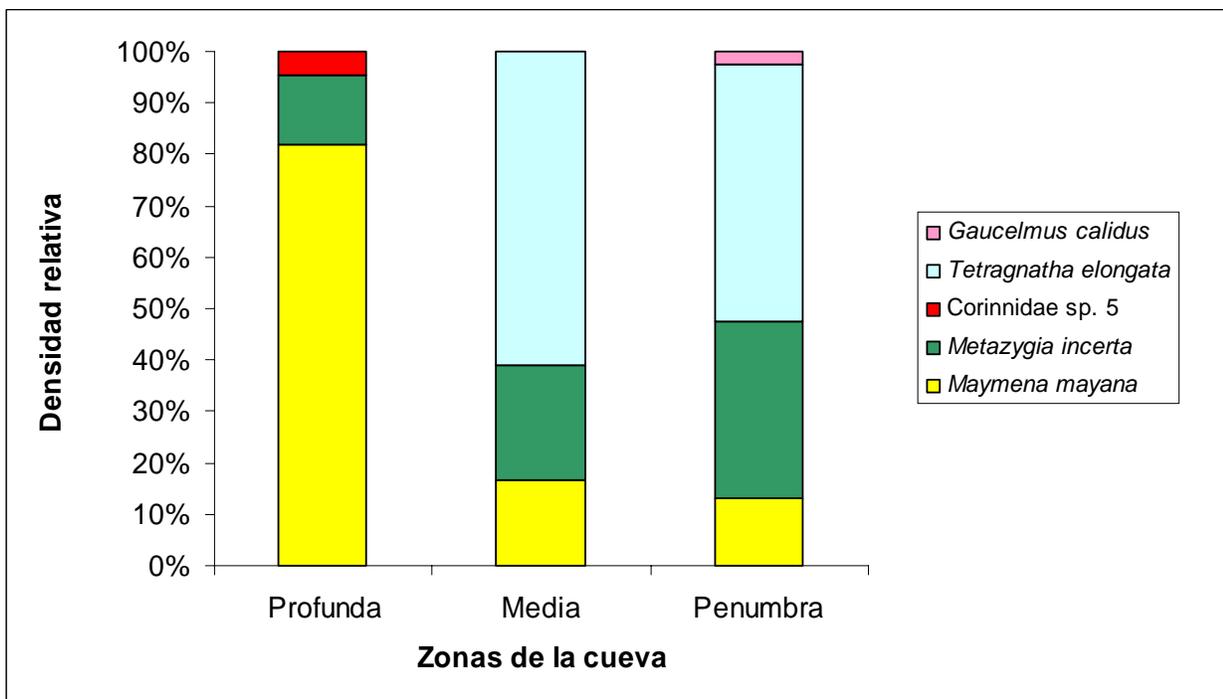


Figura 16. Densidad de arañas en época de secas y época de lluvias en cada una de las zonas dentro de la cueva de Las Sardinas. La densidad fue estandarizada a  $1m^2$ .



17a.



17b.

Figura 17. Variación de la densidad relativa (proporción de individuos de cada especie) a lo largo de la cueva de Las Sardinas; a. Durante la Época de Secas, b. Durante la Época de Lluvias.

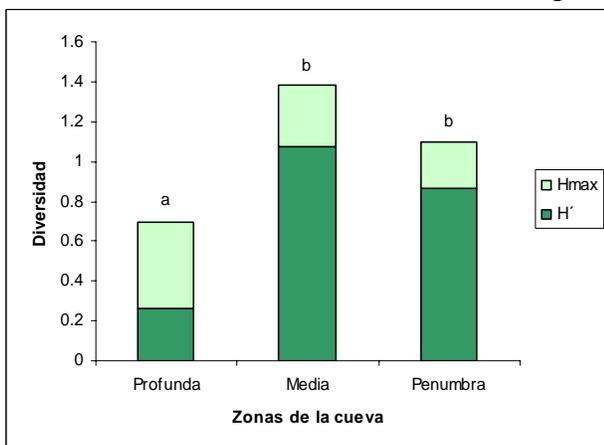
Considerando ambas épocas encontramos que, para la zona profunda se obtuvo una riqueza de 3 especies y una densidad de 5.74 individuos por m<sup>2</sup>. En la zona media hubo una riqueza de 4 especies y

una densidad de 8.33 arañas por m<sup>2</sup>. Finalmente en la zona de penumbra se registró una riqueza de 4 especies y una densidad de 11.25 individuos por m<sup>2</sup>.

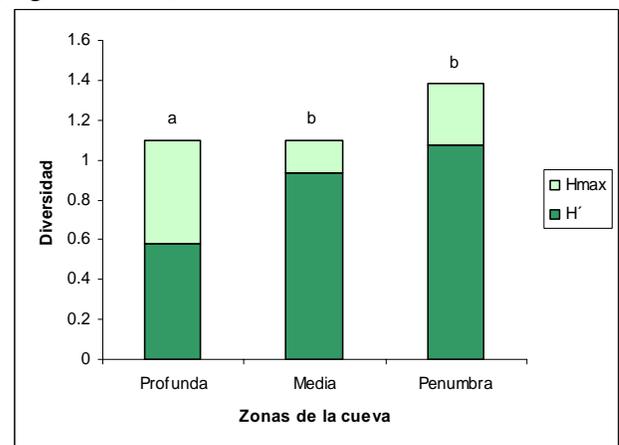
Cuadro 5. Índices de diversidad de Simpson (I) y Shannon (H'), números de Hill (N1, N2) e índice de Equitatividad (J') para las tres zonas en la cueva de Las Sardinas durante la época de secas y la época de lluvias.

Época del año	Zona de la cueva	$\lambda$	H'	N1	N2	J'
Secas	Profunda	0.8576	0.2663	1	1	0.3843
	Media	0.3636	1.0751	3	3	0.7755
	Penumbra	0.425	0.8647	2	2	0.7871
Lluvias	Profunda	0.6753	0.5763	2	1	0.5243
	Media	0.4183	0.9338	2	2	0.8500
	Penumbra	0.3684	1.0761	3	3	0.7762
Total	Profunda	0.7900	0.4296	1	1	0.3910
	Media	0.3126	1.1696	3	3	0.8436
	Penumbra	0.3326	1.1316	3	3	0.8162

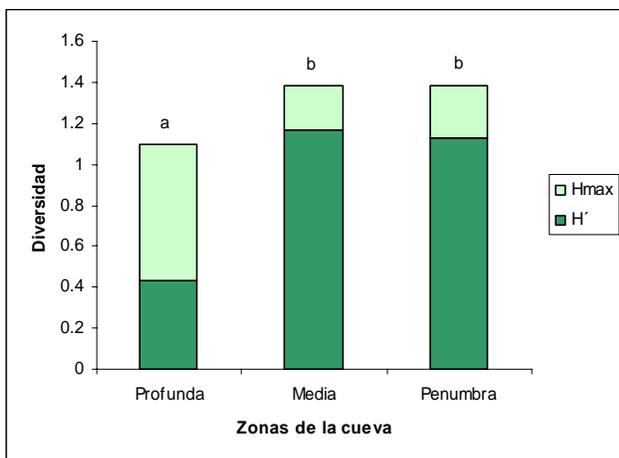
Mediante pruebas de t se comparó H' con el fin de determinar diferencias significativas en la diversidad de cada zona de la cueva a lo largo del año (Fig. 13a, b, c).



18a.



18b.



18c.

Figura 18. Comparación de los índices de diversidad de Shannon, en las tres zonas de la cueva de Las Sardinas durante: a. La época de secas, b. La época de lluvias y c. Con datos agrupados de ambas épocas. H<sub>max</sub> = Valor teórico máximo de la diversidad. Letras distintas denotan diferencias significativas de acuerdo con la corrección de Bonferroni (prueba de t con gl mayores a 183 y  $\alpha = 0.05$ )

Se calculó el coeficiente de similitud de Sörensen entre cada zona de la cueva, se obtuvo un menor valor, es decir, menor similitud entre las zonas profunda y de penumbra en los datos por épocas y generales; la mayor similitud se observó entre las zonas media y de penumbra en los datos por épocas y entre las zonas media y profunda en los datos generales (Cuadro 6).

Cuadro 6. Coeficiente de similitud de Sörensen entre las zonas de la cueva de Las Sardinias, Tabasco, México, durante la época de secas, en época de lluvias y con datos de ambas épocas.

<i>Zonas</i>	<i>Secas</i>			<i>Lluvias</i>			<i>Total</i>		
	<i>Prof</i>	<i>Med</i>	<i>Pen</i>	<i>Prof</i>	<i>Med</i>	<i>Pen</i>	<i>Prof</i>	<i>Med</i>	<i>Pen</i>
<i>Prof</i>	1	0.66	0.40	1	0.66	0.57	1	0.85	0.57
<i>Med</i>		1	0.85		1	0.85		1	0.75
<i>Pen</i>			1			1			1

## F. CLASIFICACIÓN ESPELEOLÓGICA DE ARAÑAS

Con el fin de identificar especies troglobias, troglófilas y troglóxenas de arañas en la cueva, se recurrió a las observaciones registradas durante el presente trabajo y a la revisión bibliográfica de los hábitos de vida de cada una de las especies encontradas. Los resultados se presentan en el Cuadro 7. En la Figura 19, se observa la proporción de especies troglobias, troglófilas y troglóxenas del total de especies de arañas dentro de la cueva de Las Sardinias.

Cuadro 7. Clasificación de especies de arañas de la cueva de Las Sardinias, Tabasco, México, en troglobias, troglófilas y troglóxenas de acuerdo a las observaciones en campo\* y las referencias bibliográficas de sus hábitos de vida.

<i>Especie</i>	<i>Troglobios</i>	<i>Troglófilo</i>	<i>Troglóxeno</i>	<i>Referencia</i>
<i>Maymena mayana</i> *	X			Gertsch, 1960
<i>Metazygia incerta</i> *		X		Levi, 1995
<i>Corinnidae sp. 5</i> *		X		Bonaldo, 2000
<i>Tetragnatha elongata</i> *		X		Levi, 1981
<i>Gaucelmus calidus</i> *	X			Gertsch, 1984
<i>Scytodes intricata</i>		X		Valerio, 1981
<i>Tinus sp.</i> *		X		Roth, 1993
<i>Mexigonus sp.</i>			X	Edwards, 2002

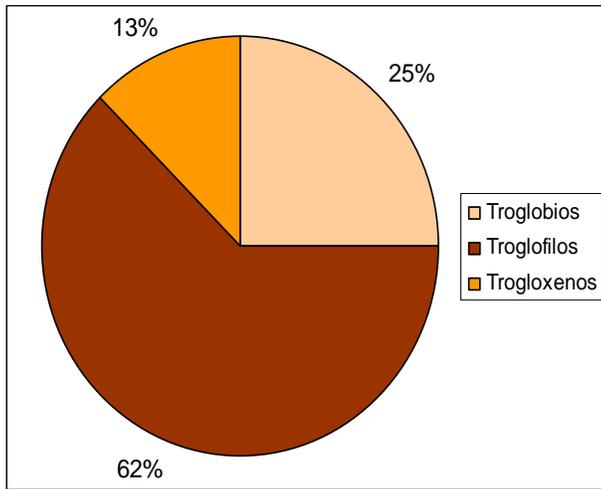


Figura 19. Proporción de especies de arañas troglóbicas, troglófilas y trogló xenas dentro de la cueva de Las Sardinias, Tabasco, México.

## VII. DISCUSIÓN

### A. ARANEOFAUNA DE LA CUEVA DE LAS SARDINAS

Durante los cuatro muestreos realizados en la cueva de Las Sardinias, se intentó mediante el método de colecta manual y conteo con cuadros (Cuadro 1), registrar el mayor número de especies de arañas; para confirmar que los métodos empleados lograron cumplir con esta meta, se elaboró una curva de acumulación de especies (Fig. 6), la que describe el número de especies adicionales que aparecen en cada muestra sucesiva y que no fueron registradas en las muestras precedentes. Durante el muestreo 3 y más evidentemente en el muestreo 4, el número de especies nuevas no fue muy elevado, lo que hizo que la curva se comportara de manera asintótica, indicando así que, el número de especies obtenidas no es muy diferente del número real de especies presentes en la cueva y los resultados obtenidos pueden ser extrapolados eficientemente (Ludwing & Reynolds, 1988).

En este trabajo se encontraron dentro de la cueva ocho especies de arañas, de ocho géneros y ocho familias. En la colecta realizada en los alrededores de la entrada a la cueva, se registraron diez familias diferentes de arañas, de las cuales cuatro se determinaron a nivel de género. Las especies de las seis familias restantes no fueron determinadas por tratarse de ejemplares juveniles (Cuadro 2).

Dos de las especies colectadas en el interior de la cueva constituyeron nuevos registros en su distribución, el género *Mexigonus* solo se había registrado en el norte y el centro del país, mientras que la especie *Metazygia* incerta no tenía registro en México. Los nuevos registros de distribución son una muestra de la falta de información que existe respecto al orden Araneae en nuestro país y por ello es necesario hacer hincapié en la importancia de los inventarios faunísticos como base del conocimiento biológico.

Para la investigación se utilizaron dos métodos de muestreo: la colecta directa y el conteo con cuadros. La finalidad de utilizar los datos de ambos métodos fue complementar la información, disminuyendo así las desventajas que cada método puede presentar según su diseño y utilización.

Se dio un mayor peso al método de colecta directa para hacer el listado de especies, pues las ocho especies colectadas dentro de la cueva se obtuvieron mediante colecta manual y sólo cinco fueron registradas en los conteos con cuadros, lo cual nos habla de una mayor efectividad del primer método para este fin (Cuadro 2).

La efectividad de la colecta manual se debe a que permite hacer una búsqueda más minuciosa de organismos; en ella no influye el tipo de hábitos o hábitat de la araña, pues se pueden utilizar diferentes herramientas para capturar a un organismo de movimientos lentos o a uno que huye con facilidad al detectar nuestra presencia, a una araña que se esconde en una grieta o a una que vive expuesta en una pared; tampoco importa el tamaño, pues los dispositivos diseñados para capturarlas son muy variados (Kaston, 1978; Brower & Zar, 1984; Núñez *et al.*, 1988; Masiac, 1996).

Sin embargo, los resultados de una colecta directa dependen del esfuerzo, la experiencia y la habilidad del colector, de manera que no es un método objetivo que permita hacer análisis estadísticos de la población. Además, en este tipo de método se recomienda coleccionar exhaustivamente todas las arañas encontradas, para tener así la seguridad de que se han tomado en cuenta todas las especies existentes; pero éste es un procedimiento que representa un enorme esfuerzo físico y económico, en el que se invierte bastante tiempo y que produciría un marcado daño ecológico a un sistema tan sensible como lo es el subterráneo.

Por ello se realizaron de manera paralela muestreos mediante conteos en cuadros, este tipo de muestreo está diseñado para analizar una muestra representativa de la población y con ella extrapolar resultados (Brower & Zar, 1984; Ludwig & Reynolds, 1988), de manera que se logró analizar la estructura de la comunidad de arañas en la cueva de Las Sardinias, trabajando con sólo una porción de la misma, lo cual ayudó a disminuir la alteración ecológica que se pudiera ocasionar al cumplir con el objetivo de la presente investigación.

Además el método de conteo con cuadros proporciona parámetros estadísticos, la importancia de ello es que los datos pueden ser comparables con futuras investigaciones, de manera que los resultados de este trabajo pueden ser aplicables para contribuir al conocimiento de la ecología de arañas ya sean hipogeas o epigeas y a la investigación biológica de los ambientes subterráneos.

## **B. ESTRUCTURA Y VARIACIÓN TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE ARAÑAS**

### **Riqueza y densidad total**

La riqueza específica y la densidad de arañas en la cueva de Las Sardinas son datos que sólo pueden compararse con los registros de otras cuevas, cuando se toma en cuenta la variación de los parámetros abióticos que presenta cada cavidad (longitud, profundidad, geología, etc.) y cuando el registro de especies se ha hecho de manera sistemática en cada caso. De acuerdo con la revisión bibliográfica, existen algunos trabajos que abordan la riqueza específica y la densidad de arañas en cuevas mexicanas (Guerrero, 1992; Sánchez, 1994; Estrada, 2005), desgraciadamente los resultados de esas investigaciones no pueden ser comparables con este trabajo, por que el registro de especies en los casos anteriores no fue sistemático para el Orden Araneae. Por ello, para el conocimiento de la araneofauna, una investigación dedicada específicamente a las arañas es de gran importancia, pues los resultados obtenidos tienen un valor mínimo de error.

Tomando en cuenta tanto los conteos con cuadros como las colectas manuales, la riqueza total dentro de la cueva fue de 8 especies de arañas, pertenecientes a 8 géneros distintos (Cuadro 2). Analizando las diferencias entre los Muestreos 3 y 4 (época de secas y de lluvias respectivamente), los resultados indican que hubo un aumento tanto en la riqueza específica (Fig. 12) como en la densidad de arañas (Fig. 13) durante la época de lluvias. El cambio en la población de arañas puede estar muy relacionado con los cambios bióticos y abióticos que se producen cuando aumentan las precipitaciones.

Con las lluvias aumenta la cantidad de alimento dentro de la cueva, pues la cantidad de materia orgánica que introduce la corriente de agua es mayor (Hose *et al.*, 2000); además, la hojarasca y el guano se ven enriquecidos con restos de vegetales y animales cuya abundancia aumenta con las lluvias en el exterior. La gran cantidad de alimento, permite que crezcan las poblaciones de consumidores primarios dentro de la cueva y éstos a su vez, favorecen a las poblaciones de depredadores tales como las arañas.

El aumento de la riqueza de especies en época de lluvias se debe entonces, a que hay un mayor número de individuos en un área determinada (mayor densidad de arañas), lo cual aumenta las posibilidades de registrar hasta las especies más escasas. Además, la gran cantidad de alimento compensa las características abióticas adversas que presentan las cuevas para el establecimiento de las especies, de manera que, a ciertos organismos comunes en el exterior se les facilita entrar para aprovechar un ambiente hipogeo.

### **Densidad Relativa**

Analizando la figura 14, se observa que durante la época de secas hubo dos especies que se destacaron por su alta densidad relativa, *Maymena mayana* (67.7%) y *Metazygia incerta* (23.5%). *Maymena mayana* se ha registrado frecuentemente en los ambientes cavernícolas (Gertsch, 1960), pues tiene determinadas adaptaciones que le permiten ser capaz de establecerse y sobrevivir en un ambiente extremoso como son las cuevas y en este caso una cueva sulfurosa. Por su parte, *Metazygia incerta* es una especie que al igual que *Tetragnatha elongata* (cuarto lugar de densidad relativa), se asocia comúnmente con los cuerpos de agua. En su caso se puede suponer que su presencia en el lugar es favorecida por la cueva, pues en ella encuentra agua y un refugio que no sólo es para las arañas, sino también para otros organismos como los dípteros, que se concentran en gran número y son una importante fuente de alimento.

*Corinnidae* sp. 5 y *Tetragnatha elongata* presentaron un bajo porcentaje de densidad relativa (5.9% y 2.9% respectivamente) y en ello influyen los hábitos de vida de las arañas. En el primer caso se trata de una depredadora errante, es decir, no teje telarañas y caza a sus presas forrajeando el lugar, de manera que la competencia entre individuos de la misma especie por sitios de caza, dificulta que se les encuentre en gran número, además estos arácnidos son muy veloces y se esconden con facilidad, por lo que fue muy difícil lograr su registro en el conteo con cuadros. En el caso de *Tetragnatha elongata*, la baja densidad puede estar ocasionada porque durante este muestreo aun no se daba el nacimiento de la nueva generación, evento que como veremos a continuación puede incrementar la densidad relativa de una especie de manera importante.

En la época de lluvias la figura 14, nos muestran que hubo tres especies con alta densidad relativa: *Tetragnatha elongata* (38.5%), *Maymena mayana* (33.3%) y *Metazygia incerta* (25.6%).

*Tetragnatha elongata*, la especie con mayor presencia dentro de la cueva en esta temporada, aumentó su población debido a que en su ciclo de vida, la temporada de eclosión de la nueva generación coincide con las lluvias y por ello se encontró gran cantidad de juveniles. Por el contrario *Maymena mayana* mostró una disminución en su densidad relativa, que pudo ser resultado de la competencia con *Tetragnatha elongata* pues ambas especies compiten por el mismo tipo de alimento (los dípteros, según observaciones en el lugar), llegándose a traslapar algunos sitios de caza (los cercanos a los cuerpos de agua). La especie *Metazygia incerta* (25.6%) no presentó gran variación con respecto a la época de secas.

En cuanto a las especies que no resultaron con gran densidad, *Corinnidae* sp. 5 (1.3%) disminuyó su proporción, probablemente por que durante el cuarto muestreo todavía no nacía una nueva generación; sin embargo, este comportamiento en su densidad debe corroborarse con métodos de colecta más adecuados para los hábitos errantes de la especie.

Durante la época de lluvias, se registró en los cuadros la especie *Gaucelmus calidus* (1.3%), la cual es muy representativa de ambientes subterráneos. De acuerdo a la literatura (Gertsch, 1984; Brignoli, 1972), este tipo de araña se ha adaptado a vivir en las cuevas, principalmente en los lugares más inaccesibles y de hecho se obtuvieron ejemplares de la especie en época de secas mediante colecta manual, pues se distribuyen preferentemente en sitios muy estrechos, de completa oscuridad y donde difícilmente se registran cambios en el aire; probablemente se le registró en cuadros durante la época de lluvias por un aumento en su población, que les obliga a ocupar sitios nuevos para establecerse.

## **Diversidad**

La diversidad biológica se analizó mediante los índices de diversidad de Simpson y Shannon; los resultados en el cuadro 3, indican que bajo el índice de Simpson, la diversidad fue mayor en época de lluvias, pues el valor obtenido (0.31) fue menor al calculado para época de secas (0.51); el índice de Simpson nos indica la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de la población pertenezcan a la misma especie, de manera que una alta probabilidad nos habla de baja diversidad, lo cual ocurre en época de secas, y una baja probabilidad se debe a la alta diversidad, que se observa en la época de lluvias.

Con el índice de diversidad de Shannon los resultados fueron similares; en este caso el índice nos da el grado de incertidumbre para predecir a qué especie pertenece un individuo sacado al azar de una población; la incertidumbre es baja cuando es baja la diversidad y al contrario, la incertidumbre aumenta si aumenta la diversidad. En el cuadro 3 el índice de Shannon confirma los resultados del índice de Simpson, pues en la época de secas el valor es bajo (0.87) y por tanto la diversidad también con respecto a la época de lluvias, que tiene un valor de 1.19.

En el cuadro 3 también encontramos los números de Hill para cada época, estos representan el número efectivo de especies en una muestra, es decir, el número de especies que son de importancia en la caracterización de una comunidad debido a su alta densidad relativa; los valores de Hill desprecian a las especies con poca densidad, dándoles la categoría de raras y señalan a las especies abundantes (N1) y muy abundantes (N2). En el caso de la época de secas, dos de las especies registradas fueron muy abundantes, mientras que en la época de lluvias tres especies tuvieron esa característica, lo cual nos dice que durante las lluvias la proporción de las especies es más homogénea, lo cual es indicio de mayor diversidad.

Los valores de baja diversidad para la época de secas con respecto a la época de lluvias se deben a dos factores: uno es la riqueza de especies, la cual fue mayor en época de lluvias; el otro es la equitatividad que nos indica qué tan uniforme fue el número de individuos entre las especies registradas para cada muestreo; en este caso también fue en época de lluvias donde hubo mayor equitatividad (Cuadro 3).

Con todos los datos anteriores, se puede afirmar que aún cuando el ambiente en una cueva tiende a ser estable a lo largo del año, las lluvias influyen favorablemente en la diversidad de arañas, lo cual se corrobora con la comparación del índice de Shannon mediante una prueba de t que resulta en una diversidad significativamente más alta durante las lluvias ( $t=3.2633$  para  $\alpha = 0.05$  y  $\gamma= 191.41$ ).

Analizando las dos épocas con el coeficiente de Sørensen se obtuvo un resultado de 0.88, lo cual nos indica que cerca del 90% de las especies son iguales en ambas épocas, es decir, no existe un cambio en la composición de especies de arañas entre una época y otra, la mayoría de las especies continúan a lo largo del año y solo varían en sus densidades como respuesta a las condiciones estacionales.

## C. DISTRIBUCIÓN ESPECÍFICA DE ARAÑAS DENTRO DE LA CUEVA

### Riqueza

Durante la época de secas (Fig. 15), la zona con menor riqueza específica fue la profunda, en ella sólo se encontraron dos especies de arañas: *Maymena mayana* y Corinnidae sp. 5. La baja riqueza específica en la zona profunda, indica que son muy pocas las especies capaces de adaptarse a un medio de completa oscuridad, con mucha humedad, pocos recursos alimenticios y altas concentraciones de sulfuros producidos por las bacterias que en esta zona presentan su mayor abundancia.

En la misma época, la zona media presentó la mayor riqueza de especies, lo cual obedece a que ésta es una zona de transición entre la entrada (zona de penumbra) y la profundidad de la cueva (zona profunda) de manera que puede albergar tanto a las especies que se han adaptado y son capaces de establecerse en la zona profunda (*Maymena mayana* y Corinnidae sp. 5), como a las especies menos adaptadas al ambiente cavernícola que predominan hacia la entrada de la cueva (*Metazygia incerta* y *Tetragnatha elongata*).

Para la época de lluvias (Fig. 15), el patrón de la riqueza específica en las diferentes zonas fue distinto pues, tanto la zona profunda como la zona media presentaron el mismo número, lo cual se debe probablemente a que el aumento de recursos alimenticios producido por las lluvias, permiten que ambas zonas sean más accesibles a los organismos y que éstos se distribuyan de una forma más homogénea que en la época de secas, lo cual se comprueba con el cuadro 5, en donde los índices de equitatividad de la zona profunda y media son mayores en época de lluvias que en secas.

En la zona de penumbra se contabilizó una especie más: *Gaucelmus calidus*, que sólo fue registrada en esta ocasión; es importante señalar, que se trata de una especie cuyo registro es difícil por las preferencias de hábitat del organismo. Esta especie de araña prefiere ambientes cerrados, tales como las mesocavernas que se forman entre las rocas y en las que es imposible hacer un conteo con cuadros; sin embargo, es una especie muy frecuente en las cuevas y en Las Sardinias se le localizó regularmente, a lo largo de toda las zonas en microhábitats casi aislados por medio de colecta directa. Su registro en los cuadros, probablemente se debió al aumento en los recursos alimenticios que favorecen la densidad de

las especies, de manera que crece la posibilidad de contabilizarlas aún en las zonas donde no son frecuentes.

## **Densidad**

El comportamiento de la densidad de arañas a lo largo de la cueva, está relacionado con la competencia entre las diferentes especies de arañas por los recursos disponibles, ya sea alimento o ambientes favorables para establecerse.

Durante la época de secas (Fig. 16) la zona profunda tuvo la mayor densidad de la cueva (7.4). La zona profunda es un lugar donde las condiciones son poco favorables permitiendo el establecimiento de sólo dos especies: *M. mayana* y la especie no determinada de Corinnidae. *M. mayana* establece sus telas en paredes y techo y se alimenta de dípteros, mientras que Corinnidae sp. 5, forrajea preferentemente en montículos de guano y se alimenta de ácaros y otros artrópodos guanófilos, de manera que aunque los hábitats que utilizan pueden traslaparse, los recursos que utilizan son diferentes y la competencia es poca, lo cual permite que las poblaciones de una y otra especie aumenten, reflejándose ello en una alta densidad.

En la misma época, las zonas media y de penumbra registraron una densidad igual, pero menor que en la zona profunda (6.6). Al existir un mayor número de especies, es más común que los sitios de caza de las diferentes arañas se traslapen, porque los recursos alimenticios son los mismos, de tal manera que la competencia interespecífica es mayor y limita la abundancia de las especies, lo cual se ve en una disminución de la densidad en ambas zonas.

El patrón de densidad en la época de lluvias (Fig. 16) es totalmente opuesto, pues la zona profunda registró la menor densidad (4.07). El bajo número de individuos pudo deberse a que el muestreo no coincidió con la nueva generación de las especies comunes, lo cual se afirma por la carencia de registros de ejemplares juveniles; además, el aumento en la densidad de especies que normalmente se encuentran en otras zonas y que con las lluvias pudieron establecerse en la zona profunda (*M. incerta*) creó una importante competencia interespecífica que disminuyó la densidad de las especies características de esta zona, incluso más que en la época de secas.

Tanto la zona media, como la zona de penumbra, presentaron un aumento en su densidad con respecto a la época de secas (10 y 15.8 respectivamente). Estos resultados tienen que ver con el aumento de los recursos que propicia la época de lluvias, ya que permitió que las poblaciones de arañas en las zonas media y de penumbra crecieran y registraran una alta densidad, incluso mayor a cualquiera de las zonas en la época de secas. Esto se ve confirmado por el hecho de que durante los registros se encontraron gran cantidad de juveniles, sobre todo de la especie *T. elongata*.

### **Densidad Relativa**

En el caso de la época de secas (Fig. 17a.) se aprecia que en la zona profunda sólo se registraron dos especies: *M. mayana* y Corinnidae sp. 5, las cuales presentaron una densidad relativa extremadamente desigual, que nos sugiere que *M. mayana* es la especie dominante, pues comprende más del 90% de la densidad en la zona (la dominancia de *M. mayana* se comprueba con los números de Hill del cuadro 5).

La marcada densidad se debe a que *M. mayana* se encontró en gran diversidad de microhábitats o biotopos, como las paredes, el techo, depósitos de sedimento, en las cercanías a la corriente de agua e incluso sobre las colonias de bacterias, mientras que Corinnidae sp. 5 fue frecuente sólo en los cúmulos de guano; además *M. mayana* es una araña tejedora que espera en un sitio a que quede atrapada su presa, por lo que al hacer el registro con los cuadros esta especie es evidente y fácil de contabilizar; por el contrario, Corinnidae sp. 5 forrajea el terreno en busca de presas, de manera que está en constante movimiento y se esconde fácilmente haciendo su registro mediante cuadros más difícil que el de *M. mayana*.

De manera que, *M. mayana* registró una alta densidad en esta zona porque la especie con la que comparte el hábitat tiene marcadas diferencias en sus hábitos de vida, de manera que no constituye una limitante para su crecimiento poblacional y por el contrario la plasticidad de sus sitios de caza le permiten ser más exitosa en su establecimiento en este tipo de hábitat, sin embargo, es necesario trabajar con nuevos métodos de colecta en los que se tome en cuenta los hábitos de los organismos (movilidad, tipo y horarios de caza, presas preferentes, etc.), para corroborar que la metodología no altere los resultados.

En la época de secas la zona media presentó la mayor cantidad de especies diferentes, siendo *M. incerta* la especie con más densidad relativa (58.4%) y *M. mayana* la segunda con más organismos por área (25%). Al parecer en este caso *M. incerta* representa una fuerte limitante para el establecimiento de *M. mayana*, posiblemente porque hay gran competencia entre ambas por sitios de caza y alimento, ya que estas especies tejen telarañas para cazar los dípteros que aquí son más abundantes cerca del agua.

Las otras dos especies encontradas fueron *T. elongata* y Corinnidae sp.5, las cuales tuvieron una densidad relativa igual (8.3%). Como se puede ver, la familia Corinnidae sigue manteniendo una densidad baja en la que influyen sus hábitos de vida, el hábitat que prefiere y el método de muestreo; mientras que, *T. elongata* se presenta escasamente, debido probablemente a su ciclo de vida, pues según la literatura y la observación de organismos adultos y no juveniles, sugiere que todavía no se había reproducido la especie (Levi, 1981).

En el caso de la zona de penumbra, durante esta época las especies y sus densidades permanecieron relativamente igual a la zona media, a excepción de Corinnidae sp. 5, que no se registró en la penumbra, pues en dicha zona son muy escasos los cúmulos de guano donde prefiere cazar.

Por otra parte, para la época de lluvias (Fig. 17b) encontramos que en la zona profunda se registraron las dos especies que ya se habían observado durante la época de secas *M. mayana* y Corinnidae sp. 5 y además se registró a *M. incerta*. En esta ocasión el establecimiento de *M. incerta* en una zona más aislada a las que normalmente prefiere posiblemente se debe, por un lado, a que la lluvia arrastra mayor materia orgánica y las presas de las arañas aumentan su población, de manera que el alimento ya no es una limitante en su establecimiento, aún en las zonas mas profundas de una cueva; por otro lado, se observa que las poblaciones de *T. elongata* tuvieron un aumento significativo de sus densidades en la zona media y de penumbra convirtiéndose en una fuerte competencia para *M. incerta* con quien comparten los sitios de caza y las presas, de manera que la especie se desplazó un poco más hacia la profundidad de la cueva donde enfrentaba una menor competencia.

En esta época, en la zona media no se registró a la especie de la familia Corinnidae y las densidades de *M. mayana* y *M. incerta* bajaron con respecto a la época de secas, esto se debe a que la especie *T. elongata* aumentó en gran medida su densidad desplazando a las especies restantes. Este mismo patrón

ocurrió en la zona de penumbra, con la diferencia de que aquí fue registrada una nueva especie, *G. calidus* la cual tuvo una densidad muy baja.

Analizando el comportamiento de la densidad relativa de cada especie a lo largo de la cueva en diferentes épocas del año (Fig. 17a,b), se observó que, *M. mayana* es capaz de establecerse en cualquier zona sin importar la época, aunque preferentemente se le encuentra en la zona profunda.

A la especie *M. incerta* se le observa comúnmente en las zonas media y de penumbra, donde se alimenta de larvas de dípteros que habitan los cuerpos de agua; difícilmente se le encuentra en la zona profunda, donde llega a establecerse sólo en las cercanías con la zona media, pues aunque en ésta zona son abundantes los dípteros, factores abióticos como la oscuridad permanente o las características del aire en la profundidad de la cueva, parecen no favorecer el establecimiento de este tipo de arañas.

Por su parte, *Corinnidae* sp. 5 se le encontró sobre todo en las zonas media y profunda, donde es más abundante el guano, un biotopo que ofrece suficientes recursos alimenticios para los depredadores forrajeros como lo son estas arañas. En todos los casos, la densidad relativa de la especie fue baja, pero en ello se debe tomar en cuenta, la influencia de un método de conteo que no es el óptimo para el estilo de vida de la especie. Para un organismo con hábitos de vida como los que presenta *Corinnidae* sp. 5, se puede sugerir el método de colecta con trampas Pitfall, sin embargo, con este tipo de método se debe considerar una mayor alteración ecológica que solo se puede permitir cuando es absolutamente necesario.

*T. elongata* es otra especie asociada a los cuerpos de agua, aunque no al ambiente hipogeo (tal como *M. incerta*); por ello, fue registrada únicamente en las zonas media y de penumbra. Su densidad fue muy variable entre las épocas de año, siendo durante las lluvias cuando hubo un aumento significativo en el número de individuos y la proporción de éstos con respecto a las demás especies.

A la especie *G. calidus* sólo se le registró en la zona de penumbra durante la época de lluvias, pero como ya se discutía, se trata de una especie comúnmente registrada en cuevas y que en éste caso se encontró mediante colecta manual a todo lo largo de la cavidad, preferentemente en mesocavernas, es decir, en pequeñas grietas y cavidades muy aisladas que aún cuando se presentan en las diferente zonas de la cueva, poseen las características de la zona profunda debido a su gran aislamiento (Howarth,

1983). Este es otro caso en el que el conteo con cuadros no es del todo eficaz por el estilo de vida del organismo.

## **Diversidad**

Los valores de diversidad biológica durante la época de secas (Cuadro 5) indican que las condiciones extremas de una cueva, sobre todo en las zonas más aisladas, son una barrera para el establecimiento de los organismos, pues existen muy pocas especies capaces de adaptarse a este tipo de ambientes (en este caso solo fueron dos), aún cuando algunas de esas especies llegan a ser muy abundantes (de acuerdo con los números de Hill solo una especie se considera abundante y muy abundante), no es posible observar una alta diversidad (la zona profunda fue la menos diversa con un índice de diversidad de Simpson de 0.85 y un índice de Shannon de 0.26), la cual implica un elevado número de especies con abundancias equivalentes (en la misma zona el índice de equitatividad fue el más bajo con 0.38).

La zona media fue la que presentó una mayor diversidad tanto con el índice de Simpson (0.36), como con el de Shannon (1.07), lo cual obedece a que en ella hubo más especies que en cualquier otra zona, pues como ya se mencionaba, las condiciones permiten albergar organismos que pueden ser más comunes en la entrada o en la profundidad de la cueva y además las especies presentes tuvieron una equitatividad alta (0.77), lo cual se refleja en que tres de las cuatro especies encontradas sean consideradas como abundantes ( $N_1$  y  $N_2 = 3$ ).

La zona de penumbra tuvo una diversidad parecida a la zona media, incluso registró el mayor índice de equitatividad (0.78), sin embargo, se mantuvo por debajo de la zona media debido a que presentó una menor riqueza específica que esta última (Cuadro 5).

Al analizar la figura 18a., se comprueba que las características abióticas de las diferentes zonas de la cueva sí pueden influenciar y diferenciar la diversidad existente; en el caso particular de la cueva de Las Sardinias, se observa una diferencia significativa de las zonas media y de penumbra con respecto a la zona profunda en cuanto a diversidad. Lo anterior se debe a que en la cueva, la parte profunda tiene un alto nivel de aislamiento y características propias, como las bacterias, que hacen que la zona pueda ser ocupada sólo por las especies más adaptadas; por su parte la zona media no tiene un gran

aislamiento debido a las múltiples claraboyas existentes, de tal forma que sus condiciones se asemejan a la zona de penumbra y por ello ambas zonas presentan diversidades similares.

En cuanto a la época de lluvias, nuevamente la zona profunda fue la que presentó menor diversidad (0.67 con el índice de Simpson y 0.57 con el índice de Shannon); sin embargo, sus valores aumentaron con respecto a la época de secas, lo cual se debe a que aumentó el número de especies y la equitatividad con que se distribuyeron las mismas (0.52). Incluso aumentó el número de especies abundantes (N1). Se puede decir entonces que aún siendo la zona con menor diversidad a lo largo del año, es muy probable que los recursos de la época de lluvias influyan positivamente, incluso en la profundidad de la cueva.

Para la misma época, el cuadro 5 refiere que la zona media registró una diversidad mayor a la zona profunda (el valor fue de 0.41 con el índice de Simpson y 0.93 con el de Shannon); resultado obtenido, porque las especies ahí presentes tuvieron una densidad más homogénea entre sí, que la observada entre las especies de la zona profunda, tal como lo muestra el índice de equitatividad (0.85). En cuanto a los números de Hill, ambas zonas tuvieron dos especies abundantes (N1), pero la zona media registró un mayor número de especies muy abundantes (N2). Con respecto a la época de secas, la zona media disminuyó su diversidad, ya que fue menor el número de especies registradas (Fig. 15); sin embargo, estas especies tuvieron una mayor cantidad de recursos alimenticios, que les permitió aumentar su densidad (Fig. 16) sin perder la equitatividad, la cual fue mayor que en cualquier otra zona a lo largo del año.

La disponibilidad de recursos en la zona de penumbra es mayor con respecto a las demás zonas, por que es el lugar más comunicado con el ambiente exterior, ello explica que presentara la mayor diversidad en época de lluvias e incluso en todo el año (Cuadro 5), diversidad que implica un gran número de especies (Fig. 15), alta densidad de organismos (Fig. 16) y uno de los más altos valores de equitatividad (0.77), registró también los valores más altos en las especies abundantes (N1=3) y muy abundantes (N2=3) de toda la época.

Analizando la diversidad de cada zona en época de lluvias, la figura 18b nuevamente presenta un patrón parecido al de la época de secas, en el que la zona profunda tiene una diversidad significativamente menor a las dos zonas restantes, las cuales son muy parecidas entre sí.

Al tomar en cuenta los datos agrupados de ambas épocas para analizar cada zona, se llegó a un patrón general en el que la riqueza y densidad de especies, así como la diversidad y especies abundantes (Cuadro 5) tienden a ser significativamente menores en la zona profunda que en las zonas media y de penumbra (Fig. 18c).

Sobre la variación de la población de arañas a lo largo del año, es evidente que la zona profunda es la menos diversa por presentar las características ambientales menos favorables para los organismos. Por su parte, las zonas media y de penumbra tienen una diversidad mayor, muy similar entre sí, debido a que en ellas las condiciones del ambiente hipogeo son menos marcadas que en la zona profunda, de manera que hay una mayor accesibilidad para el establecimiento de las diferentes especies de arañas. En todo caso, la diversidad aumentó en la época de lluvias, ya sea por un aumento en la riqueza de especies o un mayor índice de equitatividad, ambas cosas derivadas de una mayor cantidad de recursos alimenticios que las especies pueden aprovechar en dicha época.

Considerando las especies que coinciden en las diferentes zonas, el cuadro 6 indica que tanto en la época de secas como en la de lluvias, las zonas de penumbra y media son las que comparten mayor número de especies (0.85) es decir, la gran mayoría de las especies son capaces de adaptarse a vivir en una u otra zona de manera indistinta. Es menor el número de especies que puede adaptarse tanto a la zona media como a la profunda (0.66 en ambas épocas), pero la diferencia mayor en cuanto a la composición de especies se da entre la zona de penumbra y la profunda (0.40 en secas y 0.57 en lluvias), debido a que la penumbra se encuentra en contacto con el exterior y la profunda tiene el mayor nivel de aislamiento, de manera que las condiciones abióticas en una y otra zona son diferentes y pocas especies tienen suficiente plasticidad para adaptarse a ambos tipos de hábitat.

Al agrupar los datos de las épocas de lluvias y secas (Cuadro 6), la mayor similitud se da entre las zonas media y profunda, por lo que se puede sugerir que en todos los casos, el grado de similitud de la zona media con cualquiera de las zonas aledañas es mayor que la similitud de las zonas de los extremos de la cueva, pues las especies de la zona media pueden, en cierto grado, desplazarse hacia los extremos.

## D. CLASIFICACIÓN ESPELEOLÓGICA DE ARAÑAS

Las ocho especies encontradas dentro de la cueva se encuentran en el Cuadro 7 clasificadas en: especies troglobias, troglófilas y troglóxenas de acuerdo a las observaciones de sus hábitos que se hicieron durante los muestreos y la información bibliográfica disponible. Las propuestas a las que se llegó durante este trabajo son las siguientes:

La especie *Maymena mayana* se clasificó como troglobia porque solo se encuentra dentro de la cueva, es decir, realiza todo su ciclo de vida en el subsuelo; además, su establecimiento a lo largo de todas las zonas de la cavidad, incluso directamente sobre las colonias de bacterias, nos indica que ha desarrollado mecanismos de adaptación al ambiente hipogeo y a los altos niveles de acidez producidos por las bacterias. No presenta troglomorfismos evidentes, pero las adaptaciones a la vida cavernícola podrían esclarecerse con investigaciones sobre su fisiología, etología y reproducción.

En el caso de *M. incerta* y *T. elongata* que tienen preferencia por establecerse en lugares muy cercanos a los cuerpos de agua, la cueva representa un espacio más que puede ser aprovechable, pero no el único y por ello pueden vivir y reproducirse dentro de la cueva, pero también son capaces de hacerlo fuera de la misma. Durante las colectas no se les encontró en los alrededores de la entrada, pero sí en lugares más alejados, por donde circula el arroyo proveniente de la cueva y la literatura confirma estas observaciones (Levi, 1981, 1995); es por ello que en este trabajo son consideradas como especies troglófilas.

Este es el mismo caso de la familia Corinnidae, cuya especie encontrada en la cueva forrajea en los cúmulos de guano, los cuales representan una fuente inagotable de alimento; sin embargo, hay registros de su establecimiento en el exterior (Austin, 1984; Jackson & Poulsen, 1990), donde son encontradas con dificultad pues prefieren sitios bajo la hojarasca, entre la corteza de los árboles o en zonas con vegetación abundante. Se propone que se trata de una especie que puede vivir y reproducirse tanto en el interior como en el exterior, pero ha establecido una preferencia por los cúmulos de guano que se encuentran dentro de la cueva, por lo que puede considerarse troglófila, y al ser el guano un biotopo reconocido, también puede considerarse guanófila, quedando por comprobar, el grado de relación que estos organismos tienen con dicho biotopo.

La especie *Gaucelmus calidus* es otro ejemplo de organismo troglobio, el cual sólo puede encontrarse en los rincones más aislados de las cuevas. De acuerdo con la literatura, casi la totalidad de la familia Nesticidae se presentan dentro de las cuevas y es catalogada como organismos troglobios, algunas especies presentan troglomorfismos (Gertsch, 1971, 1984; Lehtinen & Saaristo, 1980) la mayoría de ellos bien reconocidos en las claves taxonómicas, pero en este caso no se observaron y la morfología de los ejemplares colectados coincidió con la reportada en la bibliografía.

La especie *Scytodes intricata*, puede proponerse como un organismo troglófilo, pues las adaptaciones que presenta no son encaminadas al ambiente cavernícola, sino más bien, a los lugares poco alterados y oscuros, de manera que pueden vivir y reproducirse tanto en una cueva, como entre la vegetación abundante o en un rincón de una casa. En otras palabras se trata de un troglófilo, porque puede salir de la cueva pero tiene cierta afinidad por ella debido a la ausencia de luz y el refugio que ofrece.

Otra especie considerada troglófila es *Tinus* sp., la cual se registró dentro y fuera de la cueva. *Tinus* es un género de organismos errantes que forrajean amplias zonas en busca de alimento, prefieren lugares bajo la hojarasca o rocas y las características de la cueva no le impiden buscar alimento dentro e incluso reproducirse, lo cual se comprueba al registrarse ejemplares de la especie en diversas etapas del ciclo de vida.

La única especie que puede ser considerada como troglóxena en esta cueva es *Mexigonus* sp. Se trata de un organismo errante encontrado accidentalmente en el lugar; esto se afirma porque se colectó cerca de una claraboya (es decir una abertura en el techo de la cueva) y se trata de una especie perteneciente a un género y una familia caracterizadas por su buena visibilidad, una adaptación que no tiene sentido en una cueva donde la luz no penetra.

El alto porcentaje de especies troglófilas que se muestra en la figura 19, indica que en organismos como las arañas, las cuevas proporcionan un refugio a factores externos, de manera que son aprovechadas fácilmente debido a la plasticidad que este grupo tiene para establecerse en gran variedad de ambientes; sin embargo, el porcentaje de especies troglóbias es pequeño, lo cual nos dice que hay mayor dificultad en desarrollar adaptaciones específicas para sobrevivir exclusivamente en un ambiente extremo. La plena adaptación de un organismo al hábitat subterráneo requiere una gran cantidad de

tiempo, por ello las pocas especies troglobias indican que ésta cueva en particular tiene un origen reciente o fue accesible hace poco tiempo (en términos geológicos).

El menor porcentaje fue de las especies troglóxenas, debido a que difícilmente puede registrarse un individuo accidental; no obstante, debe ser regular la entrada de este tipo de especies, pero por sus características, las arañas fácilmente pueden salir del lugar.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Con el presente trabajo, se encontró un total de 17 especies distintas asociadas a la zona de la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México. En el interior de la cueva se registraron ocho especies (*Scytodes intricata*, *Mexigonus* sp., Corinnidae sp. 5, *Tinus* sp., *Gaucelmus calidus*, *Maymena mayana*, *Metazygia incerta* y *Tetragnatha elongata*), mientras que en el exterior se contabilizaron diez; sólo una especie se encontró en ambos sitios (*Tinus* sp.).
2. La riqueza, densidad y diversidad de especies de arañas dentro de la cueva, aumentó significativamente en la época de lluvias, como consecuencia del incremento de los recursos alimenticios.
3. Analizando la cueva mediante su división en zona profunda, media y de penumbra, se encontró que la zona profunda fue la más escasa en riqueza, densidad y diversidad de arañas, debido a que en ella están más acentuados los factores abióticos que dificultan el establecimiento de las especies. Las zonas media y de penumbra tuvieron valores más altos y similares entre sí.
4. De las ocho especies de arañas encontradas dentro de la cueva, dos se consideran troglobias (*Gaucelmus calidus* y *Maymena mayana*), cinco troglófilas (*Scytodes intricata*, Corinnidae sp. 5, *Tinus* sp., *Metazygia incerta* y *Tetragnatha elongata*) y una troglóxena (*Mexigonus* sp.). No se presentaron casos de troglomorfismos evidentes.
5. Al ser éste el primer trabajo que analiza particular y estadísticamente las características y el comportamiento de la comunidad de arañas dentro de una cueva, constituye una aportación tanto a la bioespeleología, como al conocimiento de la araneofauna en nuestro país; en particular, hace una importante aportación al conocimiento biológico de la cueva de Las Sardinas, una de las escasas cavidades sulfurosas con presencia de bacterias quimioautótrofas.

## RECOMENDACIONES

La contribución de este trabajo al conocimiento de la fauna, en particular del orden Araneae, de la cueva de Las Sardinias, también acrecentó el conocimiento de la araneofauna y la bioespeleología en nuestro país. Al arrojar resultados con fundamentos estadísticos, es posible llevar a cabo comparaciones y complementar futuras investigaciones tanto del área biológica como espeleológica. Por ello, es recomendable seguir apoyando investigaciones de este tipo que, aunque parecieran abordar aspectos muy particulares, al final son contribuciones a conocimientos más generales de distintas áreas.

Es necesario el apoyo a investigaciones que aborden el estudio de las arañas, pues nuestro país es sumamente diverso en este grupo y su conocimiento todavía es limitado; se necesita apoyar también, la formación de estudiantes dentro del área, pues las experiencias en este trabajo indican que existe el interés por parte de los alumnos; desafortunadamente, los investigadores que pueden guiar ese interés son escasos.

Es recomendable seguir contribuyendo con el conocimiento espeleológico; desde el punto de vista biológico, las cuevas constituyen un hábitat poco conocido, pero muy sensible y fácilmente alterable, por lo que es urgente desarrollar medidas de conservación que sólo pueden ser fundamentadas en la investigación científica.

En relación con lo anterior, es también de suma importancia seguir apoyando la preparación de biólogos en el campo espeleológico pues, dentro de una cueva, el investigador se enfrenta tanto a dificultades de método y de conservación, como a retos éticos y de seguridad propia y de sus compañeros; de manera que se requiere contar con una preparación espeleológica complementaria para estudiar los aspectos biológicos en este tipo de ambientes.

## LITERATURA CITADA

- Alayón, G. 1981. Nueva especie de *Filistata Latrielle*, 1810 (Araneae : Filistatidae), de México. *Poeyana* 119:1-5.
- Álvarez del Toro, M. 1992. **Arañas de Chiapas**. Ed. Universidad Autónoma de Chiapas, México. 297 pp.
- Álvarez, P. F. 1999. **Estudio faunístico de la familia Araneidae (Arachnida : Araneae) en la selva baja caducifolia del municipio de El Limón, Jalisco, México**. Tesis Profesional. Biología, ENEP Iztacala, UNAM, México, 87 pp.
- Austin, A. D. 1984. Life history of *Clubiona robusta* L. Koch and related species (Araneae, Clubionidae) in South Australia. *The Journal of Arachnology* 12:87-104.
- Banks, N. 1896. New Californian Spiders. *Journal of New York Entomological Society* 4:88-91.
- Banks, N. 1898. Arachnida from Baja California, and other parts of Mexico. *Proceedings of the California Academy Science* 1:205-308.
- Becker, L. 1878. Diagnoses de quelques Aranéides du Mexique. *Annales de la Société Entomologique de Belgique* 21:77-80
- Begon, M., J. Harper & C. Townsend. 1999. **Ecología. Individuos, Poblaciones y Comunidades**. Omega, Barcelona. 1148 pp.
- Bilimek, D. 1867. Fauna der Grotte Cacahuamilpa in Mexico. *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien* 17:901-908.
- Blandin, P. 1977. Note sur la presence de *Tetrablemma cambridgei* Bryant au Mexique (Araneae, Tetrablemmidae). *Revue Arachnologique* 1:85-88.
- Bolívar, C. 1940. Exploración de la caverna de Cacahuamilpa (Guerrero, México). *Ciencia* 1:125-126.
- Bonaldo, A. B. 2000. Taxonomia da subfamilia Corinninae (Araneae, Corinnidae) nas regioes neotropical e neártica. *Iheringia, Serie Zoologia* 89:3-148.
- Bonet, F. 1953. Espeleología mexicana. Cuevas de la Sierra Madre Oriental de la región de Xilitla. *Boletín del Instituto de Geología de la UNAM* 57:1-96.
- Bonet, F. 1971. Espeleología de la región de Cacahuamilpa, Guerrero. *Boletín del Instituto de Geología de la UNAM* 90:1-98.
- Bowling, T. A. & R. J. Sauer. 1975. A taxonomic revision of the crab spider genus *Coriarachne* (Araneida, Thomisidae) for North America North of Mexico. *The Journal of Arachnology* 2:183-193.
- Brady, A. R. 1962. The spider genus *Sosippus* in North America, Mexico, and Central America (Araneae, Lycosidae). *Psyche* 69:129-164.
- Brady, A. R. 1964. The lynx spiders of North America, north of Mexico (Araneae: Oxyopidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 131:429-518.
- Brady, A. R. 1970. The lynx spider genus *Hamataliwa* in Mexico and Central America (Araneae:Oxyopidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 140:75-128.

- Brady, A. R. 1975. The lynx spider genus *Oxyopes* in Mexico and Central America (Araneae:Oxyopidae). *Psyche* 82:189-243.
- Brignoli, P. M. 1972. Some cavernicolous spiders from Mexico (Araneae). *Quaderno Accademia Nazionale Lincei* 171:129-155.
- Brignoli, P. M. 1974. Notes on spiders, mainly cave-dwelling, of Southern Mexico and Guatemala (Araneae). *Quaderno Accademia Nazionale Lincei* 171:195-238.
- Brignoli, P. M. 1977. Spiders from Mexico III. A new leptonetid from Oaxaca (Araneae, Leptonetidae). *Quaderno Accademia Nazionale Lincei* 171:213-218.
- Brower, J. E. & J. H., Zar. 1984. **Field & laboratory methods for general ecology**. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa. 365 pp.
- Brown, K. M. 1973. A preliminary checklist of the spiders of Nacogdoches, Texas. *The Journal of Arachnology* 1:229-240.
- Camacho, A. I. (ed.). 1990. **The natural history of biospeleology**. Impresiones gráficas Mar-Car, Madrid, España. 1103 pp.
- Cano, Z. & J. Martínez. 1999. **Las cuevas y sus habitantes**. Fondo de Cultura Económica, México. Col. La Ciencia para Todos 181. 165 pp.
- Carter, P. & A. Rypstra. 1995. Top-down effects in soybean agroecosystems: spider density affects herbivore damage. *Oikos* 72:433-439.
- Casadevall, T. J., S. De la Cruz, W. I. Rose, S. Bagley, D. L. Finnegan & W. H. Zoller. 1984. Crater lake and post-eruption hidrothermal activity, El Chichón volcano, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 23:169-191.
- Castaño-Meneses, G. 2003. Hormigas (Hymenoptera:Formicidae) de la cueva de Las Sardinas, Tabasco, México. *Entomología Mexicana* 3:148-152.
- Castelo, J. L. 2000. **Diversidad de Salticidae (Arachnida: Araneae) en una localidad de la selva baja caducifolia del sur de Jalisco, México**. Tesis Profesional. Biología, ENEP Iztacala, UNAM, México, 77pp.
- Chamberlin, R. V. 1924. The spider fauna of the shores and islands of the Gulf of California. Expedition of the California Academy of Sciences to the Gulf of California in 1921. (28). *Proceedings of the California Academy Science* 12: 561-694.
- Chamberlin, R. V. & W. J. Gertsch. 1958. The spider family Dictynidae in America North of Mexico. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 116:1-152.
- Chamberlin, R. V. & W. Ivie. 1936. New spiders from Mexico and Panama. *Bulletin of the University of Utah* 27:1-103.
- Chamberlin, R. V. & W. Ivie. 1938. Araneida from Yucatán. *Carnegie Institution of Washington* 491:123-136.
- Chase, J. 1996. Abiotic controls of trophic cascades in a simple grassland food chain. *Oikos* 77:495-506.
- Chickering A. M. 1937. Notes and studies on Arachnida III. Arachnidae from the San Carlos Mountains. *In*: Arbor, A. (ed). **Geology and Biology of the San Carlos Mountains, Tamaulipas, Mexico**, University of Michigan Press. pp. 271-282.
- Chickering A. M. 1957. Notes on certain species of *Tetragnatha* (Araneae, Argipidae) in Central America and Mexico. *Breviora* 67:1-4.
- Christiansen, K. A. 1962. Proposition pour la classification des animaux cavernicoles. *Spelunca* 4:76-78.

- Christiansen, K. A., 1995. La evolución de la vida cavernícola. *Mundos Subterráneos* 6:25-32.
- Coddington, J. A. & H. W. Levi. 1991. Systematics and Evolution of spiders (Araneae). *Annual Review of Ecology and Systematics* 22:565-592.
- Comstock, J. H. 1912. **The spider book; a manual for the study of the spider and their near relatives, the scorpions, pseudoscorpions, whipscorpions, harvestmen and other members of the class Arachnida, found in America north of Mexico, with analytical keys for their classification and popular accounts of their habits.** Garden City, New York. 721 pp.
- Correa, R. M. 2001. **Estudio comparativo de las arañas de la vegetación arbustiva y arbórea de dos comunidades vegetales en Tlancualpican, Puebla y Cerro El Horno, Morelos, México.** Tesis Profesional. Biología, FES Zaragoza, UNAM, México, 45 pp.
- Doran, N. E., A. M. M. Richardson & R. Swain. 1999. The reproductive behaviour of *Hickmania troglodytes*, the Tasmanian cave spider (Araneae, Austrochilidae). *Zoological Society of London* 253:405-418.
- Durán, B. C. G. 2000. **Estudio faunístico de la familia Theridiidae (Arachnida: Araneae) en la selva baja caducifolia del sur de Jalisco, Municipio El Limón, México.** Tesis Profesional. Biología, ENEP Iztacala, UNAM, México, 120 pp.
- Edwards, G. B. 2002. A review of the Nearctic jumping spiders (Araneae: Salticidae) of the subfamily Euophryinae north of Mexico. *Insecta Mundi* 16:65-75.
- Estrada, D. A. 2005. Biodiversidad de microartrópodos en una cueva multienergética en Tabasco, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 70 pp.
- Estrada, D. A. & R. Iglesias. 2003. Biodiversidad de ácaros oribátidos (Acari: Cryptostigmata) de la cueva de "Las Sardinias", Tabasco, México. *Entomología Mexicana* 2:46-52.
- Estrada, D. A. & B. E., Mejía-Recamier. 2005. Cunáxidos de la cueva de Las Sardinias, Tabasco, México. *In*: Morales, A., A. Mendoza, M. P. Ibarra & S. Stanford (ed). *Memorias del VII Congreso Nacional de Espeleología*. Monterrey, México, pp: 44-46.
- Flores, O. & P. Gerez. 1994. **Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo.** CONABIO-Universidad Nacional Autónoma de México, México. 439 pp.
- Foelix, R. 1992. **Biology of spiders.** Harvard University press, USA. 355 pp.
- Fuentes, S. M. 2002. Aportaciones recientes a la historia de la bioespeleología mexicana. *Mundos Subterráneos* 13:7-15.
- Gamboa, V. J. A. & L. Kú. 1998. Descripción de la cueva Las Sardinias, Villa Luz, Tabasco, México. *Mundos Subterráneos* 9:51-54.
- Gaviño, R. 1999. **Arácnidos edáficos de una zona con selva baja subcaducifolia en el municipio de Puente Nacional, Veracruz, México.** Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 77 pp.
- Gertsch, W. J. 1958. The spider genus *Loxosceles* in North America, Central America and the West Indies. *American Museum Novitates* 1907:1-46.
- Gertsch, W. J. 1960. Description of American spiders of the family Symphytognathidae. *American Museum Novitates* 1981:1-40.
- Gertsch, W. J. 1971. A report on some Mexican cave spiders. *Bulletin Association for Mexican Cave Studies* 4:47-111.
- Gertsch, W. J. 1973. A report on cave spiders from Mexico and Central America., *Bulletin Association for Mexican Cave Studies* 5:141-163.

- Gertsch, W. J. 1977. Report on cavernicole and epigeal spiders from the Yucatan peninsula. *Bulletin Association for Mexican Cave Studies* 6:103-131.
- Gertsch, W. J. 1979. **American spiders**. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 274 pp.
- Gertsch, W. J. 1984. The spider Family Nesticidae (Araneae) in North America, Central America and the West Indies. *Bulletin Texas Memorial Museum* 31:1-91.
- Gertsch, W. J. & L. I. Davis. 1937. Report on a collection of spiders from Mexico I. *American Museum Novitates* 961:1-29.
- Gertsch, W. J. & L. I. Davis. 1940a. Report on a collection of spiders from Mexico II. *American Museum Novitates* 1059:1-18.
- Gertsch, W. J. & L. I. Davis. 1940b. Report on a collection of spiders from Mexico. III. *American Museum Novitates* 1069:1-22.
- Gertsch, W. J. & L. I. Davis. 1942. Report on a collection of spiders from Mexico. IV. *American Museum Novitates* 1158:1-19.
- Gertsch, W. J. & L. I. Davis. 1946. Report on a collection of spiders from Mexico. V. *American Museum Novitates* 1313:1-11.
- Gertsch, W. J. & F. Ennik. 1983. The spider genus *Loxosceles* in North America, Central America and the West Indies (Araneae, Loxoscelidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 175:264-360.
- Ginet, R. & V. Decou. 1977. **Initiation a la Biologie et a l'ecologie souterraines**. Jean-Pierre Delarge Ed., Francia. 345 pp.
- Gordon, M. S. & D. E. Rosen. 1962. A cavernicolous form of the Poeciliid fish *Poecilia sphenops* from Tabasco, Mexico. *Copeia* 2:360-368.
- Guerrero, T. M. C. 1992. **Contribución al estudio de los arácnidos cavernícolas de México**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 50 pp.
- Hadley, N., G. A. Ahearn & F. G. Howarth. 1981. Water and metabolic relations of cave-adapted and epigeal Lycosid spiders in Hawaii. *The Journal of Arachnology* 9:215-222.
- Herrera, A. L. 1891. Animales recogidos en la caverna de Cacahuamilpa. *Memorias de la Sociedad Científica Alzate* 5: 218-220.
- Hoffmann, A. 1976. **Relación Bibliográfica Preliminar de las Arañas de México (Arachnida: Araneae)**. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Publicaciones especiales 3, México. 117 pp.
- Hoffmann, A., J. G. Palacios-Vargas & J. B. Morales-Malacara. 1986. **Manual de Bioespeleología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, México)**. UNAM, México. 171 pp.
- Hose, L. D. & J. A. Pisarowicz. 1997a. Exploration and mapping of Cueva de Villa Luz (Cueva de la Sardina), Tabasco, México. *Journal of Cave and Karst Studies* 59:173.
- Hose, L. D. & J. A. Pisarowicz. 1997b. Geologic setting of cueva de Villa Luz-A reconnaissance study of an active sulfur spring cave. *Journal of Cave and Karst Studies* 59: 171
- Hose, L. D. & J. A. Pisarowicz. 1999. Cueva de Villa Luz, Tabasco, México: Reconnaissance study of an active sulfur spring cave and ecosystem. *Journal of Cave and Karst Studies* 61:13-21.
- Hose, L. D., A. N. Palmer, M. V. Palmer, D. E. Northup, P. J. Boston & H. R. DuChene. 2000. Microbiology and geochemistry in hydrogen-sulphide-rich karst environment. *Chemical Geology* 169:399-423.

- Howarth, F. G. 1983. Ecology of cave arthropods. *Annual Review of Entomology* 28:365-389.
- Ibarra-Núñez, G. 1979. **Las arañas Labidognatha de la parte norte del pedregal de San Ángel**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 180 pp.
- Ibarra-Núñez, G. 2001. The unusual egg-rod of the spider *Homalometa chiriqui* (Araneae: Tetragnathidae) and other biological data. *The Journal of Arachnology* 29:431-433.
- Ibarra-Núñez, G. & J. A. García. 1998. Diversidad de tres familias de arañas tejedoras (Araneae: Araneidae, Tetragnathidae, Theridiidae) en cafetales del Soconusco, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana* 102:11-20.
- Ibarra-Núñez, G. & J. A. López. 1993. Los artrópodos asociados a cafetales en un cafetal mixto del Soconusco, Chiapas. Variedad y abundancia. *Folia Entomológica Mexicana* 3:145-150.
- Ibarra-Núñez, G., J. A. García & M. A. Moreno. 1995. La comunidad de artrópodos de dos cafetales con diferentes prácticas agrícolas (orgánico y convencional): el caso de las arañas (Arachnida: Araneae). *Memorias XXX Congreso Nacional de Entomología*. Estado de México, México, pp: 12-13.
- Ibarra-Núñez, G., J. A. García & M. A. Moreno. 1997a. Diferencias en la depredación por arañas tejedoras de redes (Arachnida: Araneae) en cafetales del Soconusco, Chiapas, México con diferente sistema de producción (orgánico y convencional). *Memorias XXXII Congreso Nacional de Entomología*. Metepec, Puebla, México, pp: 5-6.
- Ibarra-Núñez, G., J. A. García & M. A. Moreno. 1997b. Diversidad de arañas tejedoras (Arachnida: Araneae). *Memorias XXXII Congreso Nacional de Entomología*. Metepec, Puebla, México, pp: 6.
- Ibarra-Núñez, G., J. A. García, M. A. Moreno, J. A. López & J. P. Lachaud. 2001. Prey analysis in the diet of some ponerine ants (Hymenoptera: Formicidae) and web-building spiders (Araneae) in coffee plantations in Chiapas, México. *Sociobiology* 37:723-755.
- Ibarra-Núñez, G., J. P., Lachau, J. A. López, M. A. Moreno & J. A. García. 1996. Insect predation by some ponerine ants and weaver-spiders in coffee orchards in Chiapas, México. *Proc 20<sup>th</sup> International Congreso of Entomology*. Florencia, Italia, pp: 545.
- INEGI, 1998. Carta Topográfica: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, escala 1:50,000.
- Jackson, R. R. & B. A., Poulsen. 1990. Predatory versatility and intraspecific interactions of *Supunna picta* (Araneae: Clubionidae). *New Zealand Journal of Zoology* 17:169-184.
- Jiménez, M. L. 1980. **Taxonomía y comportamiento de las especies de Lycosidae (Arácnida: Araneae) de Santa Cruz Xochitepec, México**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 82 pp.
- Jiménez, M. L. 1983. Una nueva especie de *Pardosa* del grupo lapidicina (Lycosidae: Araneae) de Amacuzac, Morelos. *Folia Entomológica Mexicana* 55:153-159.
- Jiménez, M. L. 1986a. Descripción de arañas del género *Pardosa*, grupo "distincta" (Araneae: Lycosidae). *Folia Entomológica Mexicana* 70:123-129.
- Jiménez, M. L. 1986b. Descripción de una nueva especie de la familia Thomisidae (Arachnida: Araneae) de México. *Anales del Instituto de Biología Serie Zoológica* 56:11-14.
- Jiménez, M. L. 1986c. Descripción de una nueva especie del género *Dictyna* (Dictynidae: Araneae) de México. *Anales del Instituto de Biología Serie Zoológica* 56:693-696.
- Jiménez, M. L. 1988a. Dos nuevas arañas cangrejo (Araneae, Thomisidae) de México. *The Journal of Arachnology* 15:395-399.

- Jiménez, M. L. 1988b. *Zelotes santos* (Gnaphosidae, Araneae): Description of the male from Sierra de la Laguna, B. C. S., México. *The Journal of Arachnology* 16: 253-254.
- Jiménez, M. L. 1989. **Las Arañas Araneomorphae de San Francisco Oxtotilpan, Estado de México**. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 82 pp.
- Jiménez, M. L. 1991. Araneofauna de las Islas Revillagigedo, México. *Anales del Instituto de Biología Serie Zoológica* 62: 417-429.
- Jiménez, M. L. 1992. New species of crab spiders from Baja California Sur (Araneae: Thomisidae). *The Journal of Arachnology* 20:52-57.
- Jiménez, M. L. 1996. Araneae. In: (J. Llorente, A.N. García & E. González, ed.) **Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento**. Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp. 83-101.
- Jiménez, M. L. & C. D. Dondale. 1988. Descripción de una nueva especie del género *Varacosa* de México (Araneae, Lycosidae). *The Journal of Arachnology* 15:171-175.
- Jiménez, M. L. & J. Llinas. 2002. Revision of ocular anomalies in epigean spiders (Arachnida Araneae) with notes on four new records. *Anales del Instituto de Biología Serie Zoológica* 73:241-150.
- Kaston, B. J. 1978. **How to know the spiders**. Wm. C Brown, United States. 272 pp.
- Keyserling, G. E. 1884. Die Spinnen Amerikas, Theridiidae. *Brasilianische Spinnen* 1:1-222.
- Keyserling, G. E. 1886a. Die Spinnen Amerikas, Theridiidae. *Brasilianische Spinnen* 2:1-295.
- Keyserling, G. E. 1886b. Die Spinnen Amerikas, Epeiridae. *Brasilianische Spinnen* 4:1- 377.
- Kim, K. C. 1993. Biodiversity, conservation and inventory: why insects matter. *Biodiversity and Conservation* 2:191-214.
- Koch, C. 1836-1848. **Die Arachniden getreu nach der Natur abgebildet und beschrieben**. Vol III-XVI.
- Koch, I. 1866-1867. **Die Arachniden-Familie der Drassiden**. Nürnberg, Hefte 1-7. 352 pp.
- Krebs, Ch. 1989. **Ecological Methodology**. Harper Collins Publishers, Columbia. 553 pp.
- Kuntner, M., B. Sket & A. Blejec. 1999. A comparison of the respiratory systems in some cave and surface species of spiders (Araneae, Dysderidae). *The Journal of Arachnology* 27:142-148.
- Langecker, T. G., H. Wilkens & J. Parzefall. 1996. Studies on the trophic structure of an energy-rich Mexican cave (Cueva de las Sardinas) containing sulfurous water. *Memoires de Biospeologie* 23:121-125.
- Lascu, C., R. Popa, S. M. Sarbu, L. Vlasceanu & S. Prodan. 1994. La cueva de Movile : Una fauna fuera del tiempo. *Mundo Científico* 141:1032-1038.
- Lazcano, C. 1983. México paraíso de la espeleología. *Gaceta Universidad Nacional Autónoma de México* VI época 1:21.
- Lavoie, K., D. Northup, P. Boston & C. Blanco-Montero. 1998. Preliminary report on the biology of Cueva de Villa Luz, Tabasco, México. *Journal of Cave and Karst Studies* 60:180.
- Lehtinen, P. T. & M. I., Saaristo. 1980. Spiders of the Oriental-Australian region. II. Nesticidae. *Annales Zoologici Fennici* 17:47-66.
- Levi, H. W. 1953a. New and rare *Dipoena* from México and Central América (Araneae, Theridiidae). *American Museum Novitates* 1639:1-11.
- Levi, H. W. 1953b. Spiders of the genus *Dipoena* from America north of Mexico (Araneae, Theridiidae). *American Museum Novitates* 1647:1-39.

- Levi, H. W. 1955a. The spider genera *Coressa* and *Achaearanea* in America north of Mexico (Araneae, Theridiidae). *American Museum Novitates* 1718:1-33.
- Levi, H. W. 1955b. The spider genera *Episinus* and *Spintharus* from North America, Central America and the West Indies (Araneae, Theridiidae). *Journal of the New York Entomological Society* 62:65-90.
- Levi, H. W. 1955c. The spider genera *Oronota* and *Stemmops* in North America, Central America and the West Indies (Araneae, Theridiidae). *Annals of the Entomological Society of America* 48:333-342.
- Levi, H. W. 1957a. The spider genera *Enoplognatha*, *Theridion* and *Paidisca* in America north of Mexico (Araneae, Theridiidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 112:1-124.
- Levi, H. W. 1957b. The spider genera *Crustulina* and *Steatoda* in North America, Central America and the West Indies (Araneae, Theridiidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 117:367-424.
- Levi, H. W. 1957c. The spider genera *Chryssu* and *Tidarren* in America (Araneae, Theridiidae). *Journal of the New York Entomological Society* 63:59-81.
- Levi, H. W. 1959. The spider genera *Achaearanea*, *Theridion* and *Sphyrotinus* from Mexico, Central America and the West Indies (Araneae, Theridiidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 121:57-163.
- Levi, H. W. 1970. The Ravilla group of the Orbweaver genus *Eriophora* in North America. *Psyche* 77:280-302.
- Levi, H. W. 1971. The diadematus group of the orb-weaver genus *Araneus* north of Mexico (Araneae: Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 141:131-179.
- Levi, H. W. 1973. Small orb-weavers of the genus *Araneus* north of Mexico (Araneae: Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 145:473-552.
- Levi, H. W. 1975a. The American orb-weaver genera *Larinia*, *Cercidia* and *Mangora* north of Mexico (Araneae, Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 147:101-135.
- Levi, H. W. 1975b. Additional notes on the orb-weaver genera *Araneus*, *Hypsosinga* and *Singa* north of Mexico (Araneae, Araneidae). *Psyche* 82:265-279.
- Levi, H. W. 1976. The orb-weaver genera *Verrucosa*, *Acanthepeira*, *Wagneriana*, *Acacesia*, *Wixia*, *Scoloderus* and *Alpaida* North of Mexico (Araneae, Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 147:1351-391.
- Levi, H. W. 1977a. The American orb-weaver genera *Cyclosa*, *Metazygia* and *Eustala* North of Mexico (Araneae, Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 148:61-127.
- Levi, H. W. 1977b. The orb-weaver genera *Metepeira*, *Kaira* and *Aculepeira* in America north of Mexico (Araneae, Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 148:185-238.
- Levi, H. W. 1978. The American orb-weaver genera *Colphepeira*, *Micrathena* and *Gasteracantha* north of Mexico (Araneae, Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 148:417-442.
- Levi, H. W. 1980. The orb-weaver genus *Mecynogea*, the subfamily Metinae and the genera *Pachygnatha*, *Glenognatha* and *Azilia* of the subfamily Tetragnathinae North of Mexico (Araneae: Araneidae, Tetragnathinae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 149:1-74.
- Levi, H. W. 1981. The American orb-weaver genera *Dolichognatha* and *Tetragnatha* north of Mexico (Araneae, Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 149:271-318.
- Levi, H. W. 1983. The Orb-weaver genera *Argiope*, *Gea*, and *Neogea* from the Western Pacific Region. (Araneae: Araneidae, Argiopinae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 150:247-338.

- Levi, H. W. 1991. The Neotropical and Mexican Species of the Orb-weaver genera *Araneus*, *Dubiepeira* and *Aculepeira* (Araneae: Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 152:167-315.
- Levi, H. W. 1995. The Neotropical Orb-Weaver Genus *Metazygia* (Araneae: Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 154:234.
- Levi, H. W. 1999. The Neotropical and Mexican Orb Weavers of the genera *Cyclosa* and *Allocyclosa* (Araneae: Araneidae). *Bulletin of Museum of Comparative Zoology* 155:299-379.
- Levi, H. W. & D. Randolph. 1975. A key and checklist of American spiders of the family Theridiidae north of Mexico (Araneae). *The Journal of Arachnology* 3:31-51.
- Llorente, J., E. González, A. N. García & C. Cordero. 1996. Breve panorama de la taxonomía de artrópodos en México. In: (J. Llorente, A.N. García & E. González, ed.) **Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento**. UNAM, México, pp. 3-14.
- Lucas, H. 1833. Description de l'*Epeira mexicana*. *Magasin de Zoologie de Guérin* 3:1-2, pl.3.
- Ludwig, J. A. & J. F., Reynolds. 1988. **Statistical ecology**. Wiley-Interscience, USA. 337 pp.
- Mansour, F., D. Richman & W. Whitcomb. 1983. Spider management in agroecosystems: Habitat manipulation. *Environmental Management* 7:43-49.
- Marc, P., A. Canard, & F. Ysnel. 1999. Spider (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agricultura. Ecosystems and Environment* 74:229-273.
- Martínez, J. C. 2002. **Ecología e historia natural de *Neoscona oaxacensis* (Araneae: Araneidae) en la reserva ecológica del Pedregal de San Angel, México: Selección de hábitat y Análisis poblacional**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 86 pp.
- Masiac, Y. 1996. **Las arañas**. Col. Animales domésticos y acuarios. Editorial de Vecchi, S. A., Barcelona. 126 pp.
- Medina, S. F. J. 2002. **Las arañas y su distribución temporal en un bosque de San Martín Cachihuapan, Municipio de Villa del Carbón, Estado de México**. Tesis Profesional. ENEP Iztacala, UNAM, México, 129 pp.
- Meglitsch, A. P. 1978. **Zoología de Invertebrados**. Blume, España. 906 pp.
- Mejía-Ortiz, B. E. & J. G. Palacios-Vargas. 2003. Estigofauna de la cueva de Las Sardinias, Tabasco, México. *Mundos Subterráneos* 11-12:10-17
- Mittermeier, R. A. 1988. Primate diversity and the tropical forest: case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the megadiversity countries. In: Wilson, E. O. (ed.). **Biodiversity**. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 45-60.
- Mittermeier, R.A & C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica en México. In: (J. Sarukhán & R. Dirzo, comps.) **México Ante los Retos de la Biodiversidad**. CONABIO, México, pp. 63-73.
- Montero, G. I. A. 1999. Espeleología en la Ciudad de México. *Mundos subterráneos* 10:17-35.
- Morales-Malacara, J.B. & A. Losoya. 1990. **Bioespeleología de la región de Orizaba Veracruz (Trabajo de biología de campo)** Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 134 pp.
- Moreno, C. E. 2001. **Métodos para medir la biodiversidad**. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1, México. 84 pp.
- Muma, M. H. & W. J. Gertsch. 1964. The spider family Uloboridae in North America north of Mexico. *American Museum Novitate* 2196:1-43.
- Nieto, C. I. G. 2000. **Inventario de arañas de algunas localidades de los estados de Puebla y Morelos en la parte alta del Balsas, México**. Tesis Profesional. FES Zaragoza, UNAM, México, 83 pp.

- Núñez, J. A., N. Viña, M. Acevedo, J. M. Rodríguez, M. Iturralde & A. Graña. 1988. **Cuevas y carsos**. Editorial Científico-Técnica, Cuba. 431 pp.
- Okuma, C. 1992. Notes on the Neotropical and Mexican species of *Tetragnatha* (Araneae: Tetragnathidae) with descriptions of three new species. **Journal of the Faculty of Agricultura**. 36:219-243.
- Olguín, P. L. P. 2004. **Catálogo de arañas de la familia Lycosidae Sundevall depositadas en la Colección Nacional de Arácnidos**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 87 pp.
- Packard, A. S. 1888. The cave fauna of North America, with remarks on the anatomy of the brain and the origin of the blind species. **Memoirs of the National Academy of Sciences** 4:1-156.
- Pain, S. 1998. Acid House. **New Scientist** 158:42-46.
- Palacios-Vargas, J. G. & D. A. Estrada. 2003. Comparación entre los colémbolos que habitan dentro de la cueva de Las Sardinas y los que viven en el exterior. **In: Morales, A., A. Mendoza, M.P. Ibarra & S. Standford (ed) Memorias del VI Congreso Nacional Mexicano de Espeleología**. Chiapas, México, pp.11-14.
- Palacios-Vargas, J. G. & J. B. Morales-Malacara. 1983. Biocenosis de algunas cuevas de Morelos. **Memorias Bioespeleológicas** 10:163-169.
- Palmer, A. N. & M. V. Palmer. 1998. Geochemistry of Cueva de Villa Luz, México: An active H<sub>2</sub>S cave. **Journal of cave and Karst Studies** 60: 188.
- Pearse, A. S. 1936. Results of surveys of the cenotes in Yucatan. **Carnegie Institution of Washington** 457:17-28.
- Peckham, G. W. & E. G. Peckham. 1896. Spiders of the Family Attidae from Central America and México. **Occasional Papers of The Natural History Society of Wisconsin** 3:1-101
- Peckham, G. W., E. G. Peckham & W. H. Wheeler. 1888. Spiders of the subfamily Lyssomanae. **Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters** 7:221-256.
- Petrunkévitch, A. 1909. A trip to Southern Mexico for Spiders. **Journal of American Museum** 9:249-256.
- Petrunkévitch, A. 1911. Synonymic index-catalogue of spiders of North, Central and South America with all adjacent islands, Greenland, Bermuda, West Indies, Tierra del Fuego, Galapagos, etc. **Bulletin of the American Museum of the Natural History** 29:1-791.
- Pickard-Cambridge, O. 1891-1899. **Arachnida, Araneida. Biologia Centrali Americana. Zoología**. London, 89-304.
- Pickard-Cambridge, O. 1900. **Arachnida, Araneida. Biologia Centrali Americana. Zoología**. London, 89-464.
- Pinter, L. J. 1970 Two new species of *Phidippus* (Salticidae, Araneae) from Mexico. **Santa Barbara Museum of Natural History, Contributions in Science** 1:1-5.
- Pisarowicz, J. A. 1987. Caving in Tabasco. **Association for Mexican Cave Studies Activities Newsletter** 16:30-37.
- Pisarowicz, J. A. 1988a. Revenge of Chack 1988 in Tabasco. **Association for Mexican Cave Studies Activities Newsletter** 17:129-138.
- Pisarowicz, J. A. 1988b. Southern Mexican caving-Tabasco 1988. **Rocky Mountain Caving** 5:25-28.
- Pisarowicz, J. A. 1991. Caving in Tabasco, Mexico. **National Speleological Society Bulletin** 53:29.
- Pisarowicz, J. A. 1994. Cueva de Villa Luz. An active case of H<sub>2</sub>S speleogenesis. **In: Sasowsky, I. D. & M. V. Palmer (eds.) Breakthroughs in Karst Geomicrobiology and Redox Geochemistry**. Karst Waters Institute, Charlestown, pp. 60-62.
- Platnick, N. I. 1974. The spider Family Anyphaenidae in America North of Mexico. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology** 146:205-226.

- Platnick, N. I. 1976. The male of *Gnaphosa sonora* (Araneae, Gnaphosidae). *The Journal of Arachnology* 3:135-136.
- Platnick, N. I. 1977. New species and records of the *Anyphaena* celer group in Mexico (Araneae, Anyphaenidae). *The Journal of Arachnology* 4:207-210.
- Platnick, N. I. 2005. <http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/INTRO1.html>
- Platnick, N. I. & A. Lau 1975. A revision of the celer group of the spider genus *Anyphaena* (Araneae, Anyphaenidae) in Mexico and Central America. *American Museum Novitates* 2575:1-36.
- Racovitza, E. G. 1907. Les problèmes biospéologiques, Biospeologica I. *Arch. Zool. Expé. Et Géné.* 4°. Serie, 6:371-488.
- Reddell, J. R. 1965. Biology of the caves of the Northern El Abra range. *Association for Mexican Cave Studies Activities Newsletter* 1:19-21.
- Reddell, J. R. 1966. The biology of the caves of Rancho del Cielo. *Association for Mexican Cave Studies Activities Newsletter* 2:12-15.
- Reddell, J. R. 1967a. Cave biology of the Monterrey area. *Association for Mexican Cave Studies Activities Bulletin* 1:24-25.
- Reddell, J. R. 1967b. Cave biology of the Sierra de El Abra. *Association for Mexican Cave Studies Activities Bulletin* 1:82-83.
- Reddell, J. R. 1967c. Cave biology of the Xilitla Region. *Association for Mexican Cave Studies Activities Bulletin* 1:106-107.
- Reddell, J. R. 1971. A preliminary bibliography of Mexican cave biology with a checklist of published records. *Association for Mexican Cave Studies Activities Bulletin* 3:1-184.
- Reddell, J. R. 1981. A review of the cavernicole fauna of Mexico, Guatemala and Belize. *Texas Memorial Museum, Bulletin* 27:1-327.
- Reddell, J. R. 1982. Further studies on the cavernicole fauna of Mexico and adjacent regions. *Association for Mexican Cave Studies Activities Bulletin* 28:1-288.
- Reiskind, J. 1974. The Castianeirinae of Mexico. I. *Castianeira dugesi* (Becker) (Araneae : Clubionidae). *Psyche* 81:178-181.
- Richman, D. B. & B. Cutler. 1988. A list of the Jumping Spiders of Mexico. *Peckhamia* 2:63-68.
- Rodríguez, A. & E. Contreras. 1983. Estratificación vertical de arañas en huertos de cítricos en Allende, Nuevo León, México. *Southwestern Entomologist* 18:51-56.
- Roewer, C. F. 1933 Araneen aus mexicanischen Ameisenwohnpflanzen. *Zoologischer Anzeiger* 102:183-188.
- Rojo-García, R. 2003. Historia natural de Bonnetina Cyanifemur (Araneae : Theraphosidae) en la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. *Entomología Mexicana* 2:12-15.
- Roth, V. D. 1993. **Spider genera of North America**. American Arachnological Society, USA. 203 pp.
- Roth, V. D. & W. L. Brown. 1975. A new genus of Mexican intertidal zone spider (Desidae) with biological and behavioral notes. *American Museum Novitates* 2568:1-7.
- Ruppert, E. E. & R. D. Barnes. 1996. **Zoología de los invertebrados**. McGraw-Hill Interamericana, México. 1114 pp.
- Sánchez, A. F. 1994. **Arañas cavernícolas mexicanas (Arachnida : Araneae)**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 82 pp.
- Sanocka, E. 1982. Eye regression in *Porrhomma moravicum* Mill. et Krat. (Aranei). *Zoologica Poloniae* 29:13-21.

- Schiner, J. R. 1854. Fauna der Adelsberger-Lueger. Und Magdalenen Grotte. In: Schmidl, A. **Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Loos**. Braumuller, Wien, pp. 231-272.
- Schmidt, G. E. W. 1997. Eine zweite *Brachypelmides*-Art aus Mexiko : *Brachypelmides ruhnaui n. sp.* (Arachnida : Araneae : Theraphosidae : Theraphosinae). *Entomologische Zeitschrift* 107:205-208.
- Schmidt, G. E. W. & P. Klaas. 1993. Eine neue *Brachypelma*-Spezies aus Mexiko (Araneida : Theraphosidae : Theraphosinae). *Arachnol. Anz.* 4:7-13.
- Schmidt, G. E. W. & R. H. Krause. 1994. Eine neue *Vogelspinnen*-Spezies aus Mexiko, *Brachypelmides klaasi sp.n.* (Araneida : Theraphosidae : Theraphosinae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 29:7-10.
- Schmitz, O., A. Beckerman & K. O'Brian. 1997. Behaviorally mediated trophic cascades : effects of predation risk on food web interactions. *Ecology* 78:1388-1399.
- Shear, W. A. 1970. The spider family Oecobiidae in North America, Mexico and the West Indies. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 140:129-164.
- Simon, E. 1890. Liste des especes de la famille des Aviculariides qui habitent le Mexique et l'Amérique Centrale. *Actes de la Societe Linneenne de Bordeaux* 44:307-339.
- Smith, A. M. 1993. A new mygalomorph spider from Mexico (Brachypelma, Theraphosidae, Arachnida) *Brachypelma baumgarteni* nsp. *Journal of the British Tarantula Society* 8:14-19.
- Smith, A. M. 1995. **Tarantula Spiders : Tarantulas of the U. S. A. and Mexico**. Fitzgerald Publ., London. 196 pp.
- Struchen, R., D. Brändle & G. E. W. Schmidt. 1996. Eine seltsame Aphonopelma-Art aus Mexiko, *Aphonopelma bicoloratum* sp. n. (Araneida : Theraphosidae : Theraphosinae). *Arachnologisches Magazin* 4:1-8.
- Taran, Y., T. P. Fischer, B. Pokrovsky, Y. Sano, M. Armienta & J. L. Macías. 1998. Geochemistry of the volcano-hydrthermalSystem of El Chichón volcano. Chiapas, Mexico. *Bulletin of Volcanology* 59:436-449.
- Tesmoingt, M. 1996. Une nouvelle espece d'*Aphonopelma* du Mexique : Description et contribution á l'étude taxonomique de *Aphonopelma braunshausenii* sp. n. (Araneida : Theraphosidae : Theraphosinae). *Arachnides* 31:2-7.
- Tesmoingt, M., F. Cleton & M. Verdez. 1997a. Description de *Brachypelma annitha n. sp.* et de *Brachypelma hamorii n. sp.* males et femelles, nouvelles especes proches de *Brachypelma smithi* (Cambridge, 1897) du Mexique. *Arachnides* 32:8-20.
- Tesmoingt, M., F. Cleton & M. Verdez. 1997b. Description de *Brachypelma annitha n. sp.* et de *Brachypelma hamorii n. sp.* males et femelles, nouvelles especes proches de *Brachypelma smithi* (Cambridge, 1897) du Mexique. 2eme partie. *Arachnides* 32:2-10.
- Torres, M. A. T. 1987. **Arañas de la región de Arroyo Frío, Municipio de Tacámbaro, Michoacán**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 82 pp.
- Tuohy, L. 1998. **Caving**. Leave no trace. Skills & Ethics Series, USA. 21 pp.
- Turnbull, A. L. 1973. Ecology of the true spiders (Araneomorphae). *Annual Review of Entomology* 18:305-348.
- Ubick, D. & D. Roth 1973a. Index to synonymy and invalid names in Nearctic Gnaphosidae, including Mexico. *American Arachnology* 9(suppl.3):1-6.
- Ubick, D. & D. Roth 1973b. Gnaphosidae of Mexico not listed in the Nearctic catalog. *American Arachnology* 9(suppl.4): 1-3.
- Valerio, C. E. 1981. Spitting spiders (Araneae, Scytodidae, Scytodes) from Central America. *Bulletin of American Museum of Natural History* 170:80-89.

- Vogel, B. R. 1964. A taxonomic revision of the distincta group of the wolf spider genus *Pardosa* in America north of Mexico (Araneida : Lycosidae). *Postilla* 82:1-30.
- Wallace, H. K. & H. Exline. 1978. Spiders of the genus *Pirata* in North America, Central America and the West Indies (Araneae : Lycosidae). *The Journal of Arachnology* 5:1-112.
- Wigley, T. M. L. & M. C. Brown. 1976. Cave Meteorology. **In** : Ford, T. D. & C. W. D. Cullingford (Eds.). **The science of speleology**. Academic press., London, pp. 329-350.
- Wilkens, H. 1971. Genetic interpretation of regressive evolutionary processes : Studies on hybrid eyes of two *Astyanax* cave populations (Characidae, Pisces). *Evolution* 25:530-544.
- Wise, D. 1993. *Spiders in ecological webs*. Cambridge University Press., New York. 328 pp.
- Yáñez, M. R. 1999. **Taxonomía y biología de *Brachypelma klassi* (Schmidt y Krause, 1997) (Araneae : Theraphosidae)**. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 87 pp.
- Yáñez, M. R. & A. M. Locht. 1997. **El Infraorden Migalomorphae (Arachnida : Araneae) en México**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 122 pp.