



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Diversidad y Distribución de arañas en la cueva de
los Riscos, Jalpan, Querétaro (Arachnida:Araneae)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

SARA ISABEL SORIANO MORALES

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. FERNANDO ÁLVAREZ PADILLA

2009



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Apellido Paterno: Soriano
Apellido Materno: Morales
Nombres: Sara Isabel
Teléfono: 55-49-39-09
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Carrera: Biología
Número de cuenta: 300556386

2. Datos del tutor

Grado: Doctor
Nombre: Fernando
Apellido paterno: Álvarez
Apellido materno: Padilla

3. Datos del sinodal 1

Grado: Dr.
Nombres: Juan Bibiano
Apellido paterno: Morales
Apellido materno: Malacara

4. Datos del sinodal 2

Grado: M en C.
Nombre: Alejandro
Apellido paterno: Valdéz
Apellido materno: Mondragón

5. Datos del sinodal 3

Grado: Dra.
Nombre: Rosa Gabriela
Apellido paterno: Castaño
Apellido materno: Meneses

6. Datos del sinodal 4

Grado: M en C
Nombre: Ricardo
Apellido paterno: Paredes
Apellido materno: León

7. Datos del trabajo escrito.

Título: Diversidad y Distribución de arañas en la cueva de Los Riscos, Jalpan,
Querétaro (Arachnida: Araneae)
Número de páginas: 65
Año: 2009

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Generalidades de arañas.....	2
1.1.1. Arañas de cuevas.....	4
1.2. Ambiente cavernícola.....	5
1.2.1. Factores abióticos.....	5
1.2.2. Factores bióticos.....	6
1.2.3. Ecología.....	8
1.3. Cuevas en México.....	10
1.3.1. Arañas en cuevas de México.....	11
1.3.2. Arañas en cuevas de Querétaro.....	12
2. OBJETIVOS	
2.1. Objetivo general.....	15
2.2. Objetivos particulares.....	15
3.MÉTODO	
3.1. Zona de Estudio.....	16
3.1.1. Cueva de Los Riscos.....	16
3.2. Método de colecta.....	17
3.2.1. Trabajo en Campo.....	17
3.2.2. Trabajo en laboratorio.....	19
3.3 Análisis de Datos.....	19
4. RESULTADOS	
4.1. Síntesis Taxonómica.....	22
4.2. Muestreo.....	33
4.3. Condiciones ambientales.....	36
4.4. Diversidad.....	38

4.4.1. Variación por zonas.....	39
4.4.2. Variación temporal.....	41
4.5. Distribución.....	43
4.5.1. Cueva de Los Riscos.....	44
5. DISCUSIÓN	
5.1. Muestreo.....	47
5.2. Variables ambientales.....	49
5.3. Diversidad.....	49
5.3.1 Variación por zonas.....	49
5.3.2. Variación temporal.....	51
5.4. Distribución	
5.4.1 Cueva de Los Riscos.....	52
5.4.2. Sierra Gorda.....	55
6. CONCLUSIONES.....	57
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

RESUMEN

La Cueva de los Riscos, Jalpan, Querétaro, es un sistema mixto, con longitud de 550m. En ella destacan como habitantes las arañas, de las cuales se analizó su riqueza y distribución, posiblemente dependiente de las variables físicas, así como de la topografía de la cueva. Durante un año (2006-2007) se realizaron cuatro colectas manuales a lo largo de 10 transectos de 20m (dos en lluvias y dos en secas) así como la toma de datos ambientales. Se registró una riqueza de 41 morfoespecies distribuidas en 39 géneros y 19 familias, siendo Salticidae y Theridiidae las de mayor riqueza, mientras que Pholcidae y Dipluridae las más abundantes. Además, se encontró una relación negativa entre la profundidad de la cueva respecto al número de morfoespecies ($R^2=0.77$) y la luz ($R^2= 0.93$), mientras que ésta fue positiva para la humedad ($R^2= 0.98$) en todos los casos $p < 0.05$. Con base en los datos ambientales la cueva presentó cuatro zonas de distribución, siendo la zona uno la que obtuvo los valores más altos de riqueza (40 morfoespecies). El índice de Shannon indicó una diversidad de arañas mayor a lo reportado para otras cuevas en ambientes similares.

1. INTRODUCCIÓN

1. 1. Generalidades de arañas

El orden Araneae es considerado el séptimo grupo de artrópodos con mayor número de especies, superado en número por los ácaros dentro de la clase Arachnida y cinco órdenes de insectos. Las primeras formas de arañas probablemente fueron acuáticas, la diversidad de arañas ha sido dominada por formas terrestres desde el Devónico; el fósil más antiguo que se conoce para el orden es del Devónico Medio y tiene entre 380 y 374 millones de años (Coddington & Levi, 1991; Harvey *et al.*, 2000; Coddington *et al.* 2004). Las arañas tienden a estar en la cima de las cadenas alimenticias de invertebrados terrestres, siendo uno de los grupos más diversos y exitosos del mundo que han colonizado todos los ecosistemas. Son los únicos animales en usar seda durante toda su vida con variedad de propósitos; aproximadamente casi la mitad de las especies de arañas están especializadas en tejer redes para capturar a su presa (arañas tejedoras) y el resto se especializan en acechar y cazar a sus presas (arañas errantes). Todas son carnívoras y los insectos constituyen la mayor fuente de presas, aunque otros artrópodos (incluso otras arañas) y hasta pequeños vertebrados pueden ser consumidos también (Wise, 1993; Foelix, 1996; Coddington & Colwell, 2001). Se conocen cerca 40,700 especies de arañas en el mundo clasificadas en 3,733 géneros y 109 familias (Platnick, 2009). Según Brescovit y colaboradores (2002), actualmente, las faunas aracnológicas mejor conocidas son las de Japón, Europa Oriental y países de la región Neártica, donde se calcula que el 80% de la fauna está descrita; mientras que en las regiones Neotropicales se calcula que aproximadamente sólo el 50% lo está a pesar de la gran diversidad existe.

Al igual que el resto de los 10 órdenes que conforman la clase Arachnida, las arañas tienen cuatro pares de patas ambulatorias, un cuerpo compuesto por dos segmentos o tagmas: el anterior llamado prosoma y el posterior llamado opistosoma; y en partes bucales queliceradas (Coddington & Colwell, 2001). Difieren de ellos por la presencia de hileras abdominales y glándulas de seda, glándulas de veneno, pedipalpo modificado para la transferencia de esperma en machos y la ausencia del músculo depresor trocánter-fémur (Harvey *et al.*, 2000; Coddington *et al.* 2004).

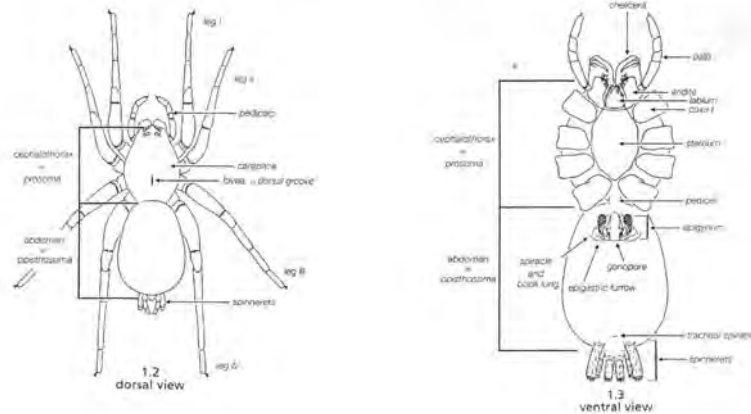


Figura 1. Vista dorsal y ventral de una araña. (Ubick *et al*, 2005)

La parte dorsal del prosoma es llamado caparazón; y la ventral, esternón. Estos dos segmentos están unidos por un pedicelo (Figura 1). Las funciones del prosoma son principalmente de locomoción, alimentación y la integración nerviosa. Los apéndices frontales del prosoma se conocen como pedipalpos o palpos; éstos tienen seis segmentos: la coxa, trocánter, fémur, patela, tibia y tarso. En los machos maduros, el tarso palpal se modifica en un órgano copulatorio. Los cuatro pares de patas se originan del prosoma, y se enumeran del I al IV de anterior a posterior. Cada pata tiene siete segmentos: la coxa o segmento basal, seguido por el trocánter, fémur, patela, tibia, metatarso y tarso (Figura 2).

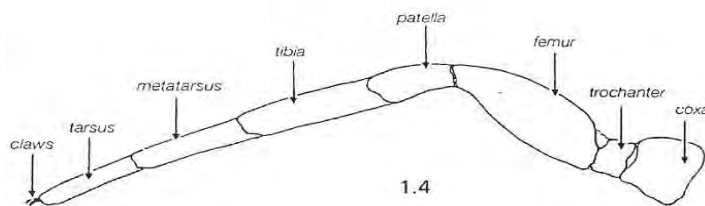


Figura 2. Segmentos que conforman una pata de araña. (Ubick *et al*, 2005)

La boca está localizada entre la base del quelícero y el labio. Los quelíceros terminan en colmillos huecos que inoculan el veneno producido en una glándula. La mayoría de las arañas tienen un arreglo de ocho ojos simples en dos hileras. Aunque algunas familias están caracterizadas solo por tener seis ojos o hasta dos o uno solo, y algunas especies de arañas cavernícolas carecen de ellos por completo; por esta razón, el arreglo de los ojos es generalmente una característica diagnóstica de familias particulares.

El opistosoma lleva a cabo funciones como la digestión, circulación, respiración, excreción, reproducción y la producción de seda. Los órganos productores de seda, llamados hileras, se localizan cerca de la parte posterior final del opistosoma. La mayoría de las arañas tiene tres pares: las antero-laterales (ALS, por sus siglas en inglés), las posterior-medianas (PMS), y las posterior-laterales (PLS) (Figura. 3) (Kaston, 1978; Foelix, 1996; Coddington *et al.*, 2004; Cushing, 2005).

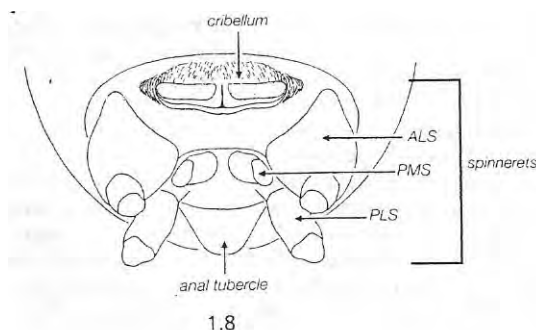


Figura 3. Localización de hileras. (Ubick *et al.*, 2005)

1.1.1. Arañas en cuevas

De todos los phyla que habitan las cavernas, sin duda el de los Artrópodos es uno de los que cuentan con mayor número de representantes y de especies. De este phylum, la Clase Arachnida, es uno de los más importantes grupos en el ambiente hipogeo; de los 11 órdenes de arácnidos, 9 incluyen especies que han colonizado hábitats subterráneos en todo el mundo y sus adaptaciones al medio hipogeo incluyen un gran número de especies troglomorfas (Ribera, 2004).

De todos los órdenes de arácnidos, Araneae es el que aporta la mayor cantidad de pobladores en este ambiente. Aunque el número de arañas cavernícolas es difícil de estimar, entre otras razones por que un buen número de ellas se encuentran indeterminadas y por falta de exploración (especialmente en bosques tropicales), Moldovan (2004) reportó un total de 1000 especies de arañas cavernícolas conocidas en todo el mundo.

Según Harvey y colaboradores (2000), así como Ribera (2004), las distribuciones correspondientes para cada suborden de Araneae son las siguientes: el suborden Mesothelae incluye una sola familia: Liphistiidae y es encontrada en el sureste de Asia (Japón a Vietnam), e incluye a las arañas consideradas como las más primitivas (opistosoma segmentado). Este suborden presenta pocas especies, y sólo se conocen dos troglomorfas: *Liphistius batuensis*, de Malasia y *Liphistius langkawi* de Tailandia.

El suborden Ophisthothelae incluye dos infraordenes. El infraorden Mygalomorphae es común en zonas tropicales. Algunas especies colonizan regiones cálidas en climas templados, aunque están ausentes en zonas de clima frío. Dentro de cuevas, las especies colectadas en su totalidad son de zonas tropicales, generalmente nocturnas y localizadas en las entradas, pocas son troglomorfas reales. Algunos ejemplos de géneros son *Euagrus* de Norte América y México (Dipluridae), *Hemirrhagus* de México (Theraphosidae), *Troglothele* de Cuba (Barychelidae), *Spelocteniza* (Microstigmatidae) de Ecuador (Microstigmatidae) y., *Masteria* de Jamaica (Dipluridae).

El infraorden Araneomorphae incluye a la mayoría de las especies conocidas de arañas (más del 90%) y está bien representado en el mundo subterráneo. Muchas de estas familias son comunes y abundantes en cuevas de regiones tropicales y templadas en ambos hemisferios, con representantes tanto troglófilos como troglomorfos; ejemplo de éstas son: Pholcidae, Telemidae, Leptonetidae, Ochyroceratidae, Dysderidae, Linyphiidae, Nesticidae, Agelenidae, Theridiidae, por mencionar algunas de las representativas, y en menor grado, Clubionidae, Liocranidae, Gnaphosidae, Lycosidae y Prodidomidae.

Si bien aún falta mucho por conocer sobre las cuevas, significativos avances se han realizado en la comprensión del ecosistema cavernícola, tanto en áreas templadas como, en menor medida, en tropicales (Wood, 2004; Culver & Sket, 2000). Existe una gran variedad de trabajos realizados en ellas con arañas: la documentación sistemática y sus productos derivados (topografía, reportes, inventarios y fotografías) proveen bases para el desarrollo de un amplio rango de disciplinas (Kambesis, 2007) como: biogeografía y ecología (Howarth, 1983; Culver et al., 2003; Curcic *et al.* 2004; Elliot, 2007), evolución (Barr & Holsinger, 1985; Uézičika, 1999; Miller, 2005), taxonomía (Hedin, 1997; Paquin & Hedin, 2004; Hedin & Dellinger, 2005; Demir *et al.*, 2008), fisiología y etología (Kunter *et al.*, 1999; Reeves, 1999; Doran *et al.*, 2001; Smithers, 2005).

1.2. Ambiente cavernícola

1.2.1. Factores abióticos

Los factores físicos y químicos de cada ecosistema subterráneo pueden variar mucho y contrastar con el ambiente epigeo (Wood, 2004). Los más importantes en determinar la estructura y funcionamiento de las comunidades hipogeas son: la ausencia de luz, generalmente

temperaturas bajas y elevada humedad; además de recursos tróficos escasos (Howarth, 1986; Wood, 2004; Dethier & Hubart, 2005).

En los ecosistemas cavernícolas la temperatura es usualmente cercana a la media anual epigea y se mantiene relativamente constante a lo largo del año (Howarth, 1983). Sin embargo, se ve fuertemente influenciada por la geomorfología de la cueva, así como por la latitud y altitud donde ésta se ubique (Poulson & White, 1969; Wood, 2004). Las cuevas son sistemas con una alta humedad (de 80 a 100%) y las tasas de evaporación son generalmente bajas. Estos dos factores, temperatura y humedad relativa son generalmente constantes en las zonas profundas (Poulson & White, 1969). Las variaciones de estos factores abióticos pueden ser observadas tanto a lo largo del tiempo, entre diferentes cavernas y entre las zonas de una misma cueva. En cuevas muy grandes, la temperatura no variará mucho de la entrada a las zonas más distantes; mientras que en cuevas pequeñas las oscilaciones serán más evidentes, reflejo directo del ambiente externo (Barr & Kuehne, 1971).

Con base en estas condiciones ambientales, en las cuevas se pueden reconocer tres ambientes: el ambiente superficial o de penumbra (zona de entrada y zona transicional), el ambiente intermedio (zona aireada, de completa oscuridad y temperatura variable) y el ambiente profundo (zona poco airada, de completa oscuridad, atmósfera saturada y temperatura constante) (Poulson & White, 1969; Hoffmann *et al.*, 1986; Galán & Herrera, 1998).

1.2.2. Factores bióticos

Al no haber luz solar dentro de las cuevas, las plantas –productores primarios– no pueden sobrevivir. Por tanto, los habitantes de la cueva dependen de las fuentes de alimento acarreado desde el exterior en tres formas principalmente: la primera es la materia orgánica, como hojas y ramas, acarreadas directamente por flujos de agua; la segunda es la materia orgánica, bacterias quimioautótrofas y protozoos disueltos en agua percolada dentro de la cueva por fisuras y aberturas en la roca soluble; y la tercera son las heces y cadáveres de animales o huevos depositados por organismos que regularmente entran y salen de la cueva (Poulson & White, 1969; Culver, 1982; Howarth, 1986; Ferreira & Martins, 1999). Estos recursos constituyen la base alimenticia de los cavernícolas, y, excepto por el guano, la disponibilidad de éstos dentro de la cueva se considera como escasa o pobre; sin embargo no en todos los casos es así (Howarth, 1986).

Se ha observado que el ambiente de penumbra tiene la fauna más diversa y abundante dentro de la cueva; el ambiente intermedio presenta varias especies muy comunes que se comunican con la superficie. Es en el ambiente profundo donde se presentan los aspectos únicos del ambiente cavernícola y donde su fauna obligada aparece (Poulson & White, 1969; Prous *et al.*, 2004). Los biotopos dentro de la cueva no están solo restringidos a los pasajes principales, ya que existen muchos otros pequeños recovecos e interconexiones que los organismos pueden explotar (Howarth, 1986). Se consideran cuatro biotopos en el ecosistema cavernícola de forma general: los murciélagos, el guano, asociación de techos y suelos y cuerpos de agua (Hoffmann *et al.*, 1986).

Basándose en la clasificación clásica Schiner-Racovitza de 1907, las tres categorías de clasificación de los organismos cavernícolas han sido redefinidas por Galán y Herrera (1998); esta redefinición no se basa en términos de si los organismos completan o no su ciclo de vida en las cuevas, sino en qué ambiente y de qué modo lo hacen. Por tanto, no se establece que sea con base en una exclusividad absoluta o estrecha restricción a un biotopo, sino de un modo más amplio, admitiendo que no hay límites estrictos sino gradientes. Esto es, existen interacciones significativas entre la superficie y los ecosistemas subterráneos, a lo largo de varios ecotonos (Prous *et al.*, 2004; Wood, 2004). Los organismos pueden completar su ciclo vital en un biotopo y habitar preferentemente en él, pero también algunos pueden utilizar temporalmente biotopos próximos o transicionales, si las condiciones son adecuadas. De tal forma que la clasificación según Galán y Herrera (1998) basada en Schiner-Racovitza (1907) es la siguiente:

1. Los organismos *troglobios* son aquellas especies que completan su ciclo de vida y están adaptados al ambiente profundo de las cuevas, pueden también habitar en medios transicionales. Morfológicamente, presentan un alto grado de troglomorfismo (adaptaciones al medio cavernícola) mayor que el de los no-troglobios.

2. Los organismos *troglofilos* son aquellas especies que completan su ciclo de vida y están adaptados al ambiente intermedio de las cuevas, pueden frecuentar hábitats transicionales próximos y mantener poblaciones tanto hipogeas como epigeas, pero también estar restringidos al primero. Pueden ser reconocidos por un grado de troglomorfismo menor que el de los troglobios pero mayor que el de sus epigeos relativos.

3. Los organismos *trogloxenos* frecuentan las cuevas, generalmente de forma accidental, aunque algunas especies pueden llegar a completar en ellas una parte de su ciclo de vida.

Normalmente habitan en el ambiente superficial, y pueden también ingresar en el intermedio (de modo temporal o cíclico). No presentan troglomorfismos.

1.2.3. Ecología en cuevas

La ecología en cuevas tiene que ver con el estudio de las interacciones que determinan la distribución, abundancia y características de las comunidades biológicas en hábitats hipogeos. Muchos factores influyen a las comunidades dentro de los hábitats subterráneos, entre los que destacan la disponibilidad de recursos (particularmente comida), la competencia intra e interespecífica, el grado de aislamiento del ambiente epigeo y de otras cuevas, así como el impacto de la actividad humana (Wood, 2004).

Se considera a las cuevas como ecosistemas relativamente simples: el aparente número bajo de especies presentes, la elevada estabilidad ambiental y el parecido a un ambiente insular (Barr, 1967; Howarth, 1986, Wood, 2004). También se considera que las comunidades terrestres en cuevas son buenas para llevar a cabo análisis de diversidad, ya que muchos factores ambientales son constantes a lo largo del tiempo y la fauna es escasa por lo que es posible considerar la comunidad macroscópica completa (Poulson & Culver, 1968).

A pesar de la constancia de los factores ambientales, la cantidad y calidad de comida dentro de la cueva puede ser afectada por cambios en la superficie así como por la posible interconexión entre cuevas, ya que éstas no representan por sí mismas ecosistemas aislados; (Wood, 2004) y puesto que en la mayoría de las cosas la energía proviene casi en su totalidad del exterior, podría esperarse que una cueva sin conexiones con el medio circundante fuese una cueva sin vida (Howarth, 1986; Hoffmann *et al.*, 1986). Sin embargo, existen cuevas consideradas como ambientes cerrados, cuyas cadenas tróficas dependen de bacterias quimioautótrofas como productoras primarias, es el caso de la cueva Movile en Rumania (Sarbu *et al.*, 1996; Sarbu, 2000) y la cueva de Las Sardinias en México (Hose & Pisarowicz, 1999; Pastrana, 2006). Por tanto, el número de especies y de sus poblaciones dentro de las cuevas diferirá igualmente que lo hace la latitud y la región biogeográfica. Las cuevas más ricas en especies y en individuos, con los índices de diversidad más altos, son las cuevas tropicales o con abundantes recursos tróficos (Howarth, 1986; Ribera & Juberthie, 1994; Camassa, 2004; Wood, 2004). La diversidad en una cueva es baja en comparación con la superficie por la generalmente reducida área de ecotono entre ambos ambientes, la reducida diversidad subterránea de hábitats y la limitada disponibilidad de alimentos (Culver & Sket, 2000); por tanto, la importancia de la diversidad en

cuevas es taxonómica, radica en los numerosos endemismos que se presentan ahí (Gibert & Deharveng, 2002).

Por estas razones, comparado con los hábitats exteriores, las cuevas podrían constituir un medio de vida poco atractivo para las arañas. En realidad no es así, es extremadamente raro no encontrar al menos una especie de araña troglófila o troglobia, y el número se hace superior en las cuevas de las zonas tropicales, ricas en guano (Ribera & Juberthie, 1994; Wood, 2004). No todas las especies de arañas presentes son exclusivas del medio subterráneo: cerca del 25-30% son troglófilas; alrededor del 50% son troglófilas y entre el 20-25% son troglobias (Ribera, 2004). Las especies troglobias son las más interesantes desde el punto de vista taxonómico y evolutivo.

Dentro de las cuevas, la distribución, abundancia y riqueza de las arañas, así como sus clasificaciones cavernícolas es heterogénea, debido a las adaptaciones que muestran a los diferentes factores bióticos y abióticos de cada zona en particular (Gertsch, 1973; Ribera, 2004). Las arañas de grandes ojos errantes que dependen de la vista para cazar no pueden existir muy adentro en las cuevas, las pocas arañas cazadoras viviendo exclusivamente en cuevas prescindan de la vista como un requerimiento para sus actividades. La mayoría de las especies que habitan en cuevas son sedentarias y tejen redes en grietas de las paredes o debajo de detritos en el piso; con las redes estas arañas no tienen necesidad de la vista y la sustituyen con sensores quimiotáctiles centrados en receptores en sus apéndices (Gertsch, 1973).

Los factores que han influenciado las adaptaciones al ambiente cavernícola son principalmente las condiciones físicas particulares del ambiente y la poca energía disponible. Las principales adaptaciones involucran cambios morfológicos, siendo las más importantes: la reducción o pérdida de estructuras oculares, una total o importante pérdida de pigmentación, el alargamiento del cuerpo y de los apéndices (gracilización), así como la pérdida de alas y un pronunciado dimorfismo sexual (Ribera y Juberthie, 1994; Galan & Herrera, 1998; Wood, 2004). También cambios fisiológicos relacionados con su ciclo de vida, reflejados en la lenta tasa metabólica, pérdida del ritmo circadiano, un alargamiento de su ciclo vital y una baja tasa reproductiva; así como tasas bajas de respiración y evaporación y adelgazamiento de cutícula (Ribera y Juberthie, 1994; Galan & Herrera, 1998; Wood, 2004). En tanto que los cambios etológicos incluyen baja reacción a estímulos de alarma, una incrementada sensibilidad a las vibraciones y una reducida agresividad intraespecífica en algunos casos. Como estrategia reproductiva se observa la tendencia a pasar de una estrategia *r*, oportunistas, con gran flujo de

energía a través de su biomasa; a una estrategia *K*, especialistas altamente eficientes capaces de mantener su biomasa con un moderado flujo de energía (Ribera y Juberthie, 1994; Galan & Herrera, 1998; Dethier & Hubart, 2005; Wood, 2004).

En arañas, se observan adaptaciones morfológicas que los diferencian de sus parientes epigeos como el incremento del tamaño corporal, pérdida de pigmento, la pérdida o reducción de ojos, un mayor número de mecanorreceptores y un relativo alargamiento de los apéndices, posiblemente éstas últimas estén relacionadas con el hecho de que son primordialmente depredadores (Ribera y Juberthie, 1994; Harvey *et al.*, 2000). En cuanto a modificaciones fisiológicas se ha observado un alargamiento del desarrollo embrionario y post-embrionario, así como su vida adulta; una tasa metabólica baja, un menor esfuerzo reproductivo, un menor número de huevos considerablemente más grandes por puesta; es decir, las especies regulan su gasto energético acorde a la cantidad de energía disponible en el ambiente subterráneo (Harvey *et al.*, 2000; Moldovan, 2004; Ribera, 2004).

1.3. Cuevas en México

El ambiente cavernícola en nuestro país es sorprendentemente diverso. Como otros ecosistemas mexicanos, el cavernícola es uno de los más ricos del mundo (Reddell, 1981; Hoffmann *et al.*, 1986). Ésto puede deberse a la confluencia de distintos factores como: la accidentada orografía, representada en un mosaico de climas y suelos que alberga todos los tipos de vegetación con excepción de la tundra, la convergencia de dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical; la larga y compleja historia de aislamiento en algunas regiones que ha favorecido la evolución de un gran número de especies endémicas, así como el alto número de cuevas presentes en el territorio (más de siete mil) (Reddell, 1981; Hoffmann *et al.*, 1986; Lazcano-Sahagún, 1986; Soberón & Llorente, 1993a).

En México cerca del 20% del territorio es de naturaleza caliza, muy propensa a la formación de cuevas (Reddell, 1981). La Sierra Gorda es una de las regiones privilegiadas en cuanto al número y diversidad de cavidades, varias de ellas destacando a nivel mundial. La zona está constituida por extensas áreas calizas, que aunado a los factores geográficos, climáticos, geológicos y tectónicos reinantes, han tenido gran influencia en el desarrollo espeleológico de la zona. Algunas de sus cavidades son consideradas como únicas, sobre todo las de tipo vertical, y aunque se han realizado registros en la zona, la gran mayoría de éstas permanecen poco

estudiadas. Las cavernas de la Sierra Gorda se encuentran ampliamente habitadas. Los últimos trabajos realizados en la zona (Lazcano-Sahagún, 1986; Morales-Malacara & Vázquez, 1986) registran un total de 150 morfoespecies (12 troglobias), de las cuales, menos de la mitad habían sido determinadas hasta especie. Por lo que aún falta muchas más investigación para obtener un panorama real de la fauna cavernícola de la región (ya que sólo en 10% de las cuevas de la zona se han realizado colectas).

La Sierra Gorda es un territorio de 4,584.2 km² que comprende seis municipios del norte del estado de Querétaro, el 84% del territorio de estos municipios, una superficie de 3,835 km² fueron declarados Reserva de la Biosfera por el gobierno de México en 1997, y por la UNESCO, en el año 2001 (Ruiz, 2002). Está conformada por once áreas (cada una representando un macizo): Ahuacatlán, Cerro Alto, Cerro del Oro, El Doctor, La Florida, Mirasoles, Pinal de Amoles, San Joaquín, San Juan, Tancoyol y Tilaco. El área de Pinal de Amoles, se encuentra en su mayor parte, en el estado de Querétaro y está constituido principalmente por las calizas de la formación El Abra. Tiene una superficie de 900 km² distribuidos en cuatro de sus municipios: Pinal de Amoles, Peña Millar, Tolimán y Jalpan de Serra. En esta zona 71 cavidades han sido exploradas (Lazcano-Sahagún, 1986). Desde el punto de vista karstológico y espeleológico, la formación El Abra es de mucha importancia, ya que sus características físico-químicas y litológicas han permitido que se desarrolle en ella una gran variedad de formas kársticas, siendo la formación donde prácticamente se han desarrollado la mayoría de las cavernas, entre las que destacan las horizontales, que son las más largas de la zona (Gertsch & Mitchell, 1971; Reddell, 1981; Lazcano-Sahagún, 1986).

1.3.1. Arañas en cuevas de México

En nuestro país, la fauna de arañas es muy diversa; sin embargo, sólo se ha estudiado parcialmente. Jiménez (1996) reporta 2,506 especies, agrupadas en 413 géneros pertenecientes a 62 familias; de éstas, 1,759 son consideradas endémicas. México es único al presentar todos los ordenes de arácnidos en cuevas, y a excepción de Uropygi y Palpigradi, todos presentan troglobios en un total de 82 especies (Reddell, 1981; Hoffmann *et al.*, 2004). En cuanto a Araneae, se tienen reportadas 296 especies cavernícolas y de éstas, 25 son consideradas troglobias (Hoffman *et al*, 2004).

El primer estudio biológico realizado en cuevas de nuestro país fue en 1866, por Dominik Bilimek en Las Grutas de Cacahuamilpa; y para 1932, Chamberlin realizó importantes estudios en la península de Yucatán. Fue hasta los 50's que se aceleró la producción de trabajos faunísticos en cuevas (Gertsch, 1971; Elliott, 2000); desde entonces, los principales trabajos han sido realizados por la Asociación de Estudios en Cuevas de México, encabezados por Reddell (1971; 1981), Gertsch (1971; 1973; 1977); así como por Brignoli (1972) de la Academia Nacional de Lincei. Sin embargo, aún queda mucho territorio en el país por ser explorado. En los últimos años, en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México se han impulsado proyectos de investigación en cuevas, de los cuales han resultado importantes trabajos que contribuyen al conocimiento de la araneofauna cavernícola mexicana, siendo el orden Araenae el más estudiado; algunos de estos trabajos son los de Guerrero (1993), Sánchez (1994), Pastrana (2006) y Valdez (2006).

1.3.2 Arañas en cuevas de Querétaro.

Para el estado de Querétaro se tienen registradas 20 familias y 33 especies (Cuadro 1) en cuevas de siete áreas del estado (Reddell 1971,1981; Morales-Malacara & Vázquez, 1986; Lazcano-Sahagún, 1986; Sánchez, 1994).

Cuadro 1. Familias y especies registradas para Querétaro

Familia	Especie	Área
Agelenidae	<i>Tegenaria</i> sp.	Tancoyol, Pinal de Amoles
Anyphaenidae	<i>Anyphaena</i> sp.	Pinal de Amoles
Araneide	<i>Araneus</i> sp.	Pinal de Amoles
Clubionidae	<i>Phrurotimpus</i> sp.	La Florida
Corinnidae	<i>Trachelas</i> sp.	San Joaquín
Ctenidae	<i>Ctenus</i> sp.	Tancoyol, Pinal de Amoles
Dictynidae	<i>Cicurina</i> sp.	Pinal de Amoles
Dipluridae	<i>Euagrus luteus</i>	Pinal de Amoles
Leptonetidae	<i>Leptoneta</i> sp.	Tilaco, Pinal de Amoles
	<i>Neoleptoneta</i> sp.	Tilaco
Linyphidae	-----	La Florida, Pinal de Amoles
Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.	Pinal de Amoles
Nesticidae	<i>Eidmannella pallida</i>	Pinal de Amoles, San Juan

	<i>Gaucelmus augustinus</i>	Pinal de Amoles
	<i>Nesticus vasquezi</i>	Pinal de Amoles
Oxiopidae	<i>Peucetia viridan</i>	Pinal de Amoles
Philodromidae	<i>Philodromus</i> sp.	Pinal de Amoles
Pholcidae	<i>Coryssocnemis iviei</i>	Pinal de Amoles
	<i>Coryssocnemis simoni</i>	Pinal de Amoles, El doctor
	<i>Metagonia maximiliani</i>	Tilaco
	<i>Modisimus</i> sp.	Pinal de Amoles
	<i>Physocyclus reddell</i>	Pinal de Amoles
	<i>Psilochorus</i> sp.	Pinal de Amoles
	<i>Spermophora meridionalis</i>	Pinal de Amoles
Pisauridae	<i>Pisaurina</i> sp.	Pinal de Amoles
Salticidae	<i>Pellenes</i> sp.	Pinal de Amoles
Sicariidae	<i>Loxosceles araneae</i>	Pinal de Amoles
Tetragnathidae	<i>Leucauge</i> sp.	Pinal de Amoles
	<i>Tetragnatha versicolor</i>	Pinal de Amoles
Theridiidae	<i>Latrodectus hesperus</i>	San Joaquin, Tilaco
	<i>Robertus</i> sp.	Pinal de Amoles
	<i>Theridion</i> sp.	Pinal de Amoles

De estas especies, para la cueva de Los Riscos, Morales-Malacara y Vázquez (1986) señalan once especies y diez familias (Cuadro 2). Este estudio realizado en tres diferentes cuevas del área de Pinal de Amoles (cueva del Judío, cueva del Peñasco y cueva de Los Riscos) es un valioso antecedente de la diversidad de arañas presentes hace 23 años.

Cuadro 2. Familias y especies en la cueva de Los Riscos, Querétaro

Familia	Especie
Araneidae	<i>Araneus</i> sp.
Ctenidae	<i>Ctenus</i> sp.
Dipluridae	<i>Euagrus</i> sp.
Lycosidae	<i>Pardosa</i> sp.
Nesticidae	<i>Gaucelmus</i> sp.
Oxiopidae	<i>Peucetia viridiana</i>
Philodromidae	<i>Philodromus</i> sp.

Pholcidae	<i>Modisimus sp.</i> <i>Spermophora sp.</i>
Salticidae	<i>Pellenes sp.</i>
Tetragnathidae	<i>Leucauge sp.</i>

Sánchez (1994) calculó que el 76% de las especies de arañas presentes en cuevas de Querétaro y Guerrero correspondía a familias con representantes troglófilos (Dipluridae, Agelenidae, Ctenidae, Linyphiidae, Sicariidae, Nesticidae y Pholcidae); 22% a troglóxenos (Agelenidae, Anyphaenidae, Araneidae, Leptonetidae, Lycosidae, Nesticidae, Donopidae, Oxyopidae, Phylodromidae, Pholcidae, Pisauridae, Salticidae, Symphytognatidae, Tetragnatidae, Theridiidae, Theridiosomatidae, Thomisidae y Uloboridae) y 2% a troglóbios (Nesticidae). Las familias que presentan en estos estados los más altos porcentajes de presencia de especies en cuevas fueron Dipluridae, Linyphiidae, Nesticidae y Pholcidae.

El conocimiento taxonómico a nivel de especie es muy pobre en la mayoría de los grupos y los datos sobre distribuciones son escasos (Colwell & Coddington, 1994; New, 1999). Para poder entender la diversidad inter-habitat es necesario conocer y entender la diversidad intra-habitat (MacArthur, 1965); es decir, conocer las especies que están involucradas. Por tanto, para poder alcanzar un conocimiento regional más completo de la araneofauna cavernícola del país, así como implementar posibles estrategias de conservación en un área protegida como lo es la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda, es necesario primero comenzar por realizar investigación y entender primero los patrones regionales de biodiversidad subterránea a nivel local (Culver & Sket, 2000). El presente trabajo busca contribuir a aumentar este conocimiento para México.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

*Analizar la diversidad y distribución de las araneofauna asociada a la cueva de Los Riscos, Jalpan, Querétaro

2.2. Objetivos Particulares

*Describir las condiciones medioambientales de cada zona de la cueva y su efecto en la distribución.

*Determinar el efecto de las variaciones estacionales sobre la diversidad de la araneofauna dentro de la cueva.

*Detallar la distribución espacial de las especies dentro de la cueva.

3. MÉTODO

3.1. Zona de Estudio

3.1.1. Cueva de Los Riscos

Ubicada dentro del municipio de Jalpan de Serra, Querétaro, México, la cueva de Los Riscos se localiza a 3 km de Puente de Dios, sobre el cauce del río Jalpan. La vegetación en la zona es bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978); y prevalece un clima [(A)C₁(wo)(w)], correspondiente al tipo de los semicálidos subhúmedos con lluvias en verano (García, 1981), así como una precipitación anual de 847 mm. La cueva de Los Riscos (99°30'50'' O - 21°11'38'' N: 1030 m s.n.m), es una cavidad horizontal, con pequeñas verticales, con una profundidad de 35 m y una longitud total de 550 m en todos sus ramales (Lazcano-Sahagún, 1986; Espino del Castillo, 2009).

El sistema (Fig. 1) consta de tres cavidades que se abren a una depresión que se encuentra en un macizo sedimentario, de 25 m de diámetro y 20 de profundidad. La entrada principal forma un pequeño puente natural, que accede a una amplia boca que se abrió debido a un antiguo colapso. En el lado norte, a 21° NE, se abre la gruta central, que es la más grande e importante del sistema. Su entrada tiene aproximadamente 20 m de altura por 20 m de ancho. La segunda cavidad se encuentra a la izquierda con dirección 50° SO, y es una abertura en la pared de 2 m de ancho. Al lado derecho se abre una cámara de aproximadamente 6 m de profundidad, situada a 8 m de altura del piso. En la pared opuesta, con dirección E, se abre la pequeña boca de la tercer cavidad (Lazcano-Sahagún, 1986; Morales-Malacara & Vázquez, 1986).

La caverna central fue dividida en 6 zonas (A-F). La entrada de la gruta central limita a la zona A y corresponde a la zona de luz, con aproximadamente 15 m de alto, de suelo arenoso, bien solidificado y en forma de “Y”. El brazo derecho lleva a la zona B, que es un túnel cerrado, de 40 m de longitud total. Después de 25 m se sube por una pendiente formada por suelo concrecionado, hasta una altura de 11 m. Al final de la subida se encuentra un túnel angosto de 2 m de ancho por 5 de largo, este túnel, aunque pertenece a la zona B, presenta obscuridad total. El brazo izquierdo de la zona A comunica con la C, que es un túnel de grandes dimensiones con alturas que varían entre los 9 y 20 m y una longitud de 67 m; ambas zonas, B y C, corresponden a la zona de penumbra. Al final del túnel, el suelo presenta una elevación de unos 2.50 m.

La zona C comunica con la zona D, que es un túnel largo de 58 m y representa la zona de total obscuridad de la cueva. Las primeras dos cámaras del túnel son casi circulares, con 15 m de

diámetro cada una y una altura que varía entre 6 y 11 m. El túnel se angosta hasta 70 cm en su parte posterior. Este corredor nos lleva finalmente a una bóveda, formada por un gourd grande y suelo concrecionado, por el que hay que subir unos 3 m. En esta parte de la caverna encontramos colonias reducidas de *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata*, por lo que se puede apreciar un manchón de guano sanguinolento durante casi todo el año. En la parte sur de la zona C, se abre la zona E con una abertura de 2 m, se trata de un túnel de 30 m de largo. La zona F está localizada a la izquierda, cuya entrada es una abertura de 2 m de ancho, y es un túnel de 22 m de largo. Ambas zonas también comunican con el exterior, además de la entrada principal (Fig. 4). Las zonas G y H son corredores estrechos con tiros verticales de difícil acceso, por lo que no fueron considerados para este estudio.

3.2. Método de colecta

3.2.1. Trabajo en Campo

De Diciembre de 2006 a Octubre de 2007 se realizaron cuatro visitas a la cueva (dos en temporada seca –Diciembre y Marzo- y dos en lluvias-Junio y Octubre-); en cada ocasión se marcaron 10 transectos de 20 m de largo cada uno. Éstos se colocaron desde la entrada de la cueva, dejando un espacio de 20 m entre transecto (Fig. 4a). A la par se tomaron los datos ambientales, registrando la luz mediante un luxómetro (EXTECH 0-2000 luxes), humedad relativa y temperatura con un medidor de calidad de aire (TSI-IAQ Calc 8760) en cada extremo de todos los transectos.

Los transectos fueron divididos en cuatro cuadrantes de 5 por 2 m para delimitar el área de la colecta manual (Fig.4b). Los cuadrantes se recorrieron hacia las paredes, siguiendo una alineación con el transecto, dependiendo de la topografía de cada zona. El área de colecta por transecto fue de 10 m², siendo el área total de muestreo de 400 m². La colecta comenzó a partir de las 9:00 AM y una persona realizó un esfuerzo de captura de 15 minutos por cuadrante, con un total 40 horas de colecta.

La colecta manual es considerada una de las técnicas preferibles en cuevas por su naturaleza selectiva (Hunt & Millar, 2001). Ésta fue realizada de forma exhaustiva y dirigida haciendo uso de pinceles y brochas, buscando debajo de piedras, en recovecos de la pared y en las fisuras del piso. Los ejemplares capturados se colocaron en alcohol al 80 %, en viales de plástico.

a.

- D. Mc. KENZIE -

EN AGOSTO DE 1966

A. M. C. S. -

MODIFICADO POR:

- A. ESPINO DEL CASTILLO -

- M. HERNÁNDEZ -

- J. B. MORALES-MALACARA -

- R. PAREDES-LEÓN -

- L. GONZÁLEZ -

EN MARZO DE 2007

U.N.A.M.

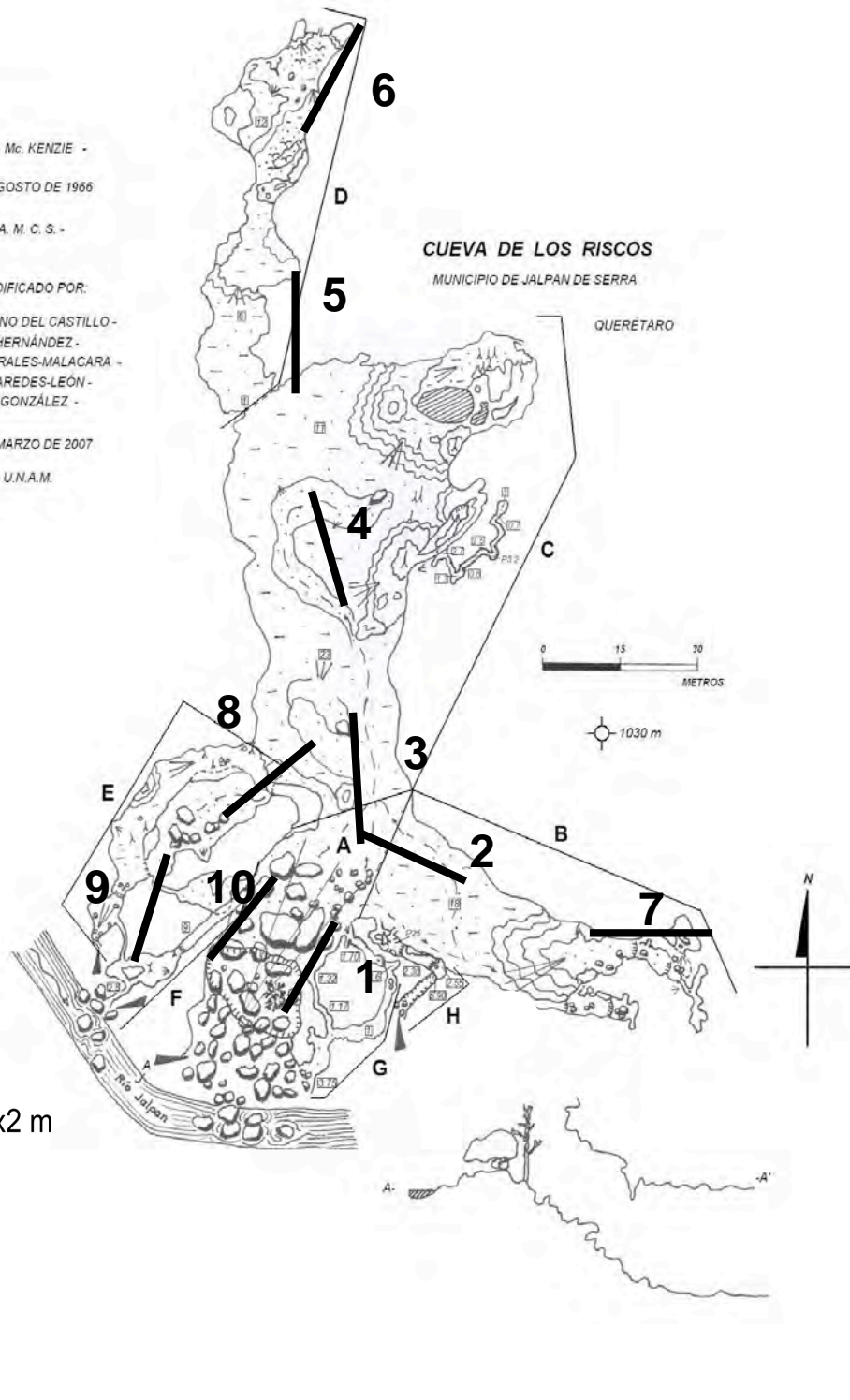


Figura 4. Mapa de la cueva de Los Riscos. (a.) Colocación de los diez transectos dentro de la cueva. (b.) Disposición de área de colecta por transecto.

3.2.2. Trabajo en laboratorio

Todas las arañas fueron recolectadas en alcohol al 80% para ser llevadas al laboratorio. Una vez ahí se separaron en morfoespecies y se identificaron hasta nivel de género; lo cual se realizó haciendo uso de un microscopio estereoscópico y de claves especializadas (Ubick *et al.*, 2005). Posteriormente se realizó una sinopsis taxonómica, en donde se presentan los caracteres generales de identificación de cada género. Los ejemplares fueron depositados tanto en la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN) del Instituto de Biología como en la colección JBMM del Laboratorio de Acarología de la Facultad de Ciencias, UNAM.

3.3 Análisis de Datos

Para explorar el efecto de la estacionalidad en los transectos se realizaron análisis de varianza de dos vías (ANOVA). Se realizó un análisis de clasificación (distancias euclidianas promedio) para rehacer la zonación de la cueva en función de sus variables ambientales (luz, temperatura y humedad). Los datos porcentuales de humedad relativa fueron transformados con la función arco seno raíz para hacerlos continuos (Zar, 1999).

Las arañas pueden ser capturadas con variedad de métodos, pero diseñar protocolos de captura efectivos así como detectar todas las especies y sus abundancias relativas con una intensidad o número limitado de muestreos es difícil: resulta virtualmente imposible. Las limitaciones en los muestreos crean retos tanto para obtener estimaciones certeras del número de especies en ellos como para establecer las limitaciones de cada técnica usada y el esfuerzo de colecta necesario para obtener resultados confiables, sobre todo cuando se presentan niveles altos de diversidad y gran cantidad de especies raras (Colwell & Coddington, 1994; New, 1999). Una forma de comprobar la calidad de los inventarios es el uso de curvas de acumulación de especies (Soberón & Llorente, 1993b). La función para modelar la relación entre el esfuerzo de muestreo y el número de especies encontrado se realizó con la ecuación de Clench (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003):

$$S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n)$$

También se utilizaron estimadores no-paramétricos para calcular riqueza, se utilizaron cuatro de éstos; Chao1 y 2, ICE y ACE (Walther & Morand, 1998; Escalante, 2003; Coddington *et al.*, 2009). Éstos trabajan adhiriendo al número de especies observadas (que es equivalente a la curva de acumulación de especies) un estimado obtenido a partir de la abundancia o incidencia de especies raras (Colwell & Coddington, 1994; Walther & Morand, 1998; Rubio *et al.*, 2008).

El índice de Shannon-Wiener se calculó para analizar la diversidad dentro de la cueva por zonas y total. Este índice considera a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos (Krebs, 1999), su función es:

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Donde H' = Índice de diversidad de especies

s = Número de especies

p_i = Proporción de la muestra perteneciente a i especie

La equitabilidad de Piloni, que calcula el grado en el cual las abundancias de las especies es uniforme (Krebs, 1999), se calculó por medio de la fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Donde $H_{\max} = \ln S$

Para explorar la similitud en la composición de la araneofauna presente en las diferentes zonas se calculó el índice de Morisita, que se interpreta como la probabilidad de que un individuo sacado de la muestra j y uno sacado de la muestra k pertenezcan a la misma especie sobre la probabilidad de que dos individuos sacados tanto de j o k pertenezcan a la misma especie (Krebs, 1999). Su fórmula es:

$$C_{\lambda} = \frac{2 \sum X_{ij} X_{ik}}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_j N_k}$$

Donde X_{ij}, X_{ik} = Número de individuos de la especie i en la muestra j y en la muestra k

$N_j = \sum X_{ij}$ = Número total de individuos en la muestra j

$N_k = \sum X_{ik}$ = Número total de individuos en la muestra k

Así mismo se realizó un análisis de clasificación mediante distancias euclidianas promedio, agrupado por UPGMA, con la presencia-ausencia y abundancias de especies en cada zona. Finalmente se realizó una regresión múltiple entre diversidad y variables ambientales para explorar su posible relación.

Tanto los análisis de varianza de dos vías (ANOVA) como los de clasificación se realizaron con el programa STATISTICA v.6 (Statsoft, 1998). Las curvas de acumulación de especies y estimadores de riqueza fueron hechas con EstimateS 8.0 (Colwell, 2005); mientras que los índices de diversidad y similitud fueron calculados con el programa Bio-DAP (Gordon & Douglas, 1988).

4. RESULTADOS

4.1. Síntesis Taxonómica

Se capturaron 265 arañas (179 adultos y 86 juveniles) pertenecientes a 19 familias, 39 géneros y 41 morfoespecies (Apéndice 2), en un total de 40 muestras, obtenidas por el método de colecta manual. La familia con mayor abundancia fue Pholcidae con 102 individuos que representan el 39% del total de la muestra. La familia con el mayor número de morfoespecies fue Salticidae con nueve, representando el 22% del total.

A continuación se presenta la síntesis taxonómica de los géneros determinados (Ubick *et al.*, 2005) en orden alfabético y complementada con bibliografía adicional según fue el caso.

Familia **AGELENIDAE** C.L. Koch, 1837

Identificación; Ubick *et al.* (2005)

Género *Tegenaria* Latreille, 1804

Diagnosis: Ocho ojos en dos filas de rectas a ligeramente procurvadas en vista frontal. Esternón generalmente con una banda media pálida y manchas lateral. Ecribiladas, con el segmento distal de las hileras posteriores casi del doble de la distancia del segmento basal.

Distribución: Con 103 especies y 11 en México.

Materia colectado: 10 ♀, 4 ♂ y 5 Juveniles.

Familia **ARANEIDAE** Simon, 1895

Identificación: Ubick *et al.* (2005), Álvarez (1999)

Género *Araneus* Clerck, 1757.

Diagnosis: Opistosoma de triangular a ovalado. La longitud de pata I mayor que la IV. Hembras con escapo anulado, redondo en la punta con un borde distal; las aberturas genitales desembocan entre la placa media y las placas laterales. Machos con pedipalpo generalmente con la apófisis media con una o varias espinas o dientes; así como una patela con dos macrosedas.

Distribución: 660 especies, en México se tienen registradas 35 especies.

Material colectado: 1 ♂

Género *Argiope* Audouin, 1826

Diagnosis: La distancia entre los ojos posteriores medios es menor que la distancia a los ojos posteriores laterales y son de mayor diámetro que los posteriores medios. La línea de ojos posteriores se encuentra procurvada. La región cefálica es más delgada que la torácica, el opistosoma puede ser ovalado, pentagonal o cilíndrico.

Distribución: 83 especies y 5 en México.

Material colectado: 1 Juvenil

Género *Metazygia* F. O. P.-Cambridge, 1904

Diagnosis: Ojos posteriores medios casi tocándose, con una distancia equivalente a su diámetro o menor, con opistosoma ovalado. Hembras con escapo formado por una quilla media aplanada lateralmente ubicada en la parte media del epiginio o alargado y esclerosado. Machos tienen un prosoma con dos prolongaciones laterales que cubren las coxas, apófisis subterminal en forma de vejiga; debajo de ésta y por arriba el émbolo existe un esclerito llamado “lamela”.

Distribución: 87 especies y 4 en México

Material colectado: 1 Juvenil

Género *Micrathena* Sundevall, 1833

Diagnosis: Hileras rodeadas de un anillo esclerosado. Hembras con abdomen tuberculosos con espinas, jamás con una espina anterior media. Machos con abdomen de forma trapezoidal que puede presentar espinas.

Distribución: Con 107 especies y 18 especies en México.

Material colectado: 1 ♀

Género *Ocrepeira* Marx, 1883

Diagnosis: Opistosoma con un par de tubérculos. Los ojos medios viendo lateralmente. Con un par de puntos blancos entre el surco epigástrico y las hileras. Machos con patela del pedipalpo con macroseda; apófisis media grande con una o dos prolongaciones distales sobresaliendo del cimbium.

Distribución: Con 66 especies y 6 en México

Material colectado: 1 ♀

Familia **CTENIDAE** Keyserling, 1877

Identificación: Ubick *et al.* (2005)

Género *Ctenus* Walckenaer, 1805

Diagnosis: Ojos en tres filas, con los anteriores laterales cerca de los posteriores laterales. El retromargen queliceral con 4 a 5 dientes y de uno a tres dentículos. Hembras con epiginio plano con dos proyecciones laterales. Machos con RTA apical.

Distribución: Con 236 especies y 7 en México

Material colectado: 3 ♀ y 7 Juveniles

Familia **DIPLURIDAE** Simon, 1889

Identificación: Gertsch (1971), Ubick *et al.* (2005)

Género *Euagrus* Ausserer, 1875

Diagnosis: Araña migalomorfa, carente de tergitos abdominales y almohadillas tarsales. Cuatro hileras, con las posteriores laterales mínimo tan largas como $\frac{3}{4}$ del largo de caparazón, con artejo distal digitiforme.

Distribución: Con 22 especies y 17 en México

Material colectado: 28 ♀, 4 ♂ y 26 Juveniles

Familia **DICTYNIDAE** O. P.-Cambridge, 1871

Identificación: Ubick *et al.* (2005)

Género *Cicurina* Menge, 1871

Diagnosis: Macho con bulbo genital émbolo apoyado en apófisis regular sencilla. RTA como proyección distal. Hembras con epiginio sencillo, atrio localizado generalmente cerca de ranura epigástrica. Ductos copulatorios simples, cortos y ensanchados, ductos espermáticos largos y enrollados.

Distribución: Con 131 especies y 5 en México

Material colectado: 1 ♀

Familia **HERSILLIDAE** Thorell, 1870

Identificación: Ubick *et al.* (2005)

Género *Neotama* Baehr & Baehr, 1993

Diagnosis: Cuerpo dorsoventralmente aplanado con área ocular elevada; hileras posteriores tan largas o más que el abdomen; patas delgadas y largas, con metatarsos distales I,II, IV flexibles. Hembras con epiginio con aperturas rectas en el margen posterior. Macho con cimbio palpal extendiéndose estrechamente detrás del bulbo con apófisis media en forma de martillo.

Distribución: Con 9 especies y 2 en México

Material colectado: 5 ♀ , 2 Juveniles

Familia **OECOBIIDAE** Blackwall, 1862

Identificación: Ubick *et al.* (2005)

Género *Platoecobius* Chamberlin & Ivie, 1935

Diagnosis: Caparazón con lados ondulados; piernas cortas, tibia I cerca de 4 veces más larga que ancha, Calamistrum extendiéndose a lo largo del metatarso IV; ojos anteriores medios los más grandes, los posteriores medios separados por cuatro o más veces su diámetro.

Distribución: Con 2 especies, y 1 nuevo registro para México

Material colectado: 1 ♀

Familia **PHILODROMIDAE** Thorell, 1870

Identificación; Ubick *et al.* (2005),

Género *Philodromus* Walckenaer, 1826

Diagnosis: Arañas cangriformes con dos uñas tarsales, y patas II con menos del doble de longitud que las I. Ojos anteriores medios aproximadamente con el mismo diámetro de anteriores laterales.

Distribución: Con 247 especies y 17 en México

Material colectado: 1 ♀ y 1 Juvenil

Familia **PHOLCIDAE** C. L. Koch, 1850

Identificación; Gertsch (1986), Huber (2000), Ubick *et al.* (2005),

Género *Metagonia* Simon, 1893

Diagnosis: De longitud total entre 1.5 y 3 mm. Usualmente pálidas, de piernas largas; habitantes comunes de cuevas y hojarasca. Seis ojos en dos triadas. Ojos anteriores medios siempre ausentes. Machos con clípeo usualmente modificados, pedipalpo con bulbo dorsal que consiste en una parte globular y un embolo tubular terminando en una espina, un procurus complejo y una vulva provista con un sistema complejo de ductos esclerizados.

Distribución: Con 80 especies y 34 en México

Material colectado: 40 ♀ , 18 ♂ y 12 Juveniles

Género *Modisimus* Simon, 1893

Diagnosis: Seis ojos juntos en una torreta de altura mediana. Macho con fémur densamente cubierto de pequeños pelos verticales.

Distribución: Con 58 especies y 18 en México

Material colectado: 15 ♀ , 8 ♂ y 4 Juveniles

Género *Physocylus* Simon, 1893

Diagnosis: Machos con procurus con apófisis dorsal y una muesca ventral. La mayoría de las especies con fémur palpar ensanchado.

Distribución: Con 18 especies y 15 en México

Material colectado: 3 ♀ y 2 Juveniles

Familia **SALTICIDAE** Blackwall, 1841

Identificación; Ubick *et al.* (2005), Castelo (2000)

Género *Euophrys* C. L. Koch, 1834

Diagnosis: Machos negros brillosos, embolo delgado en espiral. Hembras oscuras, epiginio oval, ductos espermáticos curvados, dirigidos hacia las aberturas centrales.

Distribución: Con 117 especies y 1 en México

Material colectado: 1 juvenil

Género *Lyssomanes* Hentz, 1845

Diagnosis: Longitud total de hasta 1 cm. Ojos en cuatro hileras. Generalmente de color verde, cuerpo alargado, patas delgadas. Machos con quelíceros muy desarrollados.

Distribución: Con 81 especies y 14 en México

Material colectado: 1 ♂ y un juvenil.

Género *Metacyrba* F. O. P.-Cambridge, 1901

Diagnosis: Cuerpo aplanado, color oscuro. Tibias I ensanchadas.

Distribución: Con 7 especies y 3 en México

Material colectado: 1 ♂

Género *Mexigonus* Edwards, 2003

Diagnosis: Machos con émbolo con una espiral ventral con unión angulosa entre el disco embolar basal y la porción libre apical. Epiginio con anillos atriales circulares que continúan a través de cada atrio como surcos curvos esclerotizados.

Distribución: Con 4 especies y 3 en México

Material colectado: 1 ♂

Género *Paramarpissa* F. O. P.-Cambridge, 1901

Diagnosis: Densas sedas en zona lateral. Patela y tibia I engrosadas.

Distribución: Con 6 especies y todas en México

Material colectado: 1 ♂

Género *Pelegrina* Franganillo, 1930

Diagnosis: Escamas frontal y lateral en caparazón de machos. Émbolo con dos ramas terminales. Hembras con aberturas del epiginio en forma de S alargada y marcas m dorsales redondeadas en pares en opistosoma en línea longitudinal.

Distribución: Con 34 especies y 19 en México

Material colectado: 1 juvenil

Género *Thiodina* Simon, 1900

Diagnosis: Manchas negras alrededor de los ojos. Marcado dimorfismo sexual, machos con caparazón rojo.

Distribución: Con 20 especies y 2 en México

Material colectado: 1 ♂

Género *Zygoballus* Peckham & Peckham, 1885

Diagnosis: Caparazón semicuadrangular con vértices a la altura de los ojos laterales posteriores.

Macho oscuros, con escamas blancas, opistosoma iridescente. Hembra de color uniforme.

Distribución: Con 23 especies y 1 en México

Material colectado: 1 ♀

Familia **SCYTODIDAE** Blackwall, 1864

Identificación: Ubick *et al.* (2005)

Género *Scytodes* Latreille, 1804

Diagnosis: Caparazón convexo con seis ojos en tres diadas recurvadas, anteriores medios ausentes. Quelíceros fusionados basalmente. Patas largas, tarso con tres uñas. Hembras con modificaciones circulares esclerizadas debajo de los surcos epigástricos. Machos con tarso palpal con bulbo unido basalmente.

Distribución: Con 229 especies y 19 en México

Material colectado: 2 Juveniles

Familia **SICARIIDAE** Keyserling, 1880

Identificación: Ubick *et al.* (2005)

Género *Loxosceles* Heineken & Lowe, 1832

Diagnosis: Con quelíceros fusionados basalmente y seis ojos en tres pares formando una fila recurvada.

Distribución: Con 100 especies y 36 en México

Material colectado: 1 ♀

Familia **TETRAGNATHIDAE** Menge, 1866

Identificación: Ubick *et al.* (2005)

Género ***Leucauge*** White, 1841

Diagnosis: Abdomen globular u oval. Cuarto fémur con un conjunto de tricobotrias largas. Hembras con un par de áreas triangulares en parte ventral del abdomen, epiginio plano. Machos con tibia palpal más larga que el bulbo palpal.

Distribución: Con 167 especies y 8 en México

Material colectado: 5 ♀, 2 ♂ y 8 juveniles

Género ***Pachygnatha*** Sundevall, 1823

Diagnosis: Abdomen globular u oval. Ojos laterales adyacentes. Altura del clípeo de 2 a 3 veces el diámetro de los ojos anteriores medios. Espiráculo traqueal posterior cercano a las hileras.

Distribución: Con 43 especies y 1 en México

Material colectado: 1 ♂

Género ***Tetragnatha*** Latreille, 1804

Diagnosis: Abdomen cilíndrico, 2 o 3 veces más largo que ancho. Quelíceros con 5 a 9 dientes, enditos divergentes. Hembras con epiginio ausente.

Distribución: Con 355 especies y 14 en México

Material colectado: 1 ♀

Familia **THERAPHOSIDAE** Thorell, 1869

Identificación: Ubick *et al.* (2005), Pérez-Miles & Locht (2003)

Género ***Hemirrhagus*** Simon, 1903

Diagnosis: Difiere de otros géneros por sus proyecciones ventrales en las coxas de todas las piernas. También en la presencia de sedas hurticantes tipo IV en la mayoría de las especies.

Machos con una quilla espiral retrolateral en el palpo.

Distribución: Con 15 especies y todas en México

Material colectado: 1 ♀

Familia **THERIDIIDAE** Sundevall, 1833

Identificación: Ubick *et al.* (2005), Durán (2000)

Género *Achaearaneae* Strand, 1929

Diagnosis: Quelíceros sin dientes o raramente con un diente pequeño, algunas veces con una quilla sobre el margen anterior. Hilera de ojos anteriores ligeramente procurvada, mientras que la hilera posterior es ligeramente recurvada. Carece de colulus. Hembras difíciles de separar aunque el opistosoma grande es característico. Machos con palpo simple con el tégulo casi esférico, apófisis media unida al tégulo o unido a la apófisis media con la cual forma un esclerito complejo.

Distribución:

Material colectado: 2 ♀ y 2 Juveniles

Género *Anelosimus* Simon, 1981

Diagnosis: Quelíceros con una serie de dentículos sobre el margen posterior. Línea de ojos anteriores recta o procurvada ligeramente, línea posterior recta; ojos usualmente iguales de tamaños. Colulus diminuto presentando constantemente un par de setas. Hembras con epiginio con áreas seminales pequeñas. Machos con apófisis media, radix y conductor presentes.

Distribución:

Material colectado: 1 Juvenil

Género *Chryso* O.P.-Cambridge, 1882

Diagnosis: Quelíceros con uno o tres dientes en el margen anterior, ninguno en el posterior o muy pequeños. Línea de ojos posteriores procurvada, hilera posterior reta o pro o recurvada. Colulus ausente. Hembras con epiginio con una placa más o menos esclerosada, con aberturas indistintas. Machos con un cambio superficial en el pedipalpo, de forma variada, gancho del paracambio indistinto.

Distribución:

Material colectado: 2 Juveniles

Género *Theridion*

Diagnosis: Quelíceros sin dientes o hasta dos anteriores. Carece de colulus. Macho con anillo esclerosad alrededor de pedicelo. Pedipalpo sumamente complejo, con apófisis media , conductor, émbolo y radix presetes. Epiginio de forma variada.

Distribución:

Material colectado: 1 ♂ y 2 juveniles

Género *Tidarren* Chamberlin & Ivie, 1934

Diagnosis: Hilero de ojos anteriores ligeramente procurvada. Ojos iguales en tamaño. Quelíceros sin dientes o con uno anterior. Pata I más larga. Sin colulus. Hembras con epiginio como protuberancia en forma de pico y un par de receptáculos seminales presentes. Machos con un sólo pedipalpo desarrollado.

Distribución: Con 24 especies y 2 en México

Material colectado: 1 ♀

Familia **THOMISIDAE** Sundevall, 1833

Identificación: Ubick *et al.* (2005)

Género *Misumena* Latreille, 1804

Diagnosis: Arañas con forma de cangrejo, con caparazón sin protuberancias, abdomen sin tubérculo. Ojos anteriores laterales aproximadamente igual en diámetro a los anteriores medios. Caparazón sin línea transversal blanca en zona ocular.

Distribución: Con 41 especies y 3 en México

Material colectado: 1 ♂

Género *Synema* Simon, 1864

Diagnosis: Arañas con forma de cangrejo, con caparazón sin protuberancias y más alto que el nivel de la coxa III; brillante y desprovista de setas. Abdomen sin tubérculo. Ojos anteriores laterales más grandes que los anteriores medios.

Distribución: Con 127 especies y 5 en México

Material colectado: 1 ♂

Familia **ULOBORIDAE** Thorell, 1869

Identificación: Ubick *et al.* (2005)

Género *Siratoba* Opell, 1979

Diagnosis: Ocho ojos de tamaño similar distribuidos en dos filas, los ojos posteriores laterales no sobre tubérculos prominentes, caparazón con forma de pera u oval. Hembras con epiginio con una sola abertura y rodeada por un lóbulo redondo. Macho con un palpo complejo

Distribución: Con dos especies, ambas en México

Material colectado: 2 ♀

Familia **ZODARIIDAE** Thorell, 1881

Identificación: Ubick *et al.* (2005)

Género *Lutica*

Diagnosis: Arañas grandes, con ojos anteriores medios dos veces más grandes que los demás, línea posterior de ojos derecha o un poco recurvada. Enditos triangulares, patas con espinas. Abdomen con marcas blancas y negras.

Distribución: 8 especies y un nuevo registro para México.

Material colectado: 1 ♀ y 2 juvenil

4.2. Muestreo

Comparada con otras dos cuevas de la zona (Cuadro 3), hasta el momento la de Los Riscos resulta ser la más rica de Pinal de Amoles, de la Sierra Gorda y del estado de Querétaro. Comparada con otros trabajos de arañas en cuevas del país (Pastrana, 2006; Valdez-Mondragón 2006), realizados respectivamente en la Cueva de las Sardinias en Tabasco ($S=8$) y en las Grutas de Juxtlahuaca en Guerrero ($S=15$), la Cueva de Los Riscos es la más rica hasta el momento en estudios de esta naturaleza, en el país.

Cuadro 3. Comparación entre registros totales en cuevas de la zona de Pinal de Amoles

C. del Judío	C. del Peñasco	C. de Los Riscos	
Agelenidae	Araneide	Agelenidae	Pholcidae
Anyphaenidae	Leptonetidae	Araneide	Salticidae
Linyphidae	Linyphidae	Ctenidae	Scytodidae
Nesticidae	Nesticidae	Dictynidae	Sicariidae
Pholcidae	Pholcidae	Dipluridae	Tetragnathidae
Pisauridae	Pisauridae	Hersillidae	Theraphosiidae
Tetragnathidae	Theridiidae	Nesticidae	Theridiidae
Theridiidae		Oecobiidae	Thomisidae
		Oxiopidae	Uloboridae
		Philodromidae	Zodariidae

La modelación de la curva general de acumulación de especies de arañas con respecto a la unidad de colecta (persona-hora) aplicada no describe una curva con comportamiento asintótico (Fig. 5), lo cual indica que existe la probabilidad de encontrar más registros nuevos de arañas conforme aumenta el esfuerzo de captura, es decir, no todas las especies han sido capturadas.

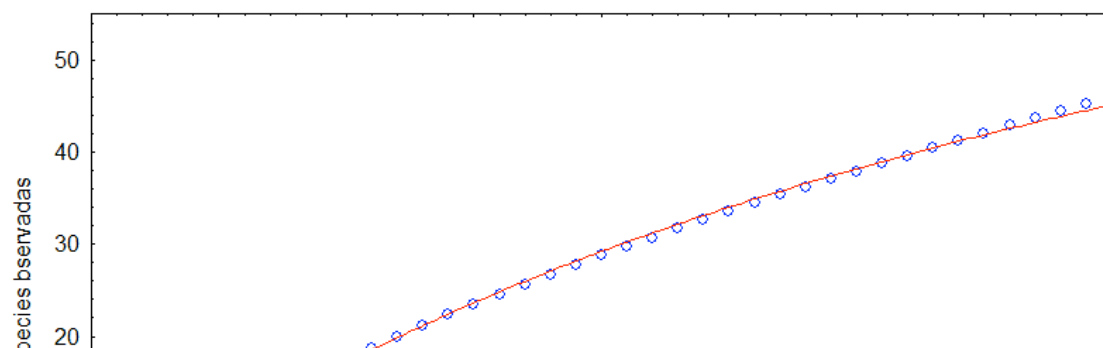


Figura 5. Curva de acumulación de especies de arañas en la cueva de Los Riscos, Querétaro.

Los estimadores Chao 1 y 2 se recomiendan por sobre los demás, en protocolos limitados tanto en espacio como en tiempo, y complementarlo con el uso de una curva de acumulación para monitorear la calidad del muestreo y rectificar confiablemente cuando se han alcanzado las estimaciones no-paramétricas (Cardoso *et al.*, 2008). Ninguna de la curvas obtenidos con los estimadores no-paramétricos alcanza una asíntota (Fig. 6). Las curvas de los estimadores Chao 2, ICE y ACE, producen las más altas estimaciones (89, 87 y 86 respectivamente), mientras que Chao 1 llega a 74. De acuerdo a estos valores, la riqueza observada (41) indica que cerca de la mitad de la arañas presentes en la cueva faltarían de ser colectadas.

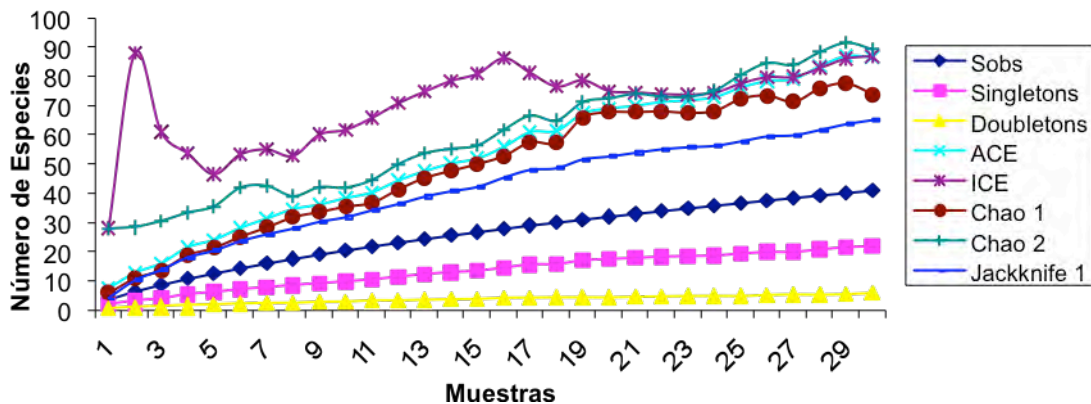


Figura 6. Gráfica mostrando el comportamiento de cuatro estimadores de riqueza con la curva de especies observadas; así como con las curvas de singletons y doubletons en la cueva de Los Riscos.

Se ha reportado que las especies raras tienen un efecto en la modelación de la curva, obteniendo asíntotas antes o después de que muchas especies hubieran sido registradas (Escalante, 2003; Chao *et al.*, 2005; Coddington *et al.*, 2009). Teniendo en cuenta este factor,

además del elevado porcentaje de especies raras y que todas (excepto *Hemirrhagus sp.*) se localizan en la zona 1, se realizó otra curva; esta vez omitiendo los registros de esta zona (Fig. 7). La modelación de esta curva sin las especies de la zona de luz (1) tiene un comportamiento asintótico, lo cual significa que el inventario del resto de la cueva está bastante completo y que es poco probable que nuevas especies sean encontradas con ese esfuerzo de captura.

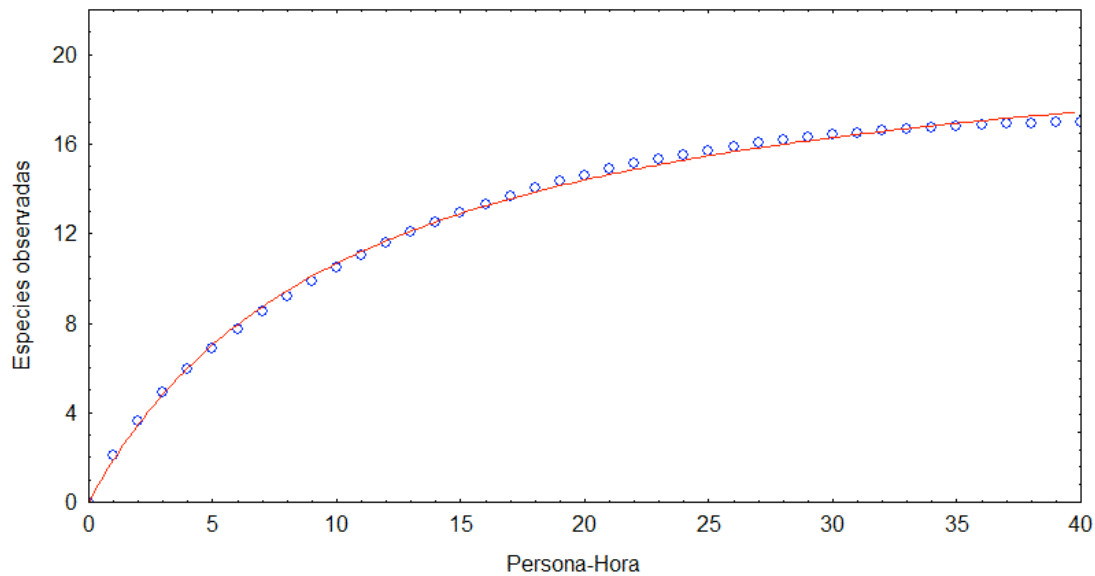


Figura 7. Curva de acumulación de especies de arañas en la cueva de Los Riscos, Querétaro, sin la zona de luz.

En este caso, los estimadores de riqueza confirman que el muestreo está muy cerca de ser completado. Las curvas de los estimadores ICE, ACE, Chao 2 y Chao 1 alcanzan la asíntota junto con la curva de especies observadas (17-17.6) (Fig. 8).

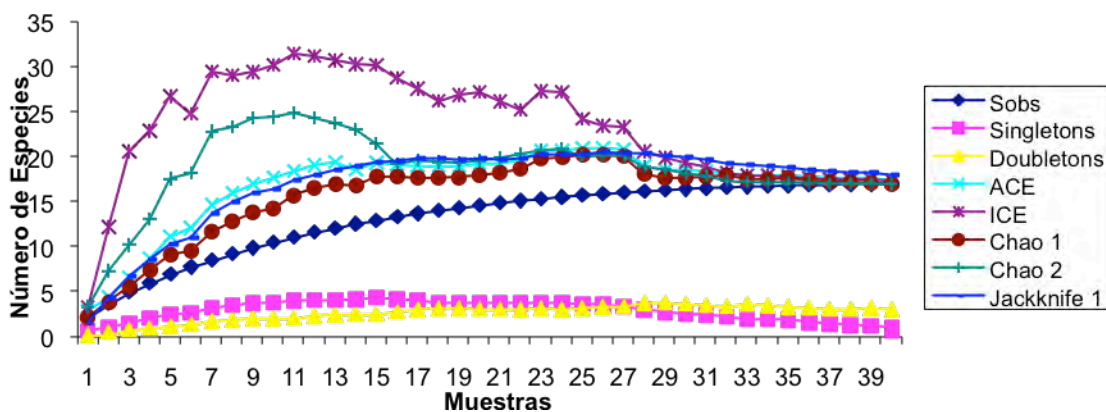


Figura 8. Gráfica mostrando el comportamiento de cuatro estimadores de riqueza con la curva de especies observadas sin la zona de luz; así como con las curvas de singletons y doubletons en la cueva de Los Riscos.

4.3. Condiciones ambientales

A lo largo de la cueva se observaron cambios en dos variables ambientales. Ambas, la luz y la humedad se correlacionan significativamente con la distancia a partir de la entrada ($r^2=0.83$, $P < 0.05$ y $r^2=0.91$, $P < 0.05$, respectivamente). La temperatura muestra una correlación no significativa con la profundidad ($r^2=0.11$, $P = 0.37$), lo cual se esperaba, al ser una variable constante a lo largo de la cueva.

La temperatura promedio fue de 17°C . (± 40) y se registró el valor más alto (20°C) durante la temporada de secas en el transecto 6. En este transecto también se registró el valor más alto para la humedad relativa (96 %), cuyo promedio fue de 89% (± 1.42), éste se dio en temporada de lluvias (Fig. 9).

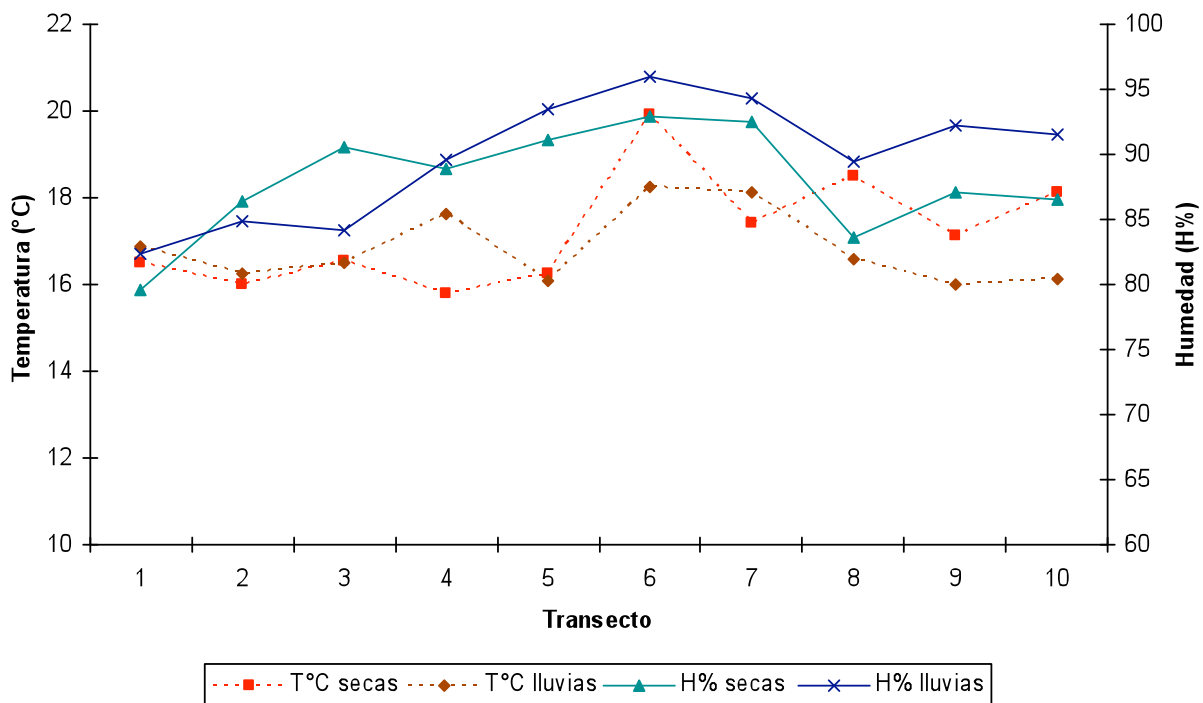


Figura 9. Temperatura y humedad relativa promedio entre estaciones y entre transectos en la cueva de Los Riscos, Querétaro.

Es importante mencionar que ambas variables (Fig. 9) reflejan la topografía de la cueva (Fig. 1). Del transecto 1 al 6 se observa un comportamiento ascendente (significativo sólo para la humedad) de las variables: estos seis transectos corresponden a la sección horizontal más profunda de la cueva. Es a partir del transecto siete que las condiciones cambian su comportamiento, reflejando la topografía del corredor paralelo a la primer sección, correspondiente al transecto 8, 9 y 10; así como la de la zona correspondiente al transecto 7.

En términos de las variables ambientales consideradas, de acuerdo con el análisis de varianza, no se detectó un efecto significativos de la estación sobre la fluctuación de humedad ($F_{(1,20)}=1.77$, $P = 0.19$) y temperatura ($F_{(1,20)}=0.38$, $P = 0.54$), por tanto no existe una estacionalidad dentro de la cueva en tales parámetros Sin embargo, si se encontraron diferencias significativas para la humedad entre transectos (Fig. 10; $F_{(9,20)}= 2.37$, $P < 0.05$).

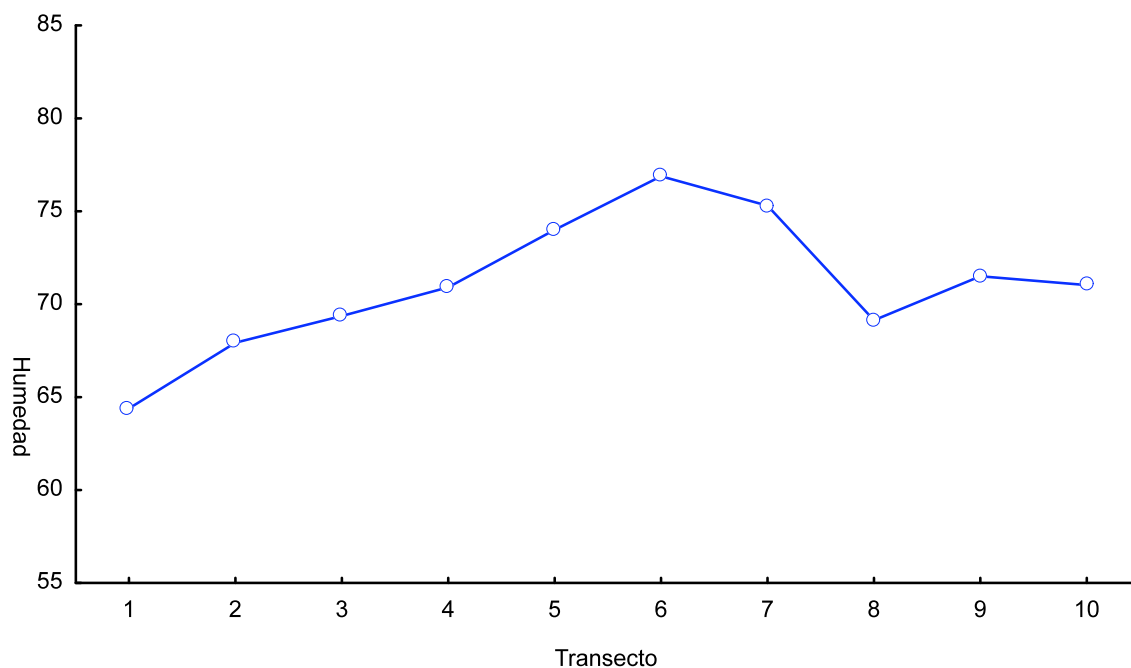


Figura 10. Humedad relativa por transectos ($F_{(9,20)}=2.37$, $P < 0.05$).

Con base en estos resultados entre transectos, se realizó un análisis de clasificación a partir de las variables ambientales registradas en cada uno; del cual resultaron cuatro zonas (Fig. 11). La zona 1 incluye al transecto 1, que corresponde a la entrada de la cueva: la zona de luz; es

el grupo más externo, las características ambientales son más diferentes a las del resto de la cueva. La zona 2 incluye transectos 2 y 3 que corresponde a la zona de penumbra; la zona 3 los transectos 7, 6 y 5 que son zona de oscuridad y la zona 4 incluye los transectos 8, 9, 10 y 4 , que corresponde tanto a zona de penumbra-obscuridad (Pen-Osc).

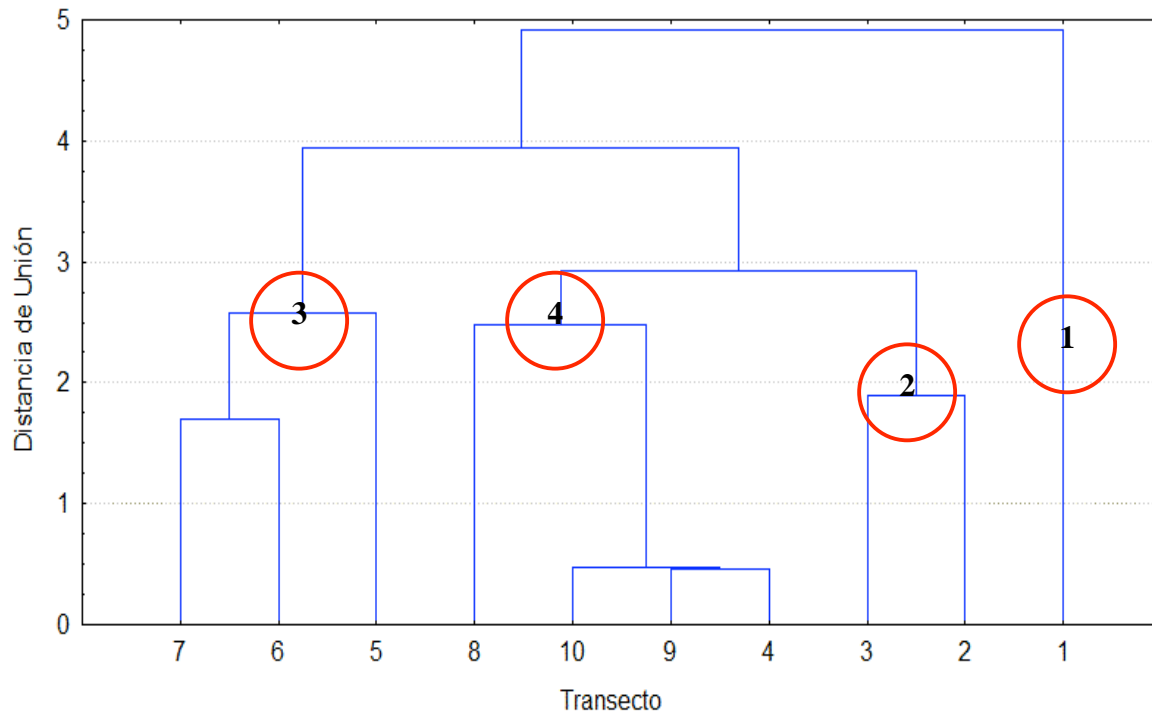


Figura 11. Dendrograma de clasificación para las condiciones ambientales.
1=Zona de Luz, 2=zona de Penumbra, 3=zona de Oscuridad y 4=zona de Pen-Osc.

4.4. Diversidad

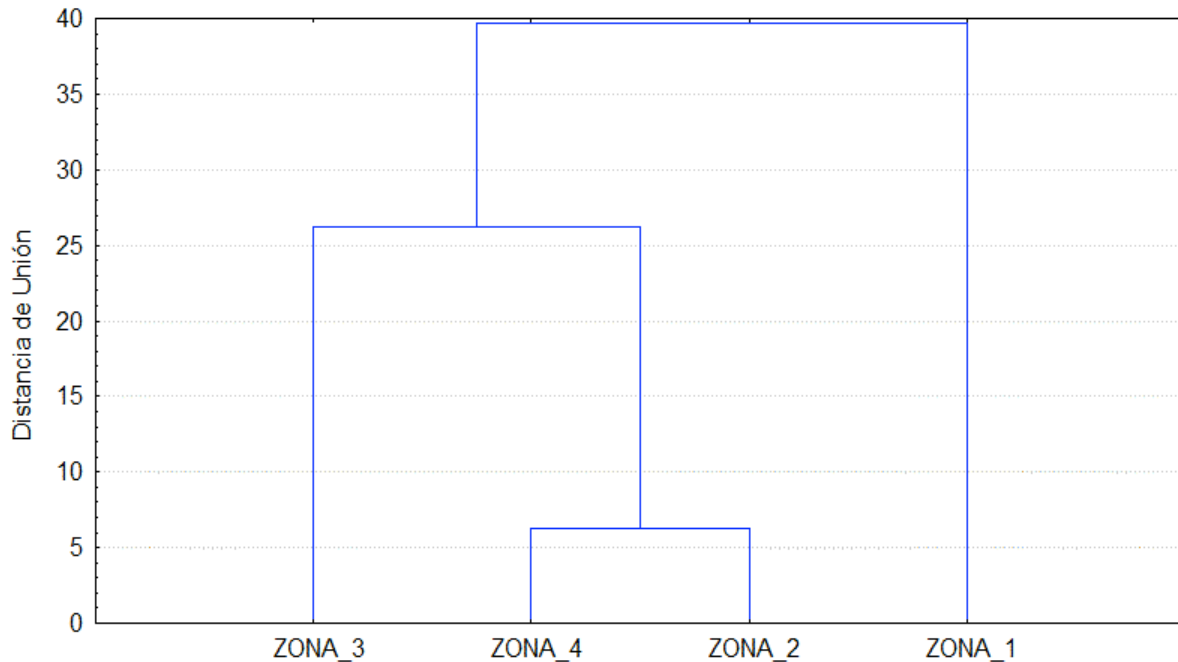


Figura 12. Dendrograma de clasificación para la composición de la araneofauna. 1=Zona de Luz, 2=zona de Penumbra, 3=zona de Oscuridad y 4=zona de Pen-Osc.

4.4.1. Variación por zonas

A partir del análisis de clasificación realizado con datos de abundancia y presencia-ausencia de las arañas, se obtuvieron cuatro grupos (Fig. 12), que coinciden con los obtenidos con base a variables ambientales. Asimismo, coincide con los valores calculados con el índice de Morisita, utilizado para obtener las similitudes entre las zonas (Cuadro 4). La similitud entre la zona de penumbra-oscuridad y penumbra presenta un valor casi máximo ($C_{\lambda}=0.99$), mientras que el valor más bajo de similitud, como se esperaba, se obtuvo entre la zona de luz y de oscuridad ($C_{\lambda}=0.01$).

Cuadro 4. Similitud entre zonas (Morisita).

Zona	1. Luz	2. Penumbra	3. Oscuridad	4. Pen-Osc
1. Luz	1	-	-	-
2. Penumbra	0.34	1	-	-
3. Oscuridad	0.01	0.56	1	-
4. Pen-Osc	0.36	0.99	0.54	1

La riqueza específica total de la cueva fue de 41 morfoespecies. Las que sólo se presentaron en la zona de luz fueron 31 mientras que para la zona de oscuridad fueron 2, las otras

dos zonas de penumbra y penumbra-oscuridad presentaron en su totalidad morfoespecies compartidas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Familias y morfoespecies presentes en cada zona por temporada con abundancias totales

1=Zona de Luz, 2=zona de Penumbra, 3=zona de Oscuridad y 4=zona de Pen-Osc

Familia	Morfoespecie	Secas				N	Lluvias				N
		1	2	3	4		1	2	3	4	
Agelenidae	<i>Tegenaria</i> sp.	x				13	x			x	6
Araneidae	<i>Araneus</i> sp.	x				1					0
	<i>Argiope</i> sp.					0	x				1
	<i>Metazygia</i> sp.					0	x				1
	<i>Micrathena</i> sp.					0	x				1
	<i>Ocrepeira</i> sp.	x				2					0
Ctenidae	<i>Ctenus</i> sp.1			x		5			x		5
	<i>Ctenus</i> sp.2	x				2	x			x	3
Dictynidae	<i>Cicurina</i> sp.					0	x				1
Dipluridae	<i>Euagrus</i> sp.		x	x	x	32		x	x	x	25
Hersiliidae	<i>Neotama</i> sp.	x			x	4	x				3
Oecobiidae	<i>Platoecobius</i> sp.				x	1					0
Philodromidae	<i>Philodromus</i> sp.					0	x				2
Pholcidae	<i>Modisimus</i> sp.	x	x		x	31	x	x	x	x	39
	<i>Physocyclus</i> sp.	x			x	15	x	x		x	12
	<i>Metagonia</i> sp.	x				3	x				2

Salticidae	<i>Euophrys</i> sp.		0	x	1
	<i>Lyssomanes</i> sp.1		0	x	1
	<i>Lyssomanes</i> sp.2		0	x	1
	<i>Metacyrba</i> sp.		0	x	1
	<i>Mexigonus</i> sp.	x	1		0
	<i>Paramarpissa</i> sp.	x	1		0
	<i>Pelegrina</i> sp.	x	2		0
	<i>Thiodina</i> sp.	x	1		0
	<i>Zygoballus</i> sp.	x	1		0
Scytodidae	<i>Scytodes</i> sp.	x	1	x	1
Segestriidae	<i>Ariadna</i> sp.	x	2	x	2
Sicariidae	<i>Loxosceles</i> sp.	x	1		0
Tetragnathidae	<i>Leucauge</i> sp.	x	5	x	10
	<i>Pachygnatha</i> sp.		0	x	1
	<i>Tetragnatha</i> sp.	x	1		0
Theraphosiidae	<i>Hemirrhagus</i> sp.	x	1		0
Theridiidae	<i>Achaearanea</i> sp.	x	2	x	2
	<i>Anelosimus</i> sp.	x	1		0
	<i>Chryso</i> sp.	x	2		0
	<i>Theridion</i> sp.	x x	2	x	3
	<i>Tidarren</i> sp.	x	1		0
Thomisidae	<i>Misunema</i> sp.		0		1
	<i>Synema</i> sp.		0	x	1
Uloboridae	<i>Siratoba</i> sp.	x	2		0
Zodariidae	<i>Lutica</i> sp.	x	3		0
Total			139		126

Se exploró la posible relación entre las variables ambientales (sin la temperatura, que ha demostrado ser constante) y la diversidad. El coeficiente de regresión múltiple es significativo para la luz y la humedad ($R=0.76$, $F_{(2,7)}=4.76$, $P < 0.05$), es decir, conforme aumenta la humedad y disminuye la luz a lo largo de la cueva, la diversidad también disminuye.

Cuadro 6. Diversidad, Equitatividad y número de morfoespecies compartidas entre zonas y por zonas en la Cueva de Los Riscos, Querétaro.

Zona	1. Luz	2. Penumbra	3. Oscuridad	4. Pen-Osc	
1. Luz	37	-	-	-	TOTAL
2. Penumbra	3	4	-	-	
3. Oscuridad	1	2	4	-	
4. Pen-Osc	5	2	2	7	
H' =	2.93	0.98	0.85	1.17	2.57
S =	37	4	4	7	41
J' =	0.81	0.71	0.61	0.6	0.69
N =	136	42	34	53	265

La zona 1, representando la zona de luz, tuvo los valores de diversidad y equitatividad más altos ($H' = 3.01$, $J' = 0.81$). La zona de luz obtuvo la abundancia más alta de individuos, seguida por la zona de penumbra-oscuridad (Cuadro 6). Por otro lado, las zonas de penumbra y oscuridad presentaron el mismo número de morfoespecies. La zona de penumbra presentó el tercer valor más alto de diversidad y el segundo en equitatividad, manteniéndose la relación entre diversidad y profundidad. La zona con el menor valor tanto de diversidad ($H' = 0.85$) como de equitatividad fue la zona 3, de oscuridad total.

4.4.2. Variación temporal

Fue durante la temporada seca (Diciembre 2006-Marzo 2007) donde se registró la mayor riqueza específica, con 29 morfoespecies (Cuadro 7), 16 morfoespecies se registraron sólo en dicha estación. En lluvias (Junio 2007-Octubre 2007) se tuvo una riqueza de 25 morfoespecies, siendo 12 las encontradas sólo en esta temporada (Cuadro 4).

Cuadro 7. Diversidad, Equitatividad y número de morfoespecies compartidas por estación entre zonas y por zonas en la Cueva de Los Riscos, Querétaro.

Zona	1. Luz	2. Penumbra	3. Oscuridad	4. Pen-Osc	SECAS
1. Luz	25	-	-	-	TOTAL
2. Penumbra	2	3	-	-	
3. Oscuridad	0	1	3	-	
4. Pen-Osc	3	2	1	5	
H' =	2.71	0.86	0.79	1.09	2.52
S =	25	3	3	5	29
J' =	0.84	0.7	0.72	0.68	0.76
N =	79	16	18	26	139
	1. Luz	2. Penumbra	3. Oscuridad	4. Pen-Osc	LLUVIAS
1. Luz	23	-	-	-	TOTAL
2. Penumbra	2	3	-	-	
3. Oscuridad	1	2	3	-	
4. Pen-Osc	4	2	2	5	
H' =	2.78	0.9	0.83	1.04	2.37
S =	23	3	3	5	25
J' =	0.89	0.82	0.76	0.64	0.74
N =	57	26	16	27	126

Si bien las condiciones ambientales no mostraron una estacionalidad marcada dentro de la cueva, aparentemente la riqueza específica da indicios de variar con la temporada. Los valores generales de diversidad para la cueva en secas son los mayores (Cuadro 8); los valores de riqueza

específica en el resto de la cueva (zona de penumbra, oscuridad y penumbra-oscuridad) son los mismos en secas y lluvias.

Sin embargo, explorando las morfoespecies que comparten las zonas, podemos observar que las compartidas por las zonas interiores entre sí en lluvias son más que las que comparten en secas y recordando que la zona de luz presentó las 12 especies exclusivas de la temporada.

Cuadro 8. Similitud entre zonas por estación (Morisita). En verde secas y en azul lluvias

SECAS	1. Luz	2. Penumbra	3. Oscuridad	4. Pen-Osc
1. Luz	-	-	-	-
2. Penumbra	0.23	-	-	-
3. Oscuridad	0	0.75	-	-
4. Pen-Osc	0.37	0.95	0.62	-
LLUVIAS	1. Luz	2. Penumbra	3. Oscuridad	4. Pen-Osc
1. Luz	-	-	-	-
2. Penumbra	0.28	-	-	-
3. Oscuridad	0.02	0.43	-	-
4. Pen-Osc	0.26	0.98	0.47	-

En cuanto a similitud, en secas y lluvias el valor más alto se da entre la zona de penumbra y la de penumbra-oscuridad (0.95 y 0.98).

4.5. Distribución

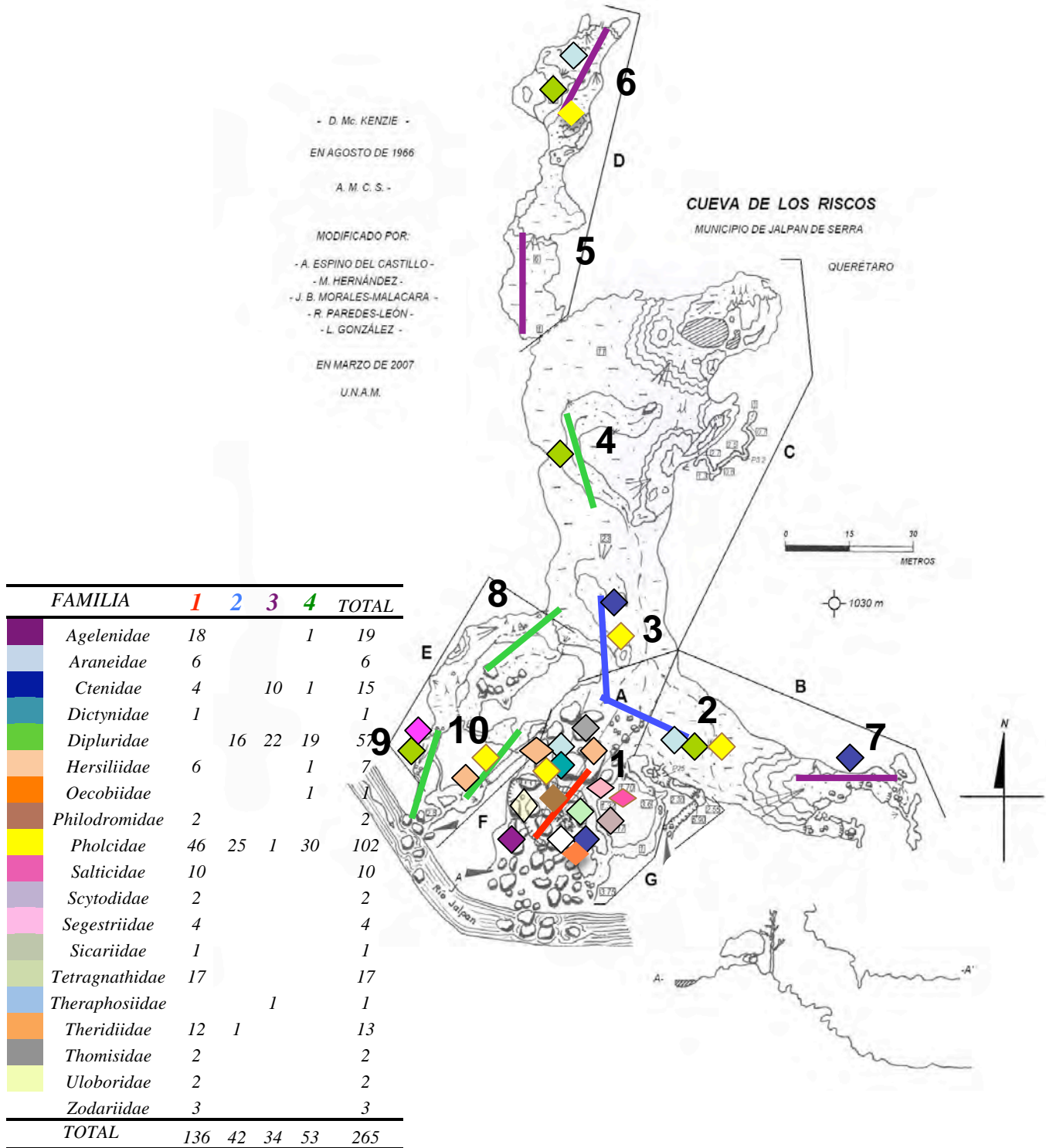


Figura 13. Distribución de familias en la cueva con abundancias por zonas.

4.5.1. Cueva de Los Riscos

a. Zona de luz

La zona de luz (1) presenta la mayor diversidad de la cueva. La familia con mayor abundancia total fue Pholcidae (*Modisimus* sp y *Metagonia* sp.) durante ambas estaciones. Seguidos por *Tegenaria* sp. y *Leucauge* sp. (Fig. 14).

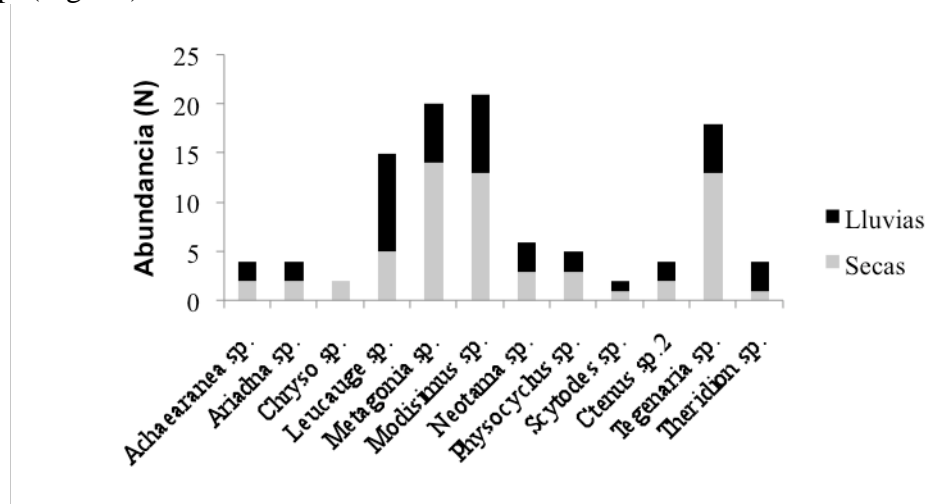


Figura 14. Especies más abundantes de la zona de luz.

En la zona de luz se encontraron todas las especies raras (excepto *Hemirrhagus* sp.) con abundancias y frecuencias bajas (Fig. 15).

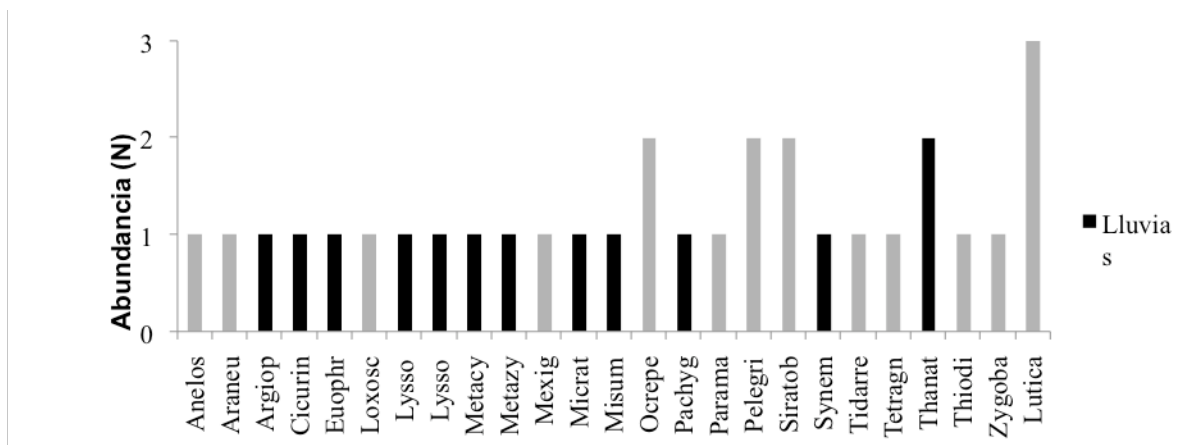


Figura 15. Especies rara de la zona de luz

b. Zona de Penumbra

La zona de penumbra presenta cuatro especies, de las cuales sólo *Modisimus* sp. apareció un avez.

Metagonia sp. es la especie con mayor abundancia en lluvias y *Euagrus* sp. tuvo mayor abundancia en secas.

La presencia de un *Theridion* sp. en esta zona puede considerarse accidental, al encontrarse sólo una vez en todo el muestreo y haberse presentado en la zona de luz.

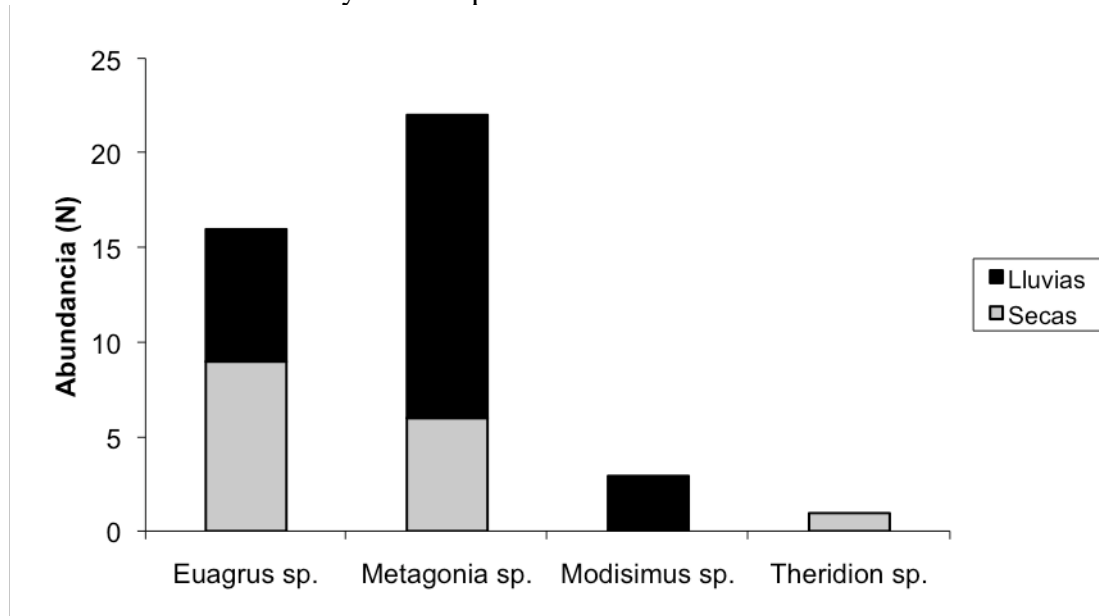


Figura 16. Especies más abundantes de la zona de penumbra.

c. Zona de Oscuridad

La zona de oscuridad presenta tres especies: *Ctenus* sp., *Euagrus* sp. y *Hemirrhagus* sp. Es la zona dónde *Euagrus* sp. presenta la mayor abundancia, por otro lado *Hemirrhagus* sp. es una especie única en la cueva, que sólo se presenta en esta zona.

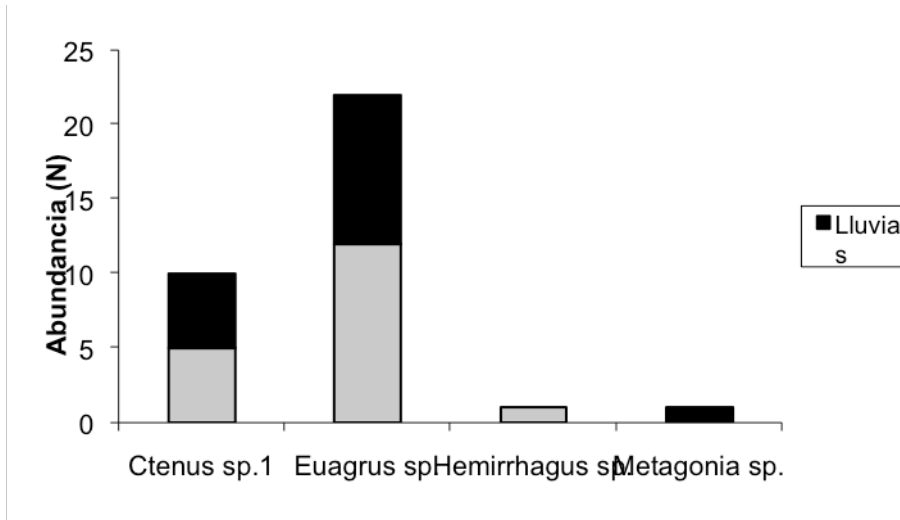


Figura 17. Especies más abundantes de la zona de oscuridad.

d. Zona de Penumbra-oscuridad

En esta zona se presentan especies como *Metagonia* sp. y *Euagrus* sp., con las mayores abundancias. También se encontró a *Modisimus* sp. en menor abundancia. También cuatro especies accidentales, *Neotama* sp. y *Platoecobius* sp. en secas y *Ctenidae* sp.2 y *Tegenaria* sp. en lluvias.

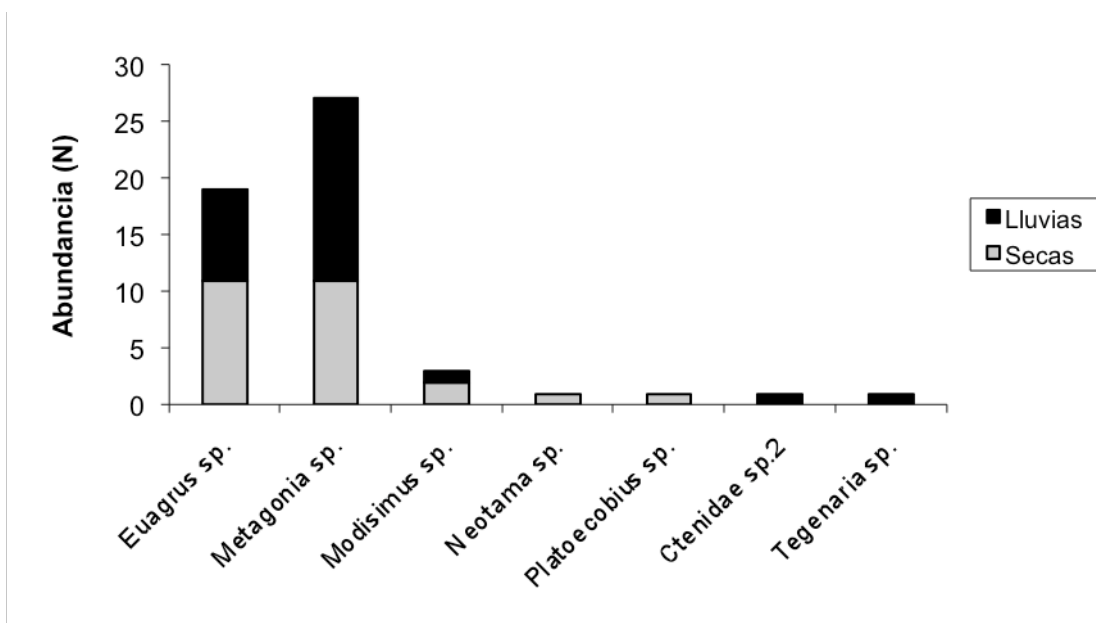


Figura 18. Especies más abundantes de la zona de penumbra-oscuridad.

5. DISCUSIÓN

5.1. Muestreo

De las 10 familias de arañas registradas hace 23 años (Morales-Malacara & Vázquez-Rojas, 1986), se encontraron 7 géneros y 7 familias. *Gaucelmus* sp. (Nesticidae) y *Peucetia viridiana* (Oxiopidae) fueron las dos especies que no se encontraron de nuevo. Ésto puede deberse a una incorrecta identificación, un muestreo inadecuado o la extinción de esas poblaciones (Schneider & Culver, 2004). Ocho familias son consideradas como nuevos registros de arañas asociadas a cuevas para Querétaro: Hersilliidae, Oecobiidae, Scytodidae, Segestriidae, Theraphosiidae, Thomisidae, Uloboridae, Zodaridae; así como dos especies nuevas para el mundo: *Modisimus* sp. y *Hemirrhagus* sp.

Ya Sánchez (1994) había reportado para Querétaro la mayor diversidad de arañas, argumentando que las cuevas del estado son de origen sedimentario lo que implica una formación de microhábitats más rápida y por ende una mayor velocidad de colonización. Barr (1967) también señala este aspecto, además de otros factores como la abertura (entrada-salida), tamaño de la cavidad y número de comunicaciones con el exterior, la manera en que el número de especies resulta del balance entre la colonización-extinción y comunicación con otras cavidades, la cantidad de energía que entra en ellas así como del sitio geográfico en el que se encuentre localizada la cueva.

La forma de la curva de acumulación de especies depende de factores como el método de colecta, el tamaño del área de muestreo y la cobertura de hábitats convenientes para el muestreo (Soberón & Llorente, 1993b). La eficiencia de coleccionar arañas manualmente puede ser alta con respecto al número de especies coleccionadas, ya que favorece la búsqueda minuciosa y no tan dependiente de los hábitos del organismo, pero con una eficiencia baja en términos de tiempo invertido (Churchill & Arthur, 1999). También puede reflejar una heterogeneidad en la cueva, es decir, que existen zonas con muchas especies raras o zonas con pocas o nulas (Culver *et al.*, 2004).

Por otro lado, ésta imposibilidad de registrar el total de especies durante un trabajo de muestreo es un problema en los estudios de biodiversidad, sobre todo con grupos hiperdiversos de invertebrados, especialmente aquellos de los que se tiene menor conocimiento (Colwell & Coddington, 1994; New, 1999; Jiménez-Valverde & Hortal, 2003; Chao *et al.*, 2005). Las arañas

entran en esta categoría; y en inventarios, el número de especies raras (aquéllas representadas por uno o dos individuos y aquéllas que aparecen sólo una o dos veces en el muestreo) suele ser elevado: es muy poco común registrar la totalidad de las especies y por tanto las curvas de acumulación suelen quedar lejos de la asíntota.

Coddington y colaboradores (1996), así como Mallis y Hurd (2005), han registrado en sus inventarios porcentajes de *singletons* (especies representadas por un sólo individuo) del 29% y del 36% respectivamente; éstos son valores que entran dentro del promedio, al aplicarse diferentes técnicas de colecta en un muestreo (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Sin embargo, en el presente trabajo se encontró un porcentaje correspondiente al 53.65% del total de morfoespecies. Se ha mencionado que este elevado porcentaje tiene que ver con la aplicación de protocolos de muestreo sencillos (aplicación una o dos técnicas de muestreo), en donde el número de especies raras tiende a aumentar todavía más (Jiménez -Valverde & Hortal, 2003); lo cual tiene que ver con un submuestreo en áreas tropicales (Coddington *et al.*, 2009). Sin embargo, a pesar de que idealmente los muestreos intensivos y heterogéneos son los deseables, en cuevas los muestreos sencillos son preferibles, debido a que los ambientes cavernícolas son difíciles y costosos en términos de esfuerzo de colecta; además de que el riesgo de sobrecolectar en poblaciones tan frágiles siempre es alto (Peck, 1976; Hunt & Millar, 2001; Schneider & Culver, 2004). Los detalles de la colecta tienen que variar para diferentes hábitats y para diferentes propósitos, pero la inclusión de una o dos técnicas iguales en cada colecta provee algunas bases para hacer comparaciones entre inventarios (Green, 1999; New, 1999).

La modelación de esta curva sin las especies de la zona de luz (1) tiene un comportamiento asintótico, confirmado a su vez con las curvas de los estimadores no-paramétricos, lo cual significa que el inventario del resto de la cueva (zona de penumbra, oscuridad y penumbra-oscuridad) está bastante completo y que es poco probable que nuevas especies sean encontradas con ese esfuerzo de captura. Esto podría ser un indicio de que la zona es un ecotono, con características ambientales y diversidad propias; y que en cuevas tropicales ha demostrado tener más relación con la diversidad exterior, que con la interior (Prous *et al.*, 2004).

5.2. Variables ambientales

Estos resultados pueden relacionarse con una diferencia importante entre cuevas tropicales y templadas que radica, como regla general, en un fenómeno climático: en los trópicos la oscilación térmica diaria es mucho más importante que la oscilación estacional (Galán & Herrera, 1998).

5.3. Diversidad

5.3.1 Variación por zonas

Existen muchos factores que pueden afectar la diversidad. Whitmore y colaboradores (2002) mencionan: la estacionalidad, la heterogeneidad espacial, la competencia, la depredación, el tipo de hábitat, la estabilidad ambiental y la productividad.

La zona de luz presenta los valores de similitud más bajos con respecto a las demás zonas de la cueva, es decir, la diversidad presente en esta zona es la más diferente con respecto a la del resto de la cueva. Según Prous y colaboradores (2004) se puede suponer que la entrada de la cueva es la parte central del ecotono, ya que justamente en dicho caso se espera observar una disminución de los valores de similitud con respecto a las zonas aledañas (medio epigeo e hipogeo). Sin bien en el presente trabajo no es posible comparar con la diversidad presente en el exterior de la cueva, es posible asumir que las especies raras presentes en esta zona son oportunistas accidentales.

La entrada principal de la cueva muestra el desplome de una parte del techo, resultado de tal acontecimiento es que en la actualidad una gran cantidad de luz entra a esta zona, por dicha razón mantiene una vegetación de arbustos todo el año, lo cual juega un papel muy importante en la diversidad de arañas presentes. La presencia de luz permite el desarrollo de organismos fotosintéticos, lo cual puede verse reflejado en la disponibilidad de recursos, presentando una alta riqueza local (Prous *et al.* 2004). La zona 4, de penumbra-oscuridad, presentó el segundo mayor valor de diversidad ($H' = 1.17$), aunque no de equitabilidad; esta diversidad se explica muy probablemente por que se trata de una zona paralela a la zona de luz, aunque esta zona está totalmente techada, mantiene una relación con el exterior por medio de dos tiros (segunda y

tercera entradas a la cueva); por lo que no es sorprendente que estas dos zonas (luz y penumbra-oscuridad) presenten los mayores valores de diversidad (tanto riqueza como abundancia) y además, compartan el mayor número de morfoespecies de toda la cueva.

La falta de luz (por ende de productores primarios) en la cueva limita la energía que puede estar disponible en las zonas profundas; sobre todo si en el sistema no existe un gran aporte por parte de otras fuentes como podría ser el guano, lo cual se relaciona con la baja diversidad. Según Wood (2004) , la falta de luz representa la primera determinante de la diversidad en la mayoría de los ecosistemas subterráneos. Como resultado, la distribución, abundancia y diversidad de los taxa terrestre dentro de la cueva, puede reflejar enormemente las zonas donde existe un aporte de energía (materia orgánica como detritos percolados o arrastrados, así como guano o cadáveres) .

La zona de luz obtuvo la abundancia más alta de individuos, seguida por la zona de penumbra-oscuridad .Siendo las zonas más cercanas al exterior, reciben mayor aporte en recursos del medio epigeo; en las zonas de la cueva con mayor disponibilidad de comida, se espera que tener la mayor diversidad de especies y las abundancias más altas (Peck, 1976). Culver y Poulson (1970) han registrado que la mayor diversidad de especies ocurre en esta zona, que abarca el solapamiento de la región de mayor contenido energético (la entrada) y la región donde inicia la zona de oscuridad. Prous y colaboradores (2004) también registran las mayores diversidades en esta zona, asumiendo esta zona de transición como un ecotono. También encuentran que en muchas cuevas tropicales el ambiente externo es más importante como una fuente de potenciales especies colonizadoras del ecotono; en Los Riscos es muy probable que ésto ocurra, ya que los valores de similitud entre la zona de penumbra y oscuridad con respecto a la de luz, son muy bajos.

Dada la generalmente escasa disponibilidad de recursos en estas zonas, las comunidades en las zonas profundas de las cuevas se pueden tipificar, según Wood (2004) por presentar reducidos números de especies con abundancias bajas. Sin embargo, si bien se ha observado que los artrópodos son más abundantes a distancias cortas dentro de la cueva (Peck, 1976), como sucede en Los Riscos, también se sabe que ocurre en aquellas partes de la cueva donde los substratos tienen un mayor contenido orgánico. En cuevas tropicales existe una mayor variedad de fuentes de materia orgánica; la cueva presenta dos zonas con esta característica: la zona de luz

(producción primaria) y la zona de oscuridad (guano), por lo que las abundancias en esta zona no son tan bajas (Wood, 2004) .

5.3.2. Variación temporal

Las diferencias estacionales encontradas en niveles de riqueza generalmente enfatizan la relación que existe entre la época de colecta y la fenología de las especies de arañas (Churchill & Arthur, 1999). Las arañas son un grupo que parecen presentar importantes tasas interanuales de recambio faunístico (New, 1999). Podría suponerse un movimiento de las morfoespecies al interior de la cueva, capaces de tolerar y aprovechar las condiciones de la temporada, distribuyéndose más homogéneamente en la cueva (mayores valores de equitabilidad): con las lluvias, el arrastre de hojarasca y detritos aumenta la cantidad de alimento disponible para consumidores primarios, por tanto, para sus depredadores. Pero también hacia el exterior, morfoespecies accidentales que encontraron en la zona de luz condiciones favorables en secas, en lluvias pueden regresar al exterior donde las condiciones les vuelven a ser favorables.

Con esta idea, podría relacionarse el aumento de la abundancia de individuos presentes en la zona uno durante secas (Cuadro 6): esta zona de transición actúa como un amortiguador de las condiciones externas y las de la cueva. Para las morfoespecies epigeas, en secas esta zona representa condiciones ambientales preferibles a las que la selva baja caducifolia puede ofrecer.

En cuanto a similitud, en secas y lluvias el valor más alto se da entre la zona de penumbra y la de penumbra-oscuridad (0.95 y 0.98). Estas zonas representan un filtro definitivo entre la zona de oscuridad y la zona de luz, según Prous (2004) sólo especies preadaptadas son capaces de pasar a través de éste y habitar la zona profunda.

Un inventario de especies varía con el tiempo; sus rangos de distribución no son estables a lo largo de éste: una especie puede ampliar o reducir su distribución en función de cambios en el ambiente o puede variar su fenología en función de las condiciones de un año determinado, pudiendo llegar a no emerger o ser detectables todos los años. la importancia de las variaciones temporales de la riqueza de especies dependerá de la escala espacial de trabajo y de las características espacio-ambientales del área de trabajo (Jiménez-Valverde & Hortal. 2003).

5.4. Distribución

5.4.1 Cueva de Los Riscos

Si bien no existe una temporalidad ambiental significativa dentro de la cueva, con respecto a la composición faunística estacional se observaron variaciones. La basta complejidad ecológica reinante dentro de la cueva es acompañada por algunos niveles de predictibilidad, como que todas las arañas son depredadoras, sin importar las estrategias que específicamente desarrollen; y también que las diferencias en el uso de la seda dentro de estas estrategias permiten hacer una división básica entre arañas tejedoras y arañas errantes (Wise, 1993; New, 1999). Surgen dos posibles explicaciones para la distribución de las arañas dentro de la cueva: la disponibilidad de presas y la arquitectura del ambiente (Wise, 1993).

La distribución no uniforme de los recursos en una cueva definirá por tanto, la distribución localizada de los organismos. En este sentido, el hábitat de las cuevas podría proveer una variedad de condiciones atractivas para las especies capaces de explotarla: éstas penetrarán a todas las partes de la cuevas donde haya presas presentes y sustratos que resulten favorecedores (Gertsch, 1971; 1973; Wood, 2004).

La heterogeneidad espacial y ambiental han sido relacionadas con una explicación de la diversidad (mayor número de nichos disponibles), así como la estabilidad en la producción primaria, reflejada en consumidores primarios (presas): solo algunas especies oportunistas predominan cuando la productividad es alta y muchas especies coexisten cuando la productividad es estable a lo largo de todo el año (Poulson & Culver, 1968).

La rareza y ocurrencia local de la mayoría de las especies puede también estar explicada por un estudio de adaptación a ambientes cavernícolas terrestres, que explique los factores fisiológicos, fenológicos y morfológicos que permiten una tolerancia exitosa a él. (Poulson & Culver, 1968).

a. Zona de luz

Esta parte de la cueva está iluminada durante el día y presenta vegetación. Las entradas son regiones donde las variables ambientales están bajo una gran influencia del exterior; la

temperatura, humedad y luz varían a lo largo del día y del año (Prous *et al.* 2004). Es un medio con abundantes recursos, pero menos estabilidad ambiental.

En esta zona encontramos que las morfoespecies más abundantes en lluvias son *Leucauge sp.* (Tetragnathidae), *Modisimus sp.* y *Metagonia sp.* (Pholcidae) (Figura 9). Éstas últimas presenta aún más grandes abundancias en secas, junto con *Tegenaria sp.* (Agelenidae). Las cuatro morfoespecies se pueden considerar residentes permanentes de la zona, al encontrarse todo el año y en abundancias relativas altas. Todas son arañas tejedoras, que no sólo necesitan de condiciones microclimáticas especiales, sino que demandan ciertas características espaciales, como una variedad de lugares para montar y fijar sus redes (Foelix, 1996).

Pholcidae es una familia íntimamente relacionada con el ambiente cavernícola. *Metagonia* es un género considerado troglófilo, presentando especies troglóbias, y es encontrado ampliamente distribuido en cuevas de México (Gertsch, 1986). *Tegenaria* es un género de la familia Agelenidae que también se considera troglófilo y está ampliamente representado en cuevas de Estados Unidos y de México (Barr & Redell, 1967).

Las especies cuyas familias presentan una reducida frecuencia, se puede considerar que no presentan aparentemente ninguna adaptación al ambiente cavernícola, siendo su presencia meramente transitoria o accidental (Sánchez, 1994). En un muestreo faunístico en esta zona, las especies por encontrar serán probablemente especies localmente raras, o individuos errantes en fase de dispersión, procedentes de poblaciones estables externas; estos últimos son una fuerte fuente de sesgo en los inventarios (New, 1999). Los géneros considerados totalmente accidentales; son organismos troglófilos que viven en las ranuras de paredes, rocas, musgo y vegetación, aprovechando los recursos y condiciones de la zona (Hoffmann *et al.*, 1986).

b. Zona de Penumbra

La zona de penumbra se localiza justo después de la zona de luz (la entrada de la cueva) y provee un ambiente de amortiguamiento de las condiciones imperantes en el exterior mientras que aún recibe un poco de luz. Por otro lado, al estar junto a la de oscuridad total, representa una barrera para muchos invertebrados, por tanto la diversidad y abundancia de presas potenciales es baja en comparación con la zona de luz. Los depredadores en esta zona deben ser capaces de explotar los recursos moderados disponibles en la intermedia estabilidad ambiental, ya que se encuentran aislados del exterior por la zona de luz, a la vez que la zona de oscuridad representa

una frontera (Prous *et al.*, 2004; Smithers, 2005).

Las dos morfoespecies residentes de esta zona son *Euagrus* sp. y *Metagonia* sp., siendo esta última la de mayor abundancia. Ambas especies aprovechan diferentes espacios en esta zona: la primera se colectó principalmente a nivel de suelo y la segunda exclusivamente en las paredes.

Euagrus sp. es un género que en México está ampliamente distribuido en cuevas, según Gertsch (1971) son las arañas migalomorfas más abundantes en el país. Se les considera troglófilos, presentando especies troglóbias.

c. Zona de Oscuridad

Si bien se ha observado que los artrópodos son más abundantes a distancias cortas dentro de la cueva (Peck, 1976), también se sabe que ocurre en aquellas partes de la cueva donde los substratos tienen un mayor contenido orgánico. Este es el caso de la zona 3, que registrando los valores de menor diversidad de la cueva de Los Riscos, es en esta zona donde se mantienen las poblaciones exclusivas de *Hemirragus* sp. y *Ctenus* sp. 1, y las más abundantes de *Euagrus* sp en toda la cueva. Éstas dos morfoespecies presentan abundancias muy uniformes a lo largo del año (Figura 12), relacionado probablemente con las características ambientales constantes de la zona y con los recursos que aporta el guano de las colonias de *Desmodus rotundus* y de *Diphylla ecaudata* en esta zona.

El transecto 5 corresponde a esta zona y en ninguna de las visitas a la Los Riscos se encontró algún organismo que colectar. Esto puede deberse a que el transecto estaba colocado en una zona donde no hay ningún tipo de aporte energético, demasiada alejada del exterior para recibir materia orgánica por arrastre de alguna otra forma de transporte alóctono y sin aporte de guano, ya que las colonias se localizan hasta lo más profundo de la cueva.

Estas tres familias residentes de la zona son muy comunes en cuevas de México. Ctenidae es una familia muy común en cuevas de México, viven en paredes y en el piso. Éstas arañas errantes son muy activas y se clasifican como troglófilas (Gertsch, 1971), por su parte, *Hemirrhagus* sp. es una especie rara, el género es clasificado como troglóbio en cuevas del país (Pérez-Miles & Loch, 2003).

d. Zona de Penumbra-oscuridad

Esta zona de la cueva está conformada por zonas de luz y de completa oscuridad. Por tanto también es una zona de transición. Comparte por una parte (transectos 8 y 9, el 10 y el 4; Figura 13) el estar adyacentes al exterior con la zona de luz, sin embargo en esta parte de la cueva si hay techo , y la luz que entra no es suficiente para mantener una producción primaria, los recursos por tanto son más escasos. Es en esta área donde se colectaron cinco de las morfoespecies de la zona (*Modisimus* sp., *Neotama* sp., *Platoecobius* sp., *Ctenidae* sp. 2 y *Tegenaria* sp.), todos aparentan ser accidentales, con excepción de *Modisimus* sp., que presentó abundancias un poco más elevadas y se encontró en ambas estaciones (Figura.

Por otra parte (transecto 4), se trata de la zona vecina a la oscura, una zona filtro entre la de luz y la de oscuridad. Las morfoespecies residentes aquí son *Euagrus* sp. y *Metagonia* sp., ésta última presenta las abundancias más grandes y ubicada exclusivamente en las paredes.

5.4.2. Sierra Gorda

Teniendo en cuenta la historia geológica de la Sierra Gorda, así como el registro de cavidades en el área (Lazcano, 1986), existen altas probabilidades de que el sistema se encuentre estrechamente interconectado. El grado en que unos sistemas están interconectados con otros y en la medida en que la insularidad ecológica aumenta, se incrementa también la biodiversidad; esto está determinado por la transmisión e intercambios de agua, aire, materiales, alimentos, organismos y genes entre el exterior y las cuevas, así como entre cuevas contiguas (Galán, 2006).

La Sierra Gorda coincide con dos características que Culver y colaboradores (2004) relacionan con potenciales zonas de alta biodiversidad en cuevas: una alta densidad de cuevas por área (relacionado con disponibilidad de hábitat) y una alta productividad a larga plazo (relacionada con altas temperaturas y niveles de precipitación). Además, el movimiento de organismos entre cuevas, por medio de pasajes inaccesibles para la exploración, es posible; se ha calculado que el intervalo para esta forma de dispersión es de > 100 km (Culver *et al.*, 2004), por lo que encontrar nuevos organismos troglobios en la Sierra es muy probable. Todo esto da indicios de que se trata de una zona potencialmente rica en organismos cavernícolas.

Por mucho tiempo, los bioespeleólogos creyeron que las especies troglobias eran raras en zonas tropicales (Gibert & Deharving, 2002). Se ha hecho notable que existen más troglobios habitando estas zonas, siendo el caso de México, donde confluyen mecanismos que proveen muchas oportunidades de especiación (Elliott, 2000). Aunque las cuevas tropicales son objeto de estudio en la actualidad, es bien sabido que el conocimiento de éstas es aún muy pobre (Galán &

Herrera, 1998; Ferreira & Martins, 1999) y han sido ignoradas en las recopilaciones globales de fauna cavernícola por esta razón (Culver & Sket, 2000; Culver *et al.*, 2006).

Los ambientes cavernícolas son muy específicos y potencialmente frágiles, las especies que lo habitan son muy propensas a volverse especies amenazadas. Las arañas cavernícolas son extremadamente importantes tanto por el estatus endémico o de distribución extremadamente limitada de muchas de ellas, además por su posición de depredadoras dominantes en las comunidades de cuevas. Por tanto en términos de conservación y mantenimiento de la biodiversidad, son prioritarias (Doran *et al.*, 1999; Culver & Sket, 2000; Gibert & Deharveng, 2002; Culver *et al.*, 2006).

Durante la última década, se tiene un promedio anual de 20 especies cavernícolas nuevas; ésto se relaciona con el descubrimiento de cuevas cada año (Culver *et al.*, 2000). Los listados faunísticos dan las bases para trabajos descriptivos que documentan los patrones de diversidad y distribución de las especies; una vez estandarizados y con colectas repetidas, pueden dar una buena idea de las características del ambiente y de las comunidades como fenología, composición, riqueza y hasta patrones tanto ecológicos como biogeográficos (Droege *et al.*, 1998). Pese a que existe un extenso listado de organismos cavernícolas, estos aún corresponden solo a una pequeña fracción de cuevas en cualquier región del mundo (Culver *et al.*, 2004). Por lo que para poder conservar efectivamente la fauna cavernícola, se requiere tener una idea de lo que se desea conservar, y por tanto, implementar programas de exploración en cuevas. En muchas partes del país es más bien poco lo que sabemos de la fauna cavernícola; sin explorar y documentar se corre el peligro de perder especies antes de siquiera saber que han existido. (Hunt & Millar, 2001).

6. CONCLUSIONES

1. La riqueza total de arañas asociadas a la cueva de Los Riscos fue de 41 morfoespecies, pertenecientes a 39 géneros y 41 morfoespecies.
2. La mayor riqueza específica y la mayor abundancia de arañas se registró en la temporada de lluvias en comparación con la temporada de secas.
3. La zona de la cueva con mayor diversidad fue la zona de luz.
4. Las morfoespecies más abundantes y con la distribución más amplia en la gruta fueron *Euagrus* sp. y *Metagonia* sp., consideradas troglófilas.
5. De las morfoespecies relacionadas a la cueva, *Hemirrhagus* sp. es la única troglobia.
6. La zona de luz mantiene condiciones ambientales y de composición faunística que la hacen diferente al resto de la cueva. Puede considerarse un ecotono entre la cueva y el exterior.
7. La luz y la humedad son las variables ambientales más indirectamente relacionadas con la distribución de las arañas dentro de la cueva,

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. ENEP Iztacala. UNAM. México.
- Barr, T.C. Jr. 1967. Observations on the ecology of Caves. *The American Naturalist*. **101(922)**:475-491.
- Barr, T.C. Jr. & J. R. Redell. 1967. The Arthropod Cave Fauna of the Carlsbad Caverns Region, New Mexico. *The Southwestern Naturalist*. **12(3)**:253-274.
- Barr, T.C. Jr. 1967. Observations on the ecology of Caves. *The American Naturalist*. **101(922)**:475-491.
- Barr, T.C. & R.A. Kuehne. 1971. Ecological studies in the Mammoth Cave ecosystem of Kentucky. II. The Ecosystem. *Annales de Spéléologie*. **26**: 47-96.
- Barr, T.C. Jr. & J.R. Holsinger. 1985. Speciation in cave faunas. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **16**: 313-37.
- Brescovit, A.D., A.B. Bonaldo, R. Bertani & C.A. Rheims. 2002. Araneae. En: Adis, J. (ed.) *Amazonian Arachnida and Myriapoda*. Pp. 303-343. Pensoft Publishers, Moscow.
- Brignoli, P.M. 1972. Some cavernicolous spiders from Mexico (Araneae). *Accad. Nazionale dei Lincei*. **369(171)**: 129-155.
- Camassa, M.M. 2004. Food resources. En: Gunn, J. (ed.) *Encyclopedia of caves and karst science*. pp.365-367. Taylor and Francis Books, USA.
- Cardoso, P., C. Gaspar, L.C. Pereira, I. Silva, S. Henriques, R.R. da Silva & P. Sousa. 2008. Assesing spider richness and composition in Mediterranean cork oak forests. *Acta Oecologica*. **33**:114127
- Castelo C., J.L. 2000. *Diversidad de Salticidae (Arachnida:Araneae) en una localidad de selva baja caducifolia del sur de Jalisco, México*. Tesis Profesional. ENEP Iztacala. UNAM. México.
- Coddington, J.A. & H.W. Levi. 1991. Systematics and evolution of spiders (Araneae). *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **22**: 565-592.
- Coddington, J.A., L.H. Young & F.A. Coyle. 1996. Estimating spider richness in a southern Appalachia cove hardwood forest. *J. Arachnol.* **54**: 191-215.

- Coddington, J.A. & R.K. Colwell. 2001. Arachnids. In: S.A. Levin (ed.) *Encyclopedia of biodiversity, Volume I*. Pp. 199-218. Academic Press. San Diego.
- Coddington, J.A., G. Giribet, M.S. Harvey, L. Prendini & D.E. Walter. 2004. Arachnida. In: Cracraft, J. & M.J. Donoghue (eds.) *Assembling the Tree of Life*. Pp.296-318. Oxford University Press.
- Coddington, I. Agnarsson, J.A. Miller, M. Kunter & G. Hormiga. 2009. Undersampling bias: the null hypothesis for singleton species in tropical arthropod surveys. *Journal of Animal Ecology*. **78**:573–584.
- Colwell, R. K. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.0. WEB: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell R.K. & J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*. **345**: 101-118.
- Culver, D.C. 1982. *Cave Life: Evolution and Ecology*. Harvard University Press. 189 pp.
- Culver, D.C. & T.L. Poulson. 1970. Community boundaries: Faunal Diversity around a cave entrance. *Ann. Spéléol.* **25**: 853-860.
- Culver, D.C, & B. Sket. Hotspots of subterranean biodiversity in caves and wells. *Journal of Cave and Karst Studies*. **62(1)**: 11-17.
- Culver, D.C., L.L. Master, M.C. Christman & H.H. Hobbs III. 2000. Obligate cave fauna of the 48 contiguous United States. *Conservation Biology*. **14**:386-401.
- Culver, D.C., M.C. Christman, W.R. Elliott, H.H. Hobbs III & J.R. Reddell. 2003. The North American obligate cave fauna: regional patterns. *Biodiversity and Conservation*. **12**: 441-468.
- Culver, D.C., M.C. Christman, B. Sket & P. Trontelj. 2004. Sampling adequacy in an extreme environment: species richness patterns in Slovenian caves. *Biodiversity and Conservation*. **13**: 1209-1229.
- Culver, D.C., L. Deharveng, A. Bedos, J.J. Lewis, M. Madden, J.R. Redell, B. Sket, P. Trontelj & D. White. 2006 . The mid-latitude biodiversity ridge in terrestrial cave fauna. *Ecography*. **29**: 120-128.
- Curcic, B.P.M., C.C. Deltshv, G.A. Blagoev, V. T. Tomic, S.B. Curcic, B.M. Mitic, L.D. Djorovic & V.N. Ilie. 2004. On the Diversity of some soil and cave spiders (Aranea: Arachnida) from Serbia. *Arch. Biol. Sci. Belgrade*. **56(3-4)**:103-108.

- Cushing, P.E. 2005. Introduction. *In*: Ubick, D., Paquin, P., Cushing, P.E. y Roth, V. (eds.) *Spider of North America: an identification manual*. Pp. 4-6. American Arachnological Society.
- Chao, A., R.L. Chazdon, R.K. Colwell & T.J. Shen. 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*. **8**: 148-159.
- Churchill, T.B. & J.M. Arthur. 1999. Measuring spider richness: effects of different sampling methods and spatial and temporal scales. *Journal of Insect Conservation*. **3**: 287-295.
- Demir, H., A. Topeu & O. Seyyar. 2008. A new species of Plliduphantes from Turkish Caves (Araneae: Linyphiidae). *Entomological News*. **119(1)**:43-46.
- Dethier, M. & J.M. Hubart. 2005. La "troglobitudo": adaptations à la vie souterraine. *Notes fauniques de Gembloux*. **57**: 29-48.
- Durán B., C.G. 2000. *Estudio Faunístico de la familia Theridiidae (Arachnida:Araneae) en la selva baja caducifolia del sur de Jalisco (Mpio. El Limón), México*. Tesis Profesional. ENEP Iztacala. UNAM. México.
- Doran, N.E., A.M.M. Richardson & R. Swain. 2001. The reproductive behaviour of the Tasmanian cave spider *Hickmania troglodytes* (Araneae: Austrochilidae). *J. Zool., Lond.* **253**:405-418
- Droege, S., A. Cyr & J. Larivée. 1998. Checklists: an under-used tool for the inventory and monitoring of plants and animals. *Conservation Biology*. **12(5)**: 1134-1138.
- Elliott, W.R. 2000. Conservation of the North American cave and karst biota. Chap. 34, pp.665-689. En: Wilkens, H., D.C. Culver & W.F. Humphreys (eds.) *Subterranean ecosystems*. Ecosystems of the World, 30. Elsevier, Amsterdam.
- Elliot, W.R. 2007. Zoogeography and biodiversity of Missouri caves and karst. *Journal of Cave and Karst Studies*. **69**: 135-162.
- Escalante, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos*. **52**: 53-56.
- Espino del Castillo, A., G. Castaño-Meneses, M. Dávila-Montes, M. Miranda-Anaya, J.B. Morales-Malacara & R. Paredes-León. 2009. Seasonal distribution and circadian activity in the troglophile long-footed frog, *Eleutherodactylus longipes* (Anura: Brachycephalidae) at Los Riscos cave, Queretaro, Mexico: field and laboratory studies. *Journal of Cave and Karst Studies*.

- Ferreira, R.L. & R.P. Martins. 1999. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. *Tropical Zoology*. **12**: 231-252.
- Ferreira, R.L., X. Prous, S.F. Machado & R.P. Martins. 2005. Population dynamics of *Loxosceles similis* (Moenkhaus, 1898) in a Brazilian dry cave: a new method for evaluation of population size. *Rev. Bras. Zoociencias Juiz de Fora*. **7** (1):129-141.
- Foelix, R.F. 1996. *Biology of spiders*. Oxford University Press. New York. 330 pp.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. México, D.F. 252 pp.
- Galán, C. 2006. Conservación de la fauna cavernícola troglóbias de Gipuzkoa: análisis de las distribuciones de especies troglóbias. *Sociedad de Ciencias Aranzandi*. Pag. web aranzadi-sciences.org. 11 pp.
- Galán, C. & F. Herrera. 1998. Fauna cavernícola: ambiente y evolución. *Bol. Soc. Venezol. Espeleol.* **32**: 13-43.
- Gertsch, W.J. 1971. A report on some Mexican cave spiders. *Assn. Mex. Cave Stud. Bull.* **4**:47-111
- Gertsch, W.J. 1973. A report on cave spiders from Mexico and Central America. *Assn. Mex. Cave Stud. Bull.* **5**:141-163
- Gertsch, W.J. 1977. Reporto on cavernicole and epigea spiders from the Yucatan peninsula. *Assn. Mex. Cave Stud. Bull.* **6**:103-138.
- Gertsch, W.J. 1986. The spider genus *Metagonia* (Araneae: Pholcidae) in North America, Central America, and the West Indies. *Texas Memorial Museum: Speleological Monographs*. **1**: 39-62.
- Gertsch, W.J. & R.W. Mitchell. 1971. A checklist of the cave fauna of Mexico. I. Sierra de El Abra, Tamaulipas and San Luis Potosi. *Assn. Mex. Cave Stud. Bull.* **4**:137-148.
- Gibert, J. & L. Deharveng. 2002. Subterranean Ecosystems: a truncated functional biodiversity. *BioScience*. **52(6)**: 473-481.
- Gordon, T., & C. Douglas. 1988. BIO-DAP software of the textbook: ecological biodiversity and its measurement. Princeton University Press. USA.
- Green, J. 1999. Sampling method and time determines composition of spider collections. *J. Arachnol.* **27**:176-182.
- Guerrero, T.M.C. 1992. *Contribución al estudio de los arácnidos cavernícolas de México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

- Harvey, M.S., W.A. Shear, & H. Hoch. 2000. Onychopora, Arachnida, Myriapods and Insecta. In: Wilkins, H., D. Culver & W. Humphreys (eds.) *Subterranean Ecosystems (Ecosystems of the World 30)*. Pp. 79-94. ELSEVIER, New York.
- Hedin, M.C. 1997. Molecular Molecular Phylogenetics at the Population/Species Interface in Cave Spiders of the Southern Appalachians (Araneae: Nesticidae: *Nesticus*). *Mol. Biol. Evol.* **14(3)**: 309-324.
- Hedin, M.C. & B. Dellinger. 2005. Descriptions of a new species and previously unknown males of *Nesticus* (Araneae: Nesticidae) from caves in Eastern North America, with comments on species rarity. *Zootaxa*. **904**: 1–19.
- Hose, L.D. & J.A. Pisarowicz. 1999. Cueva de Villa Luz, Tabasco, Mexico: Reconnaissance Study of an Active Sulfur Spring Cave and Ecosystem. *Journal of Cave and Karst Studies*. **61(1)**:13-21.
- Howarth, F.G. 1983. Ecology of cave arthropods. *Ann.Rev.Entomol.* **28**: 365-389.
- Hoffmann, A., J.G. Palacios-Vargas & J.B. Morales-Malacara. 1986. *Manual de Bioespeleología*. Facultad de Ciencias. UNAM.México. 274 pp.
- Hoffmann, A., López-Campos, G., Vazquez-Rojas, I. 2004. Los artrópodos de las cavernas de México. En: Bousquets, J.J., Morrone, J.J., Yañez, O., Vargas-Fernández, I. (eds.) *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México, hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol IV. Pp.229-326. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Huber, B.A. 2000. New world pholcid spiders (Araneae: Pholcidae): A revision at generic level. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. **254** :1-347.
- Hunt, M & I. Millar. 2001. *Cave invertebrate collecting guide*. Department of Conservation technical series 26. Dept. of Conservation, Wellington, N.Z. 29 pp.
- Jiménez, M.L. 1996. Araneae. En: Bousquets, J., A.N. García Aldrete & E. González (eds.) *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis*. Pp. 83-101. U.N.A.M.Instituto de Biología, México.
- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. **8**:151-161.
- Kambesis, P. 2007. The importante of cave exploration to scietific research. *Journal of Cave and Karst Studies*. **69 (1)**: 46-58.
- Kaston, B.J. 1978. *How to Know the spiders*. Wm. C Brown . EUA. 272 pp.

- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Longman Press. USA. 620 pp.
- Kunter, M., Sket, B. & 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.
- Lazcano-Sahagún, C.S. 1986. *Las cavernas de la Sierra Gorda. Tomos I y II*. Universidad Autónoma de Querétaro. México.
- MacArthur, R.H. 1965. Patterns of species diversity. *Biol.Rev.* **40**: 510-533.
- Mallis, R.E. & L.E. Hurd. 2005. Diversity among ground-dwelling spider assemblages: habitat generalists and specialists. . *J. Arachnol.* **33**: 101-109
- Miller, J.A. 2005. Cave adaptation in the spider genus *Anthrobia* (Aranea, Linyphiidae, Erigoninae). *Zoological Scripta*. **34(6)**: 565-592.
- Moldovan, O. 2004. Biodiversity in terrestrial cave habitats. En: Gunn, J. (ed.) *Encyclopedia of caves and karst science*. pp.143-144. Taylor and Francis Books, USA.
- Morales-Malacara, J.B. & I. Vázquez. 1986. *Bioespeleología de algunas cuevas del estado de Querétaro (Trabajo de biología de campo)*. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 134pp.
- New, T.R. 1999. Untangling the Web: Spiders and the Challenges of Invertebrat Conservation. *Journal of Insect Conservation*. **3(4)**:251-256.
- Paquin, P. & M. Hedin. 2004. The power and perils of ‘molecular taxonomy’: a case study of eyeless and endangered Cicurina (Araneae: Dictynidae). *Mol. Ecol.* **13**: 3239-3255.
- Pastrana, L. 2006. *Diversidad y Distribución de arañas (Arachnida:Araneae) en la cueva de Las Sardinias, Tabasco, México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Pérez-Miles, F. & A. Locht. 2003. Revision and cladistic analysis of the genus *Hemirrhagus* Simon, 1903 (Araneae, Theraphosidae, Theraphosinae). *Bull. Br. Arachnol. Soc.***12(8)**:365-375.
- Peck, S.B. 1976. The effect of cave entrances on the distribution of cave inhabiting terrestrial arthropods. *Int. J. Speleol.* **8**:309-321
- Platnick, N. I. 2009. The world spider catalog, version 9.5. American Museum of Natural History. <http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/index.html>

- Poulson, T.L. & D.C. Culver. 1968. Diversity in terrestrial cave communities. *Ecology*. **50**(1): 153-158.
- Poulson, T.L. & W.B. White. 1969. The cave environment. *Science*. **165**(3897):971-981.
- Prous, X., Lopes F.R. & Parentoni M.R. 2004. Ecotone delimitation: Epigeal-hipogean transition in cave ecosystems. *Austral Ecology*. **29**: 374-382.
- Reddell, J.R. 1971. A checklist of the cave fauna of Mexico. I.Sierra de el Abra, Tamaulipas and San Luis Potosi. *Assn. Mex. Cave Stud. Bull.* **5**:141-163
- Reddell, J.R. 1981. A review of the cavernicola fauna of Mexico, Guatemala and Belize. *Texas. Mem. Mus. Univ. Texas at Austin Bul.***27**: 1-327.
- Reeves, W. 1999. Cave-dwelling Nesticidae (Araneae) in the southeastern United States: new distribution records and notes on their bionomics. *Insecta Mundi*. **13**(1-2):93-94.
- Ribera, C. 2004. Arachnida. En: Gunn, J. (ed.) *Encyclopedia of caves and karst science*. pp.71-73. Taylor and Francis Books, USA.
- Ribera, C. & C. Juberthie. 1994. Araneae. En: C. Juberthie & V. Decu (eds.) *Encyclopaedia Biospeologica Tome I*. Moulis: Société de Biospéologie.
- Rubio, G.D., J.A. Corronca & M.P. Damborsky. 2008. Do spider Diversity and assemblages change in different contiguous habitats? A case study in the protected habitats of the humid Chaco Ecoregion, Northeast Argentina. *Environ. Entomol.* **37**(2): 419-430
- Ruiz R., N. 2002. Turismo y transformaciones rurales: El caso de la Sierra Gorda de Querétaro, México. . Tesis para obtener el grado de Maestra en Estudios Regionales. Instituto de Investigaciones Dr. José Ma. Luis Mora. México.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 432 pp.
- Sánchez, A.F. 1994. *Arañas cavernícolas mexicanas (Arachnida: Araneae)*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Sarbu, S.M. 2000. Mobile cave: a chemoautotrophically based groundwater ecosystems. En: Wilkens, H., D.C. Culver & W.F. Humphreys (eds.) *Subterranean ecosystems*. Ecosystems of the World, 30. Elsevier, Amsterdam. 325-350 pp.
- Sarbu, S.M., T.C. Kane & B.K. Kinkle. A chemoautotrophically based cave ecosystem. *Science*. 272(5270): 1953-55.
- Soberón , M.J. & J. Llorente. 1993a. La comisión nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* **44**:3-17.

- Soberón , M.J. & J. Llorente. 1993b. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*. **7(3)**: 480-488.
- Schneider, K. & D.C.Culver. 2004. Estimating subterranean species richness using intensive sampling and rarefaction curves in a high density cave region in West Virginia. *Journal of Cave and Karst Studies*. **66(2)**: 39-45
- Smithers, P. 2005. The diet of the cave spider *Meta menardi* (Latreille 1804) (Aranea, Tetragnathidae). *J. Arachnology*. **33**:243–246
- StatSoft, Inc. 1998. Electronic Statistics Textbook, Tulsa, Oklahoma. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>.
- Ubick, D., P. Paquin, P.E. Cushing & V. Roth (eds). 2005. *Spiders of North America: an identificatipn manual*. American Arachnological Society. 377 pp.
- Uézićika, V.R. 1999. The stops in subterranean evolution of spiders (Araneae) in Central Europe. *Journal of Natural History*. **33**: 255-265.
- Valdez M., A. *Diversidad de arañas (Arachnida:Araneae) relacionadas con las grutas de Juxtlahuaca, Guerrero, México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Walther, B.A. & S. Morand. 1998. Comparative performance of species richness estimation methods. *Parasitology*. **116**: 395-405.
- Wise, D.H. 1993. *Spiders in ecological webs*. Cambridge University Press. New York. 329 pp.
- Wood, P.J. 2004. Subterranean Ecology. En: Gunn, J. (ed.) *Encyclopedia of caves and karst science*. pp.706-708. Taylor and Francis Books, USA.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. New Jersey. 663 pp.