

34  
2 ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESTUDIO FAUNISTICO COMPARATIVO DE DOS  
COMUNIDADES GUANOBIAS EN CAVERNAS  
DE VERACRUZ.**

**T E S I S**

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

**LAURA LEONOR DEL CASTILLO MARTINEZ.**



**FACULTAD DE CIENCIAS  
MEXICO, D. F. REGION ESCOLAR**

**1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
P r e s e n t e

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

Estudio faunístico comparativo de dos comunidades guanobias en cavernas de Veracruz.

realizado por Laura Leonor Del Castillo Martínez

con número de cuenta 7916528-8 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario M. en C. Juan Bibiano Morales Malacara

Propietario Dra. Ana Hoffmann Mendizabal

Propietario M. en C. Ignacio Mauro Vázquez Rojas

Suplente M. en C. Enrique González Soriano

Suplente Biol. Claudia Vallejo Albarrán

Consejo Interdisciplinario de Biología

COORDINACIÓN GENERAL  
DE BIOLOGÍA

El presente trabajo fue realizado dentro del proyecto Sistemática, Citogenética y Biología de la Acarofauna Epizoica de Quirópteros Cavernícolas de México. Financiado por la DGAPA, con el n° de proyecto IN203593.

A mis padres, Margarita y Jesús.  
Por todo su amor que me han dado  
Por dejarme ser lo que soy

A mis hermanos  
Maye, Jesús y Arturo:  
Por que se que están siempre conmigo y esto les hará feliz

A María Teresa  
Por que siempre estarás en mi corazón y serás el motivo de mi ser

A mis sobrinos  
Juan Ramón, María Erandi, Laura Teresa, Jorge Arturo, Sergio Alexandro, Arturo Issac y  
a ti bebita  
Por la fortuna de tenerlos y espero sea esto un motivo en sus vidas.

A mi tía  
Catalina Del Castillo  
Por que ha sido mi ejemplo de lucha a seguir

**A Nazario**

**Que me ha apoyado en todo momento en la realización de esta tesis.**

**Te amo Naz.**

**A LADELCAM**

**Por todo tu esfuerzo y cada una de tus lágrimas**

## AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer, de manera muy especial, al M. en C. Juan B. Morales Malacara, mi director de tesis, por haberme apoyado dandome todas las facilidades para realizar este trabajo; su orientación fue invaluable desde el inicio hasta el fin de esta tesis. Sus conocimientos, experiencia y su desempeño como investigador han proporcionado las bases y el entusiasmo para mi formación profesional.

A la Dra. Ana Hoffmann Mendizabal por su intervención y sugerencias proporcionadas, mi mas profunda admiración.

Al M. en C. Ignacio M. Vázquez Rojas por su asesoría constante y críticas constructivas.

Al M. en C. Enrique González Soriano por sus criticas y sugerencia tan precisas.

A la Biol. Claudia Vallejo Albarrán por su asesoría y facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

A todo los que contribuyeron en la determinación de los organismos: M. en C. Ignacio M. Vázquez Rojas (O. Pseudoscorpionida), Dr. Jorge de la Cruz (O. Metastigmata), Dr. Robert L. Smiley (O. Prostigmata), Dr. Roy A. Norton (O. Cryptostigmata), Biol. Douglas Zeppelini Filho (O. Collembola), Dr. Alfonso N. García Alderette (O. Psocoptera), Dr. Santiago Zaragoza (O. Coleoptera), Biol. Guadalupe M. López Campos (O. Diptera) y Biol. Gabriela C. Castaño Meneses (O. Hymenoptera).

A la M. en C. Kathleen Ann Babb Stanley y al Biol. Gerardo Rivas Lechuga por su asesoría en los aspectos estadísticos.

A Delfino Gómez Ramos por la elaboración de los mapas del trabajo.

A Nazario Piña Huerta por su asesoría y elaboración de cuadros de este trabajo.

A mis amigos Ada Alicia Ruz Castillo, Saul Aguilar Morales y Jesús A. Monterrubio Mendoza por su ayuda en el campo y su amistad

A todos mis compañeros del laboratorio de Acarología por todo el apoyo y amistad invaluable. Cris, Lupy, Carmen, Martha, Juan, Nacho, Rafa y Arturo.

A Isabel Vargas por toda la motivación que siempre me dio.

..... a todos mis amigos, Gracias.

## CONTENIDO

I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	6
III. OBJETIVOS	15
IV. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	16
Localización de las cuevas	16
Geología	19
Orografía	21
Suelo	21
Clima	21
Vegetación	22
Hidrología	25
Cueva del Arroyo del Bellaco	25
Cueva de la Loma de la Raya Seca	28
V. MATERIALES Y METODO	30
Trabajo de campo	30
Trabajo de laboratorio	31
Determinación de los organismos	34
Análisis de guano	34
Trabajo de gabinete	34
VI. RESULTADOS	36
CUEVA DEL ARROYO DEL BELLACO	36
Condiciones físicas	36
Murciélagos que depositan el guano	37
Distribución de los murciélagos dentro de la cueva	37
Composición de la fauna guanobia	40
Listado sistemático	45



Distribución porcentual de la fauna guanobia .....	47
Abundancia estacional de los organismos .....	47
Análisis faunístico .....	53
Resultados de los análisis químicos del guano .....	57
Análisis exploratorios, dendrogramas de similitud de Bray-Curts .....	63
Relación de los murciélagos con la abundancia de la fauna guanobia .....	69
Discusión (cueva del Arroyo del Bellaco) .....	70
CUEVA DE LA LOMA DE LA RAYA SECA .....	72
Condiciones físicas .....	72
Murciélagos que depositan el guano .....	72
Distribución de los murciélagos dentro de la cueva .....	72
Composición de la fauna guanobia .....	72
Listado sistemático .....	77
Distribución porcentual de la fauna guanobia .....	81
Análisis faunístico .....	84
Análisis químicos .....	86
VII. ANALISIS COMPARATIVO DE LA FAUNA GUANOBIA DE LAS DOS CUEVAS ---	
.....	88
VIII. DISCUSION GENERAL .....	95
IX. CONCLUSIONES .....	97
BIBLIOGRAFIA .....	99

## I. INTRODUCCION

Las cavernas constituyen sin duda alguna, una de las más curiosas e interesantes maravillas de la naturaleza, tanto por su formación como por lo que hay dentro de ellas.

Las cuevas se forman generalmente por la acción del agua, en su mayoría excavadas en roca caliza constituidas por los restos de pequeños animales y plantas marinas, así como por corales y crustáceos. Estos organismos que eran muy abundantes hace millones de años, absorben del agua de mar compuestos de calcio y los transforman en sales de calcio para formar sus exoesqueletos. Al morir, sus caparazones se fueron acumulando y endureciendo hasta formar grandes depósitos de caliza (Espinasa, 1994).

Conforme el agua de lluvia se filtra a través del suelo, absorbe bióxido de carbono y forma ácido carbónico. Esta agua de lluvia acidulada disuelve la caliza, agrandando poco a poco sus fracturas. Al aumentar de tamaño, las cavidades pueden llegar a conectarse y formar grandes laberintos llenos de agua, en tanto que otras secciones permanecen secas. Durante esta etapa, si las corrientes subterráneas son muy rápidas, otro agente (la erosión) comienza a modelar la cueva. Con frecuencia estas corrientes están cargadas de sedimentos y deyecciones que actúan como abrasivos. Al aumentar la velocidad de desgaste las fracturas paulatinamente se van agrandando (Espinasa, 1994).

Otro tipo de formación de cuevas se da por las corrientes de lava; estas se forman cuando algún flujo de magma pastoso resbala por una pendiente, origina una corriente mucho más larga que ancha. La periferia se enfria y solidifica más de prisa que la parte interior. Cuando la corriente de lava cesa, puede dejar atrás un hueco en forma de túnel (Renault, 1971).

También puede haber cuevas que se forman en rocas metamórficas, donde el proceso puede deberse a presiones externas de la corteza terrestre, que junto con movimientos tectónicos ocasionan fracturas o fisuras; estos movimientos pueden afectar tanto a rocas sedimentarias como volcánicas, constituyendo algunos tipos de cavernas de tamaño pequeño.

Las cuevas que se encuentran en el territorio mexicano son muy diversas en cuanto a su origen, edad y grado de desarrollo. Las hay desde cuevas basálticas pequeñas, como la mayoría de las existentes en el estado de Morelos, hasta gigantescos sistemas cársticos (conjunto de formas originales del relieve que se producen en localidades compuestas por rocas como yeso o calizas) de varios kilómetros de longitud como los localizados en los estados de Chiapas, Guerrero, Tamaulipas y Yucatán. Estos sistemas subterráneos albergan una de las más diversas faunas cavernícolas del mundo (Reddell,

1981); esto se explica en parte por la existencia de vastos sistemas de cuevas que tienen relación con una gran variedad de biotopos, como son desiertos, bosques de alta montaña, matorrales, selvas, etc.

En las cuevas se pueden distinguir varias zonas: a) la zona de luz que es el tramo cercano a la entrada y tiene gran influencia del exterior (la luz del sol, la lluvia y la temperatura son casi las mismas), b) la zona de penumbra es la zona intermedia en donde la intensidad luminosa disminuye y el aire es más húmedo y fresco, c) la zona de oscuridad es la zona profunda, donde la temperatura permanece casi constante durante todo el año y se caracteriza por la ausencia de luz.

Los habitantes de las cuevas varían de acuerdo con estas zonas. En el área de la entrada se pueden encontrar muchos organismos típicamente epigeos como por ejemplo serpientes, batracios, roedores, y muchos otros animales, que por lo general incursionan en las cavernas en busca de refugio o incluso por accidente, que se denominan troglóxenos.

En la zona intermedia llegan a encontrarse organismos habituales al medio subterráneo que no presentan modificaciones al medio, muchos pueden salir al exterior por alimento, como por ejemplo diversos grupos de artrópodos y en especial los murciélagos también son llamados troglófilos.

Los animales cavernícolas son aquellos que nunca abandonan el interior de la cueva, como ciertas especies de peces, cangrejos, acociles, planarias y otros grupos de artrópodos. Entre las modificaciones morfológicas y etológicas que han desarrollado estos organismos como adaptaciones a la vida cavernícola se menciona la falta de pigmento, atrofia visual, hipertrofia de apéndices locomotores, entre otras; a estos organismos se les conocen también como troglóbios.

Los ambientes subterráneos se caracterizan por la ausencia de luz y estabilidad ambiental. La ausencia de plantas fotosintetizantes, hace que animales cavernícolas busquen otras fuentes de alimento, generalmente escaso, constituido básicamente por materia orgánica acarreada hacia el interior de las cavernas por el agua o por animales que frecuentan un medio epigeo y se introducen luego a una cueva. En algunas cavernas, el guano de murciélagos y aves pueden formar acumulaciones grandes, que constituyen la principal fuente de alimento de algunos artrópodos.

En la mayoría de las cuevas resulta difícil hacer una separación tajante de las biocenosis que las constituyen, principalmente por las interrelaciones entre los componentes de las diversas comunidades; además, la delimitación precisa de ciertos

biotopos es difícil, por la morfología tan variada de las galerías y la distribución aleatoria del alimento (Hoffmann, *et al* , 1986). El término biocenosis define a la comunidad de organismos que habita en un ambiente determinado y se caracteriza por la interrelación existente entre los individuos, lo que conduce a un equilibrio más o menos estable. Cada biocenosis está integrada por poblaciones. Cada población habita en un biotopo particular. El biotopo es la unidad ecológica elemental cuya extensión es variable pero se acepta que reúne las características físicas, químicas y climáticas relativamente uniformes que lo diferencian de otros biotopos. Las poblaciones animales de los diferentes biotopos están diferenciados con un grupo de animales característicos, y su conjunto integra la biocenosis de la cueva (Galan, 1993).

En las cuevas generalmente existen cuatro biotopos distintos, que están estrechamente bien relacionados: estructuras parietales (paredes) y suelo, medio acuático, quirópteros y guano.

En el biotopo de estructuras parietales y suelo se encuentran por lo general diversas especies de depredadores como arácnidos, quilópodos y diplopódos, los cuales llegan en ocasiones a incursionar al guano para obtener sus presas.

En los cursos subterráneos de ríos o depósitos de agua por filtraciones, se llegan a encontrar tanto animales acarreados del exterior (cangrejos, protozoarios y peces) como organismos troglobios, por ejemplo peces y crustáceos ciegos.

En el biotopo representado por los quirópteros existe una notable fauna de ácaros y de insectos asociados, de los cuales muchos son parásitos con distinto grado de especialización.

Los murciélagos son animales de hábitos nocturnos que han ocupado multitud de nichos ecológicos, siendo los únicos mamíferos con capacidad de vuelo. En todos los casos los murciélagos presentes en cuevas se alimentan en el exterior, por lo que son los organismos troglófilos por excelencia. Los murciélagos cavernícolas son más o menos gregarios, y en algunos casos pueden formar colonias abundantes. Las zonas ocupadas por estos organismos contienen depósitos de guano de relativa importancia. En las cuevas tropicales, donde son frecuentes las colonias de varios miles de ejemplares, los depósitos de guano son considerables y presentan el desarrollo de comunidades guanobias particulares.

De acuerdo a Bernath y Kunz (1981), el guano está constituido por el desperdicio evacuado y los productos nitrogenados excretados del metabolismo animal. El guano de murciélago es rico en nutrientes e históricamente ha sido extraído por el

hombre por constituir un valioso abono a la agricultura. Estos autores citan los trabajos de Hutchinson (1950), sobre su composición orgánica. En regiones templadas los depósitos de guano de murciélago fresco consisten principalmente de quitina masticada de insectos, urea y otros compuestos nitrógenados (por ejemplo nitritos y amoníaco). Los depósitos de guano de murciélago se acumulan por temporadas dependiendo del movimiento o migraciones de las poblaciones de quirópteros y pueden modificar el ambiente donde es depositado (Bernath y Kunz, 1981).

Las acumulaciones de deyecciones en el suelo y su descomposición, crea un guano productor de un microclima particular, con una temperatura adecuada para que se desarrollen los organismos en este ambiente (Bernath y Kunz, op. cit.).

El guano no solo sirve de alimento o hábitat a los individuos coprófagos y coprobiontes, sino que además proporciona el sustrato para el crecimiento de hongos que sirven de alimento a numerosos organismos (micófitos), que a su vez conforman el sustento de muchos depredadores secundarios, estableciéndose así diversas cadenas tróficas (Gnaspini-Netto, 1989b).

Dentro del ambiente subterráneo, el guano constituye un medio muy especializado debido a sus características físicas particulares; entre todos los biotopos cavernícolas, este es uno de los más fáciles de delimitar en el espacio. Cabe hacer notar que no es un medio idéntico en todos los casos; su origen no es único ya que dependerá de la especie de murciélago o ave que lo deposite.

Las características del guano dependen del tipo de alimento del murciélago. Los murciélagos frugívoros, defecan un guano que puede contener semillas pequeñas ya digeridas o semillas grandes con restos de pulpa adherida. Los hematófagos depositan guano de consistencia pastosa y rico en compuestos nitrogenados. Los insectívoros tienen un guano que está constituido básicamente por exoesqueletos triturados y/o por partes desarticuladas de insectos; es rico en urea y otros compuestos nitrogenados. También hay guano de murciélagos polívoros, nectarívoros, piscívoros e incluso carnívoros como el de *Vampirum spectrum* que se alimenta de roedores pequeños y murciélagos del género *Myotis*, el guano resultante contiene restos de huesos.

En cavidades con extensos depósitos de guano vive una fauna guanobia característica integrada por un número relativamente bajo de especies pero, con un número de individuos muy considerable. Estos guanobios pueden o no ser verdaderos cavernícolas ya que su biotopo es en realidad el guano.

Las especies con tendencias guanófilas casi siempre son las mismas y su

número es reducido. La población guanófila comprende las formas que se alimentan del guano y otras que depredan sobre ellas (Decu, 1986).

Ginet y Decou (1977) mencionan que la comunidad biológica que habita el guano está esencialmente constituida por los organismos guanófilos y los guanobios, que está formada por los que se alimentan de guano o guanófagos y por los animales carnívoros que se comen a los primeros. Estos autores definieron los términos "guanobio" cuando una especie realiza todo su ciclo biológico únicamente en el guano ; "guanófilo," cuando no ocurre solamente en guano, sino también en otros biotopos y "guanoxenos" los que dependen de otro substrato dentro de la cueva pero, ocasionalmente se llegan a encontrar en este biotopo ya sea para alimentarse de guanobios o guanófilos, o están en él por accidente. Estos organismos pueden o no tener una relación real con el medio cavernícola, siendo en algunas ocasiones indiferentes a las condiciones de este medio; sin embargo, hay una dependencia total con el guano de murciélagos.

## II. ANTECEDENTES

Las biocenosis edáficas y guanobias difícilmente se pueden separar por su intercambio continuo de fauna (Palacios-Vargas, 1983), situación por la cual algunos autores de trabajos sobre fauna cavernícola no especifican el sustrato donde recolectan a los organismos basándose en muestreos generalizados. Por eso sólo se mencionarán aquellos trabajos donde se ha registrado la fauna encontrada o en su caso asociada al guano de murciélagos. Se tomarán en cuenta algunas especies epizoicas temporales de quirópteros, ya que pasan parte de su vida en este sustrato como organismos coprobiontes, por ejemplo las ninfas y adultos de *Antricola*, los Rosensteiniidae y Trombiculidae.

La especie *Ornithodoros coprophilus* (= *Antricola coprophilus*) (Metastigmata: Argasidae) fue descrita por McIntosh en 1935, basándose en ejemplares recolectados en guano de murciélago procedente tanto de un cargamento que había sido exportado a los Estados Unidos de América desde Linares, N.L., México, como de guano recogido en Tucson, Arizona, E.U.A. Philip en 1936, observó y recolectó en condiciones naturales esta misma especie, en un túnel habitado por murciélagos en "Picacho Mountain", Arizona (Bolivar, 1940).

Bolivar (1940), encontró grandes cantidades de garrapatas de la especie *Ornithodoros coprophilus* (= *Antricola coprophilus*) en guano de *Leptonycteris nivalis* y *Pteronotus davyi fulvus*, en la cueva de Chepa al norte de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Hoffmann (1958) describe *Antricola mexicanus* (Metastigmata) de las grutas de Juxtlahuaca, Guerrero sobre guano de murciélago.

Krantz (1978) menciona que la familia Guanolichidae es de hábitos depredadores y que vive comúnmente en el guano; por ejemplo la especie *Guanolichus gabonensis* Fain es un ácaro cavernícola que se encontró en guano de murciélago en África, también lo consideran como un depredador de huevos de insectos o posiblemente como un parásito.

Palacios-Vargas y Morales-Malacara (1983) registran en cuevas del estado de Morelos el orden Mesostigmata con tres familias, nueve de Prostigmata, cuatro de Astigmata y cuatro de Cryptostigmata. *Oppia* sp y *Tyrophagus* sp fueron los más ampliamente distribuidos. En la cueva del Salitre recolectaron la especie *Cheyletus cacahuamilpensis* Baker, originalmente encontrada en las grutas de Cacahuamilpa, Guerrero [esta misma especie también ha sido citada en cuevas de Yucatán, Reddell (1981)]. Cabe señalar que estos autores no especifican claramente el sustrato donde

fueron halladas estas especies. Estos mismos autores en 1983 en su estudio de biocenosis de algunas cuevas de Morelos, encontraron 20 especies de ácaros en el guano y suelo, 27 géneros y 24 familias: *Parasitus* sp (Mesostigmata-Parasitidae), Arctacaridae, Ascidae, *Amblyseius* sp (Phytoseiidae), *Calholaspisi* sp (Parholaspididae), *Kleemannia* sp (Ameroseiidae), *Macrocheles* sp (Macrochelidae), *Androlealaps* ca. *proyecta* e *Hypoaspis* sp (Laelapidae), Uropodidae; *Linopodes* sp (Prostigmata-Eupodidae) *Pulaeus* sp (Cunaxidae), Pygmephoridae, *Brennandania* sp (Microdispidae), *Stigmaeus* sp (Stigmatidae), *Cheyletus cacahuamilpensis* (Cheyletidae), Trombidiidae, Trombiculidae; *Sancassania* sp (Astigmata-Acaridae), *Nycteriglyphus* sp (Rosensteiniidae), *Neoguanilichus* sp (Guanolichidae); *Oppia* sp (Cryptostigmata-Oppidae), *Sphaerochtonius* sp (Sphaerochtoniidae), Machadobeldidae, *Schelorbates* sp (Oribatulidae), *Lamellobates* sp (Monoschelorbates). La mayoría de los Mesostigmata los consideran organismos depredadores, dentro de las categorías de troglóxenos o troglófilos. Dentro de los micófagos y detritívoros sitúan a los Uropodidae. Como troglomorfos la familia Trombidiidae y troglófilos Eupodidae, Cunaxidae y Cheyletidae. Mencionan también que los ácaros de la especie *Sancassania* sp fueron los más abundantes. Cabe mencionar que a *Nycteriglyphus* sp la registran tanto del guano como sobre *Myotis velifer velifer* en la cueva del Salitre, asimismo los autores indican que sean transportados foréticamente estos ácaros.

Reddell (1981) encontró *Nycteriglyphus* sp en guano de murciélago de la cueva de Los Sabinos, San Luis Potosí y cueva de La Mina, Tamaulipas, por lo que son evidentemente transportados foréticamente (Palacios-Vargas y Morales-Malacara, 1980).

Reddell (1981) en su recopilación sobre fauna cavernícola de México menciona algunas especies que se han encontrado sobre guano de murciélago: *Amphideus* sp (Nematoda: Alaimidae), *Mesodorylainus* sp, *Aporcelarmellus* sp (Dorylaimidae) de las grutas de Zapatula, Chiapas. En la cueva de la Florida, Tamaulipas menciona a *Eukerrin saltensis* (Annelida: Ocnodrilidae). En cuanto a los artrópodos registra las siguientes especies: *Speocirolana pelaezi* (Isopoda: Cirolanidae) de las grutas de Quintero, Tamaulipas y de la cueva de la Abeja en San Luis Potosí; *Hoctunus vespertilio* (Crustacea: Oniscoidea, Oniscidae) la cual fué hallada en el cenote de Hochún, Yucatán. De los anfípodos registra a *Bogidiella tabascensis* (Anfípoda: Bogidiellidae) de las grutas de Coconá, Tabasco, de la cueva de Chintal N° 2 y grutas del Rancho Nuevo en Chiapas. De Pseudoscorpionida, a *Lechytia cavicola* (Chthoniidae) de las grutas de Cacahuamilpa, Guerrero; *Lustrochernes minor* y *Parazaona cavicola* (Chernetidae) en cuevas de



Yucatán y los géneros *Dinocheirus*, *Hesperocheirus*, *Lustrocheirus*, *Neoallocheirus* y *Semeiocheirus* en cuevas de México, Guatemala y Belice (sin especificar con exactitud las localidades). De los Aranae, *Metagonia chiquita* (Pholcidae) del cenote Chen Mul, Ruinas de Mayapán, Yucatan. Los Ricinulei, *Cryptocellus osoriori* (Ricinoididae) del sótano del Tigre, Tamaulipas; *Cryptocellus mitchelli* típicamente guanobia de la cueva del Guano, Durango. Del grupo de los ácaros metastigmados, menciona que a *Antricola marginatus* (Banks) es abundante en guano, *Nothoaspis reddelli* es descrita para grutas de Xtacumbilxunam, Campeche; Actún Xpukil Yucatán; y cueva del Azufre, Tabasco. El género *Cheyletus malaccensis* (Prostigmata) Oudemans esta registrado para cuevas de Tamaulipas y Veracruz. En cuanto a los Astigmata menciona a *Nycteriglyphus* sp hallado en guano de murciélagos de la cueva de Los Sabinos, San Luis Potosí y cueva de La Mina, Tamaulipas. El diplópodo *Cambala speobia* (Spirostreptida: Cambalidae) es reportado en la cueva de los Lagos, Coahuila; *Orthoporus fraternus* (Spirostreptidae) es guanófilo en grutas de Zapatula y sumidero del Camino, Chiapas; *O. guerreronus* es troglóbio pero algunas especies son propiamente guanófilas en grutas de Juxtlahuaca, Guerrero; *O. spelaeus* (Causey) se encontró en el cenote de Catzín, cercano a Valladolid, Yucatán; el género *Prostemmiulus* (Stemmiulida: Stemmiulidae) es reportado de las grutas de Xtacumbilxunam, Campeche. Siete especies de la familia Cydnidae (Hemiptera) habitan cuevas de México y son probablemente troglófilos encontrados casualmente sobre guano. Del grupo de los coleópteros, *Platynus profundus* (Carabidae), es registrado para el sótano de la Joya de Salas, 25 km al oeste de Encino, Tamaulipas; reportada también para la cueva de la Capilla, cueva de Cristal y cueva de la Mina. La familia Dermestidae es frecuente en cuevas habitadas por murciélagos; tres especies de esta familia se han identificado en cuevas de México, la más común es *Dermestes carnivorus* en las cuevas de Coahuila, Durango, Guerrero y San Luis Potosí; *Aspectus araneorum*, en la cueva de la Boa, Nuevo León; y *Dermestes maculatus* en pozo Meléndez, Guerrero. *Plomaphagus gjaquintoi* en la cueva Sepacuite, Alta Verapaz, Guatemala, esta asociado al guano de murciélagos insectívoros: el género *Onthophagus* (Scarabeidae) usualmente habita el guano de murciélagos y probablemente las especies son troglófilas. *Encunnius* (? *Drastophus*) n. sp (Scydmaenidae) ha sido rerecolectado en guano de murciélago en la cueva de Ojo de Agua Tlilapan, Veracruz. La familia Tenebrionidae esta distribuida en cuevas en el oeste de los Estados Unidos, se encuentran en varias partes dentro de las cuevas y son considerados como guanófilos. *Alphitobius laevigatus* es guanófilo en cuevas de Coahuila, San Luis Potosí y Tamaulipas; *Eleodes hispilabris* comunmente

guanófilo de cuevas de Texas. Se ha recolectado en la cueva de Los Lagos, Coahuila; *Zophobas atatus* es reportado en cuevas en la Sierra de El Abra, San Luis Potosí; de la familia Trogidae mencionan que son guanófilos en el centro de Texas, y solamente se ha encontrado a *Omarogus curinatus* en la cueva de la Siquita, Durango y está reportado como guanófilo. De los Siphonaptera menciona que *Sternopsyllus distincta texana* es muy abundante en el guano en grutas de San Bartolo y cueva de la Boca, Nuevo León. Dos géneros de la familia Ceratopogonidae (Diptera) están identificados para cuevas, mencionando que la presencia de larvas de estas sean muy probablemente troglófilas. *Dasyhelea* sp se reporta para cuevas en el estado de Yucatán, en Actún Cóngora, *Forcipomyia* sp en la cueva Chac Mol y en Actún Xpukil; el género *Tendipes fulvipilus* (Chironomidae) lo reportan como probable troglófilo en la cueva del Azufre, Tabasco. Estos viven sobre depósitos de guano en grandes números. *Keraplatus* sp (Mycetophilidae) registrado para el sótano Encantado, Querétaro; *Mycetophilia* sp en cuevas de las Perlas, Tamaulipas; y *Rhymosia* sp para cuevas en el valle de los Fantasmas, San Luis Potosí; La especie *Sciara* sp (Sciaridae) es reportada para cuevas de Yucatán y Tamaulipas; *Bradysia coprophila* en el sótano del Caballo Moro, Tamaulipas. La familia Aphaeroceridae es frecuente en guano en cuevas y *Archiborborus mexicanus* lo reportan para el sótano de El Porvenir, Tamaulipas. Algunos parásitos de murciélagos de la familia Streblidae viven en las paredes de las cuevas o sobre el guano. Los lepidópteros de la familia Tineidae son frecuentemente encontrados sobre el guano de murciélago, se han registrado géneros y especies de la cueva de Tasalolpan, Puebla.

Palacios-Vargas y Najt (1981) describen la especie *Brachystomella taxcoana* de grutas de Aguacachil, Guerrero, encontrada en guano y suelo.

Hoffmann (1993) menciona que el guano depositado del murciélago *Myotis velifer* en la cueva Peña Blanca, en Valle de Bravo, Estado de México, mantiene una variada comunidad de organismos, dentro del cual la condición física y humedad del guano proporciona un sustrato ideal para el crecimiento de hongos que sirven de alimento a millones de ácaros micófagos principalmente de la familia Uropodidae los que a su vez son alimento de miles de pseudoescorpiones del género *Chelanops*.

Palacios-Vargas (1993), Zeppelini y Castaño (1995) han realizado estudios bioespeleológicos en cavernas son alim de Yucatán aportando datos específicos sobre los artrópodos encontrados en varios biotopos, en particular del guano registran la siguiente fauna. Mesostigmata: *Urodiaspis* sp, *Prodinychus* sp (Uropodidae); *Amblyseius* sp (Phytoseiidae); *Holostaspis* sp, *Alloparasitus* sp (Laelapidae); *Iphidozercon* sp, *Zercoseius*

sp, *Artroseius* sp (Ascidae); *Macrocheles austroamericanus* (Macrochelidae); Ologamasidae; Macronyssidae. Prostigmata: *Cunaxa* sp, *Spinibdella bifurcata* (Cunaxidae); Raphignathidae; Johnstonianidae; Cheyletidae. Astigmata: *Lackerbaueria* sp (Acaridae); Rosensteiniidae. Cryptostigmata: *Malacoangelia* sp (Hypochthonidae), *Striatoppia* sp (Oppiidae), *Lohmannia* sp (Lohmanniidae), *Basilobelba insularis* (Basilobelbidae). Chilopoda. Collembola. *Schoettella* sp, *Xenylla* sp, *Mesachorutes* sp Hymenoptera. Lepidoptera.

Existen otros trabajos faunísticos sobre guano que destacan la importancia de éste biotopo para el establecimiento de una comunidad biológica y donde aportan ideas y elementos estadísticos para su estudio.

El guano de los murciélagos es conocido como una de las fuentes alimenticias más importantes en algunas cavernas. Algunos autores citados por Gnaspini-Netto (1989b) como Harris (1970); Mitchel (1970); Negrea y Negrea (1971); Poulson y Culver (1969), reconocen esta importancia y han estudiado las comunidades de artrópodos cavernícolas que utilizan el guano de murciélago como alimento.

En Europa y los Estados Unidos de América se han realizado estudios de murciélagos insectívoros que habitan en cavernas y las comunidades asociadas a este tipo de guano que depositan estos murciélagos. En Brasil se han hecho estudios faunísticos en tres tipos de guano de murciélagos (frugívoro, insectívoro y hematófago). Por lo que es de gran importancia en el estudio de las comunidades de guano que comparan las estructuras de las comunidades asociadas a más de una clase de guano de murciélago.

Gnaspini-Netto (1989b) en su trabajo sobre fauna asociada a depósitos de guano de murciélagos en cavernas de Brasil, compara la fauna asociada en tres tipos de guano de murciélago (frugívoro, hematófago e insectívoro) encontrando algunos taxones que aparecen en estos tres tipos de guano, tales como pseudoescorpiones, ácaros, lepidópteros de la familia Tineidae, dípteros familia Milichiidae, coleópteros familias Leididae, Scarabeidae, Staphylinidae, Catopinae y Aphodiinae. Otros que son exclusivos o selectivos a un determinado tipo de guano (ver Cuadro 1) y los taxa que se encuentran en combinación en dos tipos de guano (ver Cuadro 2). Información adicional sobre estos taxa fue recopilado de los trabajos de Trajano (1981; 1987) y Zeppelini (1994) y se incluyen en la información de los cuadros; este último autor propone que los resultados obtenidos con análisis de nutrientes, aunado a un buen número de recolectas efectuadas, contribuirían al mejoramiento de conclusiones al respecto de las diferencias entre la fauna asociada en cada tipo de guano.

Considerando la información faunística aportada por estos autores, se describe una mayor riqueza de especies en guano de murciélago frugívoro, en segundo el de hematófago e insectívoro finalmente. Si comparamos toda esa información se puede observar que los taxa compartidos en los diferentes tipos de guano son mayores en guano frugívoro y hematófago que en el frugívoro e insectívoro ó el guano hematófago e insectívoro (ver Cuadro 2).

Cuadro 1. Relación entre el tipo de guano y la fauna asociada (Trajano, 1981; 1987; Gnaspini-Netto, 1989b y Zeppelini, 1994)

FRUGIVORO	INSECTIVORO	HEMATOFAGO
<b>OLIGOCHAETA</b>	<b>THYSANOPTERA</b>	<b>MESOSTIGMATA</b>
Enchytraeidae	<b>ACARINA</b>	Macronyssidae
<b>ARANAE</b>	Haplomegistidae	<b>ARANEA</b>
Thendiosomathidae cf.	<b>DIPTERA</b>	Ctenus sp
<b>CHILOPODA</b>	Scenopinidae	<b>OPILIONIDA</b>
Lithobiomorpha	<i>Scenopius fenestralis</i>	Discocyrtus gayazius
<b>PSOCOPTERA</b>	<b>COLEOPTERA</b>	<b>DIPTERA</b>
<b>ACARIDAE</b>	Dermeidae	Drosophilidae
(2 spp)	Histeridae	<i>Drosophila repleta</i>
<b>PROSTIGMATA</b>	Tenebrionidae	Muscidae
Trembiculidae		<i>Fannia</i> spp
<b>MESOSTIGMATA</b>		<i>Psilochaeta</i> spp
Diatrophalidae		<i>P. pampeana</i>
Eviphididae		Sphaeroceridae
Macrochelidae		Phoridae
Phytosseidae (2 spp)		Conicera sp
Polyaspidae (2 spp)		<b>COLEOPTERA</b>
Rhodacaridae		Lamproidae
<b>CRYPTOSTIGMATA</b>		Cholevidae
Gallumnidae		<i>Dissochaetus murrayi</i>
Oppidae		<i>D.</i> sp
<b>COLLEBOLA</b>		Pselaphidae
Entomobryidae		<b>DYCTIOPTERA</b>
Isotomidae		<b>HYMENOPTERA</b>
Poduroidea (Onychiuridae)		Gelastocoridae
Sminthuroidea (Arrhopalidae)		<b>COLLEMBOLA</b>
<b>ISOPODA (Oniscoidea)</b>		Hypogastridae
<b>COLEOPTERA</b>		<i>Achenontide</i> sp
Staphylinidae		<b>ENSIFERA</b>
<b>DIPTERA</b>		<i>Endecous</i> sp
Melichidae		
Stratiomyidae ( <i>Hermetia illucens</i> )		
<b>ENSIFERA</b>		
Phalangopsidae ( <i>Eidmanacris</i> )		
<b>HETEROPTERA</b>		
Lygaeidae (2 spp)		
Cydnidae		
Veliidae		

Cuadro 2. Taxa compartidos en los tipos de guano (Trajano, 1981, 1987; Gnaspini-Netto, 1989 y Zeppelini, 1994)

FRUGIVORO Y HEMATOFAGO	FRUGIVORO E INSECTIVORO	HEMATOFAGO E INSECTIVORO
<b>OLIGOCHAETA</b> <b>OPILIONIDA</b> Gonyleptida <b>DIPLOPODA</b> Juliformida Polidesmida (Cryptodesmidae) <b>COLLEMBOLA</b> Entomobrycoidea Paronellidae Poduroidea Hypogastruridae <b>COLEOPTERA</b> Pselaphidae Leiodidae Catopinae	<b>ISOPODA</b> Oniscordea <b>ACARINA</b> Gamasida Laelapidae Uropodidae (5 spp)	<b>DIPTERA</b> Phoridae <b>NEMATODA</b>

Las condiciones que manifiestan las cuevas, aunadas a las características particulares del guano, pueden representar factores que determinan la riqueza y abundancia de especies. Un ejemplo de estas condiciones son las que presentan las cuevas calientes, llamadas "Cuevas de Calor".

Silva (1979) señala las características específicas de las cuevas de calor que son las siguientes: son pequeñas o parte de una cueva mayor provistas de un acceso único, generalmente muy reducido, lo que obliga a una persona a agacharse o arrastrarse para penetrar por él. Esto denota una renovación mínima del aire interior y muy poca dinámica espeleoclimática. Los techos y paredes son ocupados por murciélagos hasta prácticamente la saturación espacial y, por tanto, en cantidades muy grandes de individuos. Los registros de temperatura son de 28° a 40°C y una humedad relativa del 90-99 %. Este efecto hace posible la presencia de una guanobiocenosis única, tanto por su diversidad taxonómica, como por su riqueza poblacional (Armas, *et al.*, 1990).

A pesar de que en Cuba se conocen unas 40 cuevas de Calor (Cruz y Socarrás, en prensa), no existe ningún estudio detallado de dichas biocenosis. Estudios ecológicos realizados en cuevas cubanas, permiten afirmar que el factor trófico mas importante es el

guano de murciélago y que de él depende la riqueza de su fauna cavernícola (Armas, *et al.*, 1989b). Los trabajos publicados al respecto cuentan con breves resúmenes de su fauna, aunque además existe información general sobre los murciélagos y algunos aspectos ecológicos de la fauna que se desarrolla en el guano.

Algunos taxones que se han recolectado en el guano de murciélago en cuevas cubanas son : pseudoscorpiones no determinados en la cueva de La Barca, península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba, son abundantes en guano de murciélago insectívoro; *Schizomus labarcae* (Schizomida); *Uroobovella* sp (Mesostigmata) estos ácaros son hallados en el guano de *Artibeus jamaicensis*. Los géneros *Antricola* y *Parantricola* (Argasidae); Acaridae (Armas, *et al.*, 1989a). Para la cueva El Gato, Sagua la Grande, Provincia de Villa Clara se registran la especie de dictióptero *Byrsotria fumigata* la cual se ha encontrado enterrada en el guano de murciélago. Esta cucaracha es frecuente en cuevas con salones de calor; *Pycnoscelus surinamensis* "cucarachita del guano" es relativamente abundante y la especie *Carcinophora americana. Amnestus trimaculatus* (Hemiptera: Cydnidae) se encontró en guano de *Artibeus*. Del orden Orthoptera son frecuentes en el guano. Coleópteros de la familia Leiodidae se encontraron en guano de *Artibeus*; *Alphitobius diaperinus* (Tenebrionidae), *Zophobas atratus*, *Pyrophorus noctilucus* (Histeridae) son comunes en guano de murciélago. *Paratrechina* sp (Hymenoptera). *Tineus* sp (Lepidoptera: Tineidae). Chilopoda, Geophilomorpha. *Meloponortus pruinosus* (Isopoda) (Armas, *et al.*, 1989b).

Un dato interesante sobre fauna guanobia es el que menciona Cruz (1986) cuando describe *Cubaglyphus tadarida* (Glycyphagidae) especie encontrada en el guano de murciélagos pero no en cavernas, ya que los quirópteros *Mormopterus minutus* y *Tadarida laticaudata yucatanica* se encontraban refugiándose entre las hojas de la palma *Copernicia vespertilionum*, en la localidad de Estero Real, Mayajigua, Provincia de Sancti Spiritus, Cuba.

En la Facultad de Ciencias, UNAM se han realizado algunos estudios acerca de la fauna guanobia, abarcando aspectos faunísticos de todas las biocenosis presentes en las cuevas de algunos estados de la República Mexicana como Guerrero, Michoacán, Puebla, Querétaro y Veracruz entre otros, los cuales se han realizado como parte de Biologías de Campo en Bioespeleología, bajo la dirección de la Dra. Ana Hoffmann desde 1978, Palacios-Vargas y Morales-Malacara.

En particular sobre los antecedentes en el estado de Veracruz, se conocen los informes de Biologías de Campo de Morales-Malacara y Losoya (1989; 1990) que realizaron

un estudio bioespeleológico en cuevas de éste estado de donde se registran 18 especies guanobias.

Información de este tipo sobre la cueva del Arroyo del Bellaco y cueva de la Loma de la Raya Seca, motivo de la presente investigación, se encuentran registrados en el informe de Biología de Campo de Bioespeleología de Morales-Malacara y Monterrubio (1992, 1993). Se registran para la cueva del Arroyo del Bellaco más de 40 especies de organismos en los cuatro biotopos (guano, agua y estructuras parietales), incluyendo a los murciélagos con sus ectoparásitos; en este trabajo se mencionan algunas especies procedentes del guano, pero sin profundizar en su análisis. Para la cueva de la Loma de la Raya Seca tienen 29 especies reportadas, esta cueva no presentó el biotopo agua.

Debido a que se cuenta con poca información acerca de las comunidades guanobias, lo que se pretendió en el presente trabajo fue hacer un estudio faunístico comparativo de las poblaciones que habitan el guano de murciélagos de las dos cuevas y relacionar las características morfoespeleológicas, especies de quirópteros que las habitan, número de individuos que componen sus poblaciones y las características de guano depositado, con la riqueza y abundancia de las comunidades guanobias.

El presente trabajo forma parte del proyecto Sistemática, Citogenética y Biología de la Acarofauna Epizoica de Quirópteros de México que se desarrolla en el Laboratorio de Acarología de la Facultad de Ciencias UNAM, apoyado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, proyecto IN203593.

### III.OBJETIVOS

Con base en las características que presentan las cuevas se señalan los siguientes objetivos:

1. Determinar los organismos encontrados en el guano y listar faunísticamente los artrópodos de la Cueva del Arroyo del Bellaco y Cueva de la Loma de la Raya Seca; en el estado de Veracruz.
2. Determinar la diversidad y abundancia poblacional de la fauna guanobia, de cada cueva.
3. Evaluar la variación de las comunidades guanobias en las diferentes épocas del año.
4. Conocer algunas características químicas del guano de cada cueva y asociarlo con la diversidad y/o abundancia de fauna.
5. Determinar si existe una asociación de las faunas guanobias de las dos cuevas estudiadas.



#### IV. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estado de Veracruz se localiza en la parte oriental y suroriental de la República Mexicana, entre los paralelos  $17^{\circ} 7'$  y  $22^{\circ} 28'$  de latitud norte y los meridianos  $93^{\circ} 41'$  y  $98^{\circ} 37'$  de longitud oeste (Fig. 1) y tiene una extensión territorial de  $72\,410.05\text{ Km}^2$ . Por el norte limita con el estado de Tamaulipas, al este con el Golfo de México, al oeste con los estados de San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla, al sur y suroeste con Oaxaca y al sureste con Tabasco y Chiapas (Gobierno del Estado de Veracruz, 1979).

La entidad está integrada actualmente por 207 municipios, siendo los más importantes: Veracruz, Xalapa (capital del estado), Coatzacoalcos, Minatitlán, Poza Rica, Córdoba, Boca del Río, San Andrés Tuxtla y Orizaba (Gobierno del Estado de Veracruz, 1979).

El municipio de Puente Nacional en donde se localizan las cuevas de estudio, se encuentra localizado entre las coordenadas  $19^{\circ}19'43''$  de la latitud norte y los  $98^{\circ}39'22''$  de longitud oeste de México. Su altitud promedio es de 194 msnm. Limita con los municipios de Actopan, Tlaltetela, Totutla, Comapa, Paso de Ovejas, La Antigua y Ursulo Galván. Tiene una extensión de  $333.13\text{ km}^2$ , cifra que representa el 0.46 % total del estado (Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Veracruz, 1988).

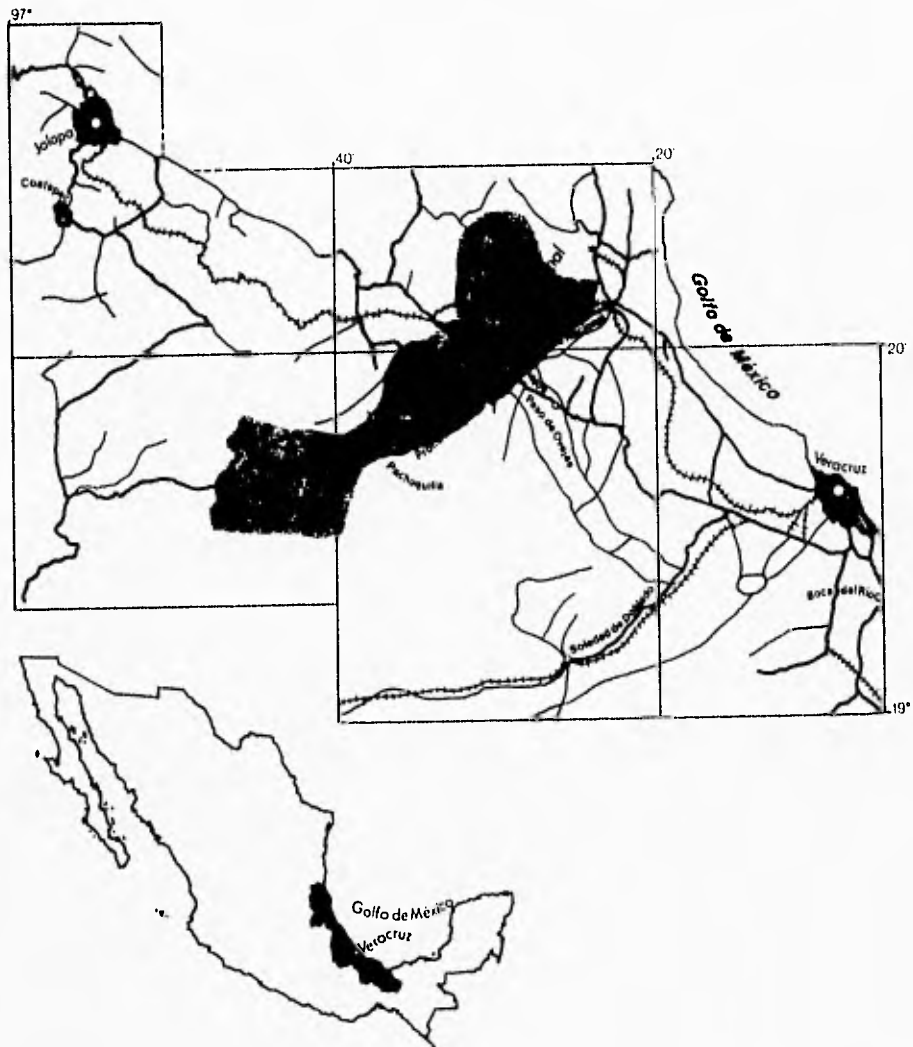
##### Localización de las cuevas

La cueva del Arroyo del Bellaco, está dentro del municipio Puente Nacional, en el estado de Veracruz, entre las coordenadas  $19^{\circ} 13' 32''$  latitud norte y los  $96^{\circ} 38' 34''$  longitud oeste, colinda con el municipio Paso de Ovejas. Su altitud promedio es de 183 m snm (Fig. 2).

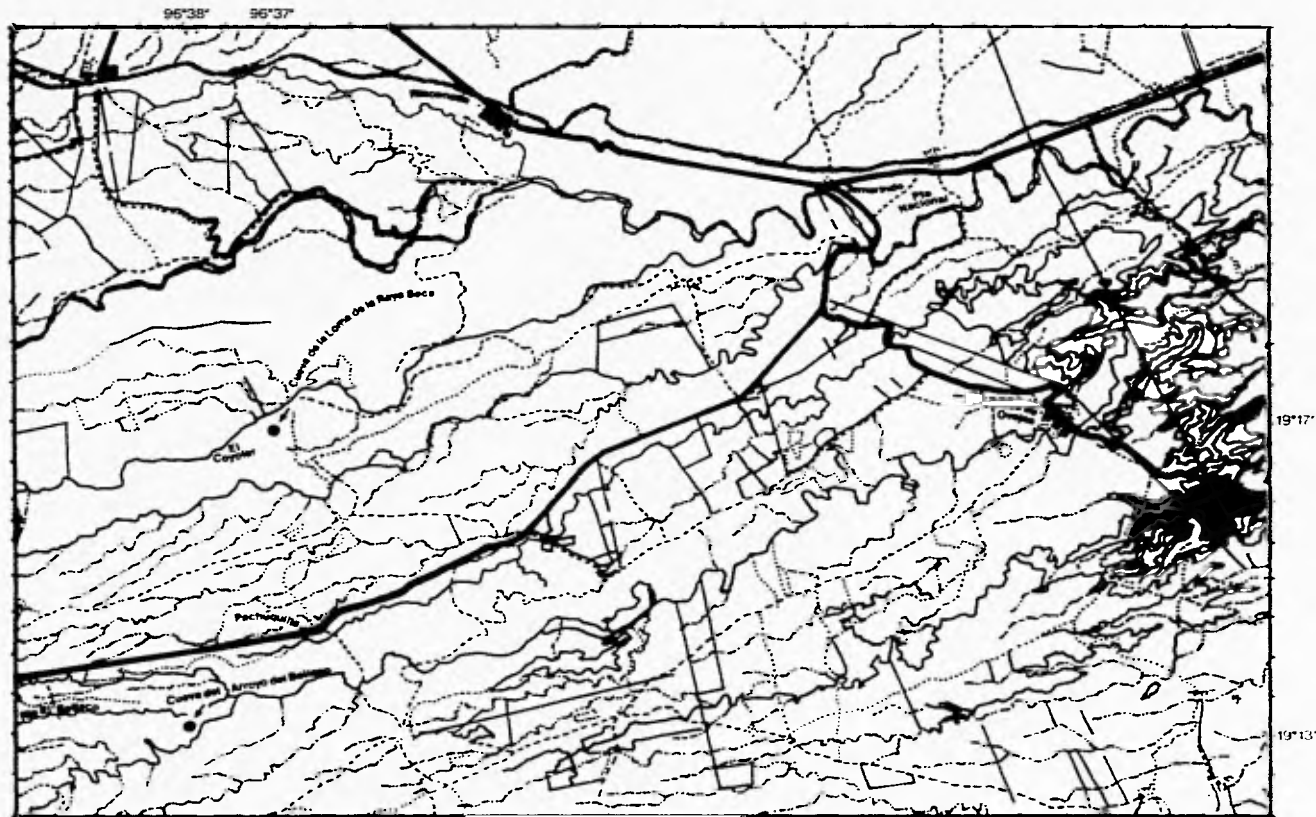
Para llegar a la cueva del Arroyo del Bellaco se toma la desviación Fortín-Huatusco carretera 125, al llegar a Pachuquilla se continua hasta el km 91, 469 m adelante se toma la vereda a la izquierda orientada a  $180^{\circ}$  N-S, a los 100 m se llega al borde de una vereda en descenso, conocida como la bajada de Gabino, cuya orientación es  $320^{\circ}$  NW-SE. Se continua este camino sinuoso unos 2.5 km, se cruzan tres riachuelos y se llega a la base de la cueva.

La cueva de la Loma de la Raya Seca también se ubica en el municipio de Puente Nacional, entre las coordenadas  $19^{\circ} 17' 7''$  latitud norte y  $96^{\circ} 37' 56''$  longitud

**Fig.1**  
**Estado de Veracruz**  
mapa de localización



modificada de mapa de carreteras, SAHOP, 1982



**Fig.2** Localización de las cuevas: del Arroyo del Bellaco y de la Loma de la Raya Seca en Puente Nacional, Veracruz.  
(modificada de Morales-Malacara, et al., 1992)

oeste. Se sitúa a unos 2 km. del poblado el Coyolar en una dirección NW, colindando con el ejido Paso Limón, municipio Tlaltetela (Fig. 2).

Para llegar al poblado se toma la carretera 140 hasta Puente Nacional unos 3 km de la desviación Fortín-Huatusco y ahí se recorre 18 km por un camino de terracería orientado al NW, hasta llegar al poblado el Coyolar. Se cruza el río Santa María Tatetla se sigue la vereda 1 km y luego se sube hasta la cueva, pasando dos plantíos de maíz.

### Geología

La geología del estado de Veracruz está representada por un basamento de rocas plutónicas y metamórficas del Paleozoico Superior y una secuencia sedimentaria de tipo Elysch (Fm). Guacamaya, de lutitas y areniscas en estratos delgados, con pliegues en chevron, que aflora al norte del poblado de Huayacocotla, localizada en la porción noroccidental de la entidad. La Formación Guacamaya sobreyace en unidades mesozoicas, sedimentos clásticos del Triásico Superior y rocas sedimentarias marinas jurásicas y cretácicas que afloran en los límites con los estados de Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Oaxaca y Chiapas (Gobierno del Estado de Veracruz, 1979).

Rocas del Cenozoico afloran en gran parte del estado, sedimentos clásticos de origen marino y rocas volcánicas; derrames de basaltos, andesitas y tobas riolíticas, así como por depósitos de arenas, gravas, arcillas y limos del Terciario Superior y Cuaternario (Gobierno del Estado de Veracruz, 1979).








La actividad ígnea que se indica a fines del Cretácico se manifiesta por intrusiones de composición ácida e intermedia (granitos y granodioritas), que afectan a rocas jurásicas y cretácicas, principalmente en regiones de Tatatila, Las Minas y Huayacocotla.

La cueva del Arroyo del Bellaco y la cueva de la Loma de la Raya Seca están ubicadas en suelos del terciario con asociaciones de rocas sedimentarias (Mioceno-Plioceno) y volcano-sedimentarias como areniscas y conglomerados (Fig. 3).

Esta unidad corresponde a una secuencia continental de conglomerados polimícticos, el esqueleto lo forman clastos redondeados y subredondeados de basalto, andesita, caliza y travertino en una matriz arenosa, escasamente cementados por carbonatos. Las areniscas son de un grano medio a grueso, de color gris y pardo claro, con clastos de feldespato, plagioclastas y fragmentos de roca redondeada. Estos materiales han sufrido poco transporte por lo que sus tamaños varían ampliamente desde fragmentos

Fig. 3 Geología de la zona de estudio  
 (modificado de Morones Matucana et al. 1997)



- |   |   |   |   |   |                           |
|---|---|---|---|---|---------------------------|
|  | ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS, TERCIARIO                              |  | SUELO ALUVIAL, CUATERNARIO                |  | ARENISCOS Y CONGLOMERADOS |
|  | ROCAS SEDIMENTARIAS Y VOLCANO SEDIMENTARIAS, CRETASICO SUPERIOR |  | TOBA BASICA Y BRECHA VOLCANICA, TERCIARIO |   |                           |
|  | ROCAS SEDIMENTARIAS, MIOCENO-PLIOCENO                           |  | SUELO EOLICO, CUATERNARIO                 |   |                           |

del tamaño de gránulos hasta bloques.

La unidad sobryace a calizas, donde se presentan brechas, subyace a basaltos, y conglomerados cuaternarios. Es por eso que la morfología se ofrece en extensas terrazas disectadas, acantilados y cañadas de más de cien metros de profundidad.

### **Orografía**

El poblado de Puente Nacional se encuentra situado en la zona central del estado. Cuenta con los cerros de Palmillas, el San Fernando y el de la Concepción (Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Veracruz, 1988).

La cueva del Arroyo del Bellaco se localiza en la parte sur del cerro que lleva el mismo nombre. En la parte norte corre un arroyo, que es un ramal del Arroyo del Bellaco, conocido como Boca del Cántaro. Al sur y este limita con elevaciones de 200 a 300 m snm, y al oeste con una serie de lomeríos y cañadas con orientación noreste-suroeste (Gobierno del Estado de Veracruz, 1979).

La cueva de la Loma de la Raya Seca limita al norte con una meseta denominada Mesa de Peregrina, cuya elevación máxima es de 300 m snm. Hacia el sur con algunas elevaciones montañosas, lomeríos y cañadas que tienen una orientación NE-SW.

### **Suelo**

El suelo del municipio Puente Nacional se reporta como vertisol, presenta grietas anchas y profundas en la época de sequía: son suelos muy duros, arcillosos y macizos, frecuentemente negros, grises y rojizos (Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Veracruz, 1988).

### **Clima**

En el estado de Veracruz la variedad de climas es amplia, no obstante que se localiza en la franja intertropical, debido principalmente a las diferencias de altitud, que van desde el nivel del mar hasta la máxima altura del país en el volcán Pico de Orizaba.

Su ubicación geográfica le confiere características tropicales, pero éstas son modificadas en parte por la influencia de las serranías, fundamentalmente centro-oeste.

Como consecuencia de lo anterior, los climas se distribuyen paralelos a la costa, en dirección noroeste-sureste, de la siguiente manera: Cálidos, semicálidos, templados, semifríos y semisecos, en los cuales predominan las lluvias en verano (Fig. 4).

El clima en el municipio de Puente Nacional se reporta como (BS) cálido-seco-regular, con una temperatura media anual de 26.5°C; lluvias abundantes de junio a septiembre, siendo muy escasas el resto del año, pues se encuentra en la zona semiárida del centro del estado. Su precipitación media anual es de 979.3 mm (Islas, 1990).

### Vegetación

Dentro de los tipos de vegetación que se desarrollan en el estado, se encuentran: Selva alta perennifolia, baja caducifolia y mediana subperennifolia; bosque mesófilo, manglar, sabana, bosques de pino, encino, tular, palmar, popal, vegetación de dunas costeras y matorral con izotes (Fig. 5)

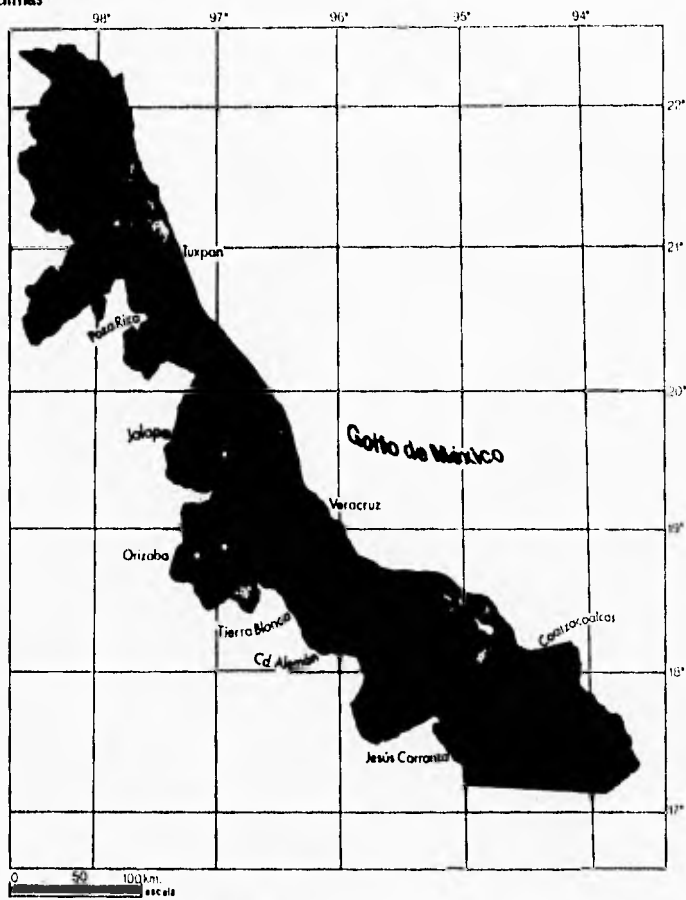
En cuanto a su cultivo se tienen tres tipos, el temporal (dominante), comprendido en la llanura costera del Golfo Norte y Golfo Sur; por último, el pastizal se desarrolla principalmente en la llanura costera del Golfo Norte (Gobierno del Estado de Veracruz, 1979).

La cueva del Arroyo del Bellaco, está rodeada por selva baja subcaducifolia en áreas no perturbadas por el hombre y con cultivos de papaya, maíz, pastizales y otros árboles frutales (Gómez, 1965). La vegetación del exterior de la cueva está conformada por bosque perennifolio de galería. Algunas especies arbóreas del lugar corresponden a las familias Capparidaceae, Boraginaceae, Burseraceae y Musaceae. Las personas del lugar los reconocen con los siguientes nombres comunes como: jonote, huanacaxtles, guarumbos, chancarros, sangreados, etc. El género de árbol más común es *Ficus*. Entre las especies arbustivas se encuentran aráceas, leguminosas, piperáceas del género *Piperonia*, solanáceas como *Solanum americanus* y *Migrum*, epífitas bromeliáceas y familias como Liliaceae, Melastomaceae, Urticaceae y Orquidaceae; Phytolacaceas como *Rivina humilis*, helechos y líquenes (Rzedowsky, 1988).

La vegetación natural ha sido fuertemente afectada por la tala inmoderada así como por la apertura cada vez mayor de áreas para uso agrícola.

La cueva de la Loma de la Raya Seca se encuentra en una zona con vegetación de selva baja caducifolia y con matorrales espinosos, las áreas aledañas han sido utilizadas para pastoreo y cultivo de maíz, mango y papaya. Entre la vegetación cercana a la cueva se

**Fig.4**  
**Estado de Veracruz**  
 climas

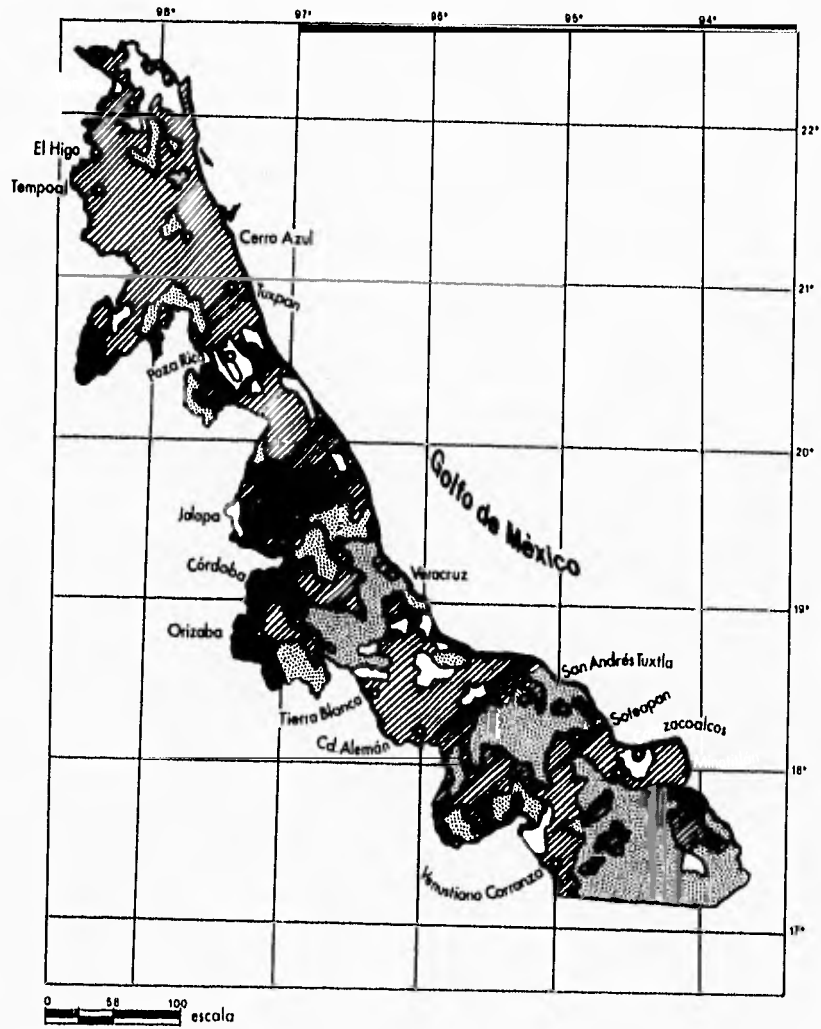


cálidos húmedos y subhúmedos		semicálidos húmedos	
templados		semisecos	
		semifrios y fríos	

modificado de INEGI 1988. SARH



**Fig.5**  
**Estado de Veracruz**  
 vegetación



selva 
 bosque 
 pastizal 
 tierra de cultivo 

modificado de INEGI 1988, SARH

encuentran las familias: Rubiaceae, Malvaceae, Dioscoraceae, Labiateae, Compositeae con la especie *Florestina pedata*, Leguminoseae género *Agenia*, Euphorbiaceae con el género *Acalypha*, además de algunas bromelias (Rzedowsky, 1988).

### Hidrología

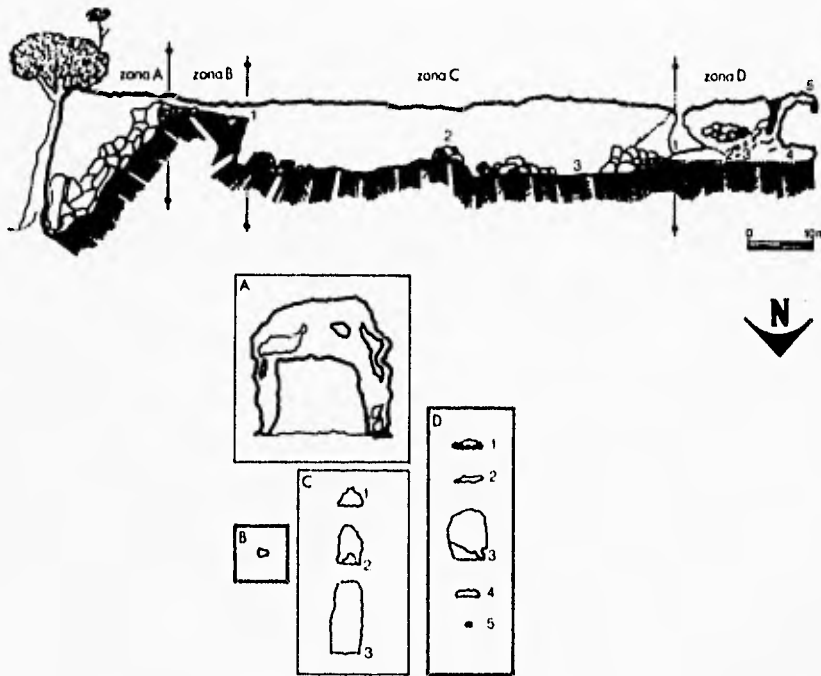
El estado de Veracruz contiene cinco regiones hidrológicas que comprenden las cuencas de varios ríos importantes en cuanto a su longitud y caudal, entre los cuales cabe mencionar los ríos Pánuco, Tuxpan, Cazonos, Nautla, Antigua, Jamapa, Papaloapan y Coatzacoalcos, todos con escurrimiento medio anual superior a los 40 m<sup>3</sup>/seg, en su desembocadura (Gobierno del Estado de Veracruz, 1979). En el municipio de Puente Nacional se encuentra el río Huitzilapan de los Pescados o La Antigua y sus afluentes como el Santa María (Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Veracruz, 1988).

Cerca de la cueva del Arroyo del Bellaco pasa un río llamado del mismo nombre, el cual cuenta con varios ramales de poca afluencia, algunos de los cuales abastecen sembradíos aledaños. El río Santa María Tatella se encuentra a 1 km de distancia con respecto a la cueva de la Loma de la Raya Seca, este es un río que se encuentra en el poblado el Coyolar y es de grandes dimensiones con una afluencia constante que en época de lluvias aumenta y su cruce puede ser muy peligroso.

### Cueva del Arroyo del bellaco

La cueva en su sección transversal se encuentra orientada de este a oeste en la parte sur del cerro del Bellaco (Aguilar y Ruiz, 1995) Fig. 6. La morfología es de desarrollo preferentemente horizontal, se dividió en cuatro zonas de la siguiente manera: La entrada de la cueva es abierta y presenta aproximadamente 20 m de ancho por 20 m de largo y 18 m de alto, con un derrumbe de grandes rocas formando una escalinata (ZONA A), dirigida hacia una boca estrecha a manera de embudo de 90 cm de diámetro que viene siendo el hueco de la entrada hacia el túnel (Fig. 7). Continúa un túnel de 4.30 m de ancho por 6.5 m de largo y 2.50 m de alto que termina en el borde de un tiro de 6 m de profundidad (ZONA B), bajando este la cueva queda en total oscuridad, con una temperatura superior a la del exterior, y ambiente húmedo con un fuerte olor amoniacal (ZONA C); el salón se ensancha nuevamente y alcanza una longitud de 72 m con altura de 8.50 m en el inicio de la bóveda y 11 m en la parte más alta que es a la mitad de la

**Fig.6**  
**Cueva del Arroyo del Bellaco**  
 Puente Nacional, Veracruz  
 sección transversal







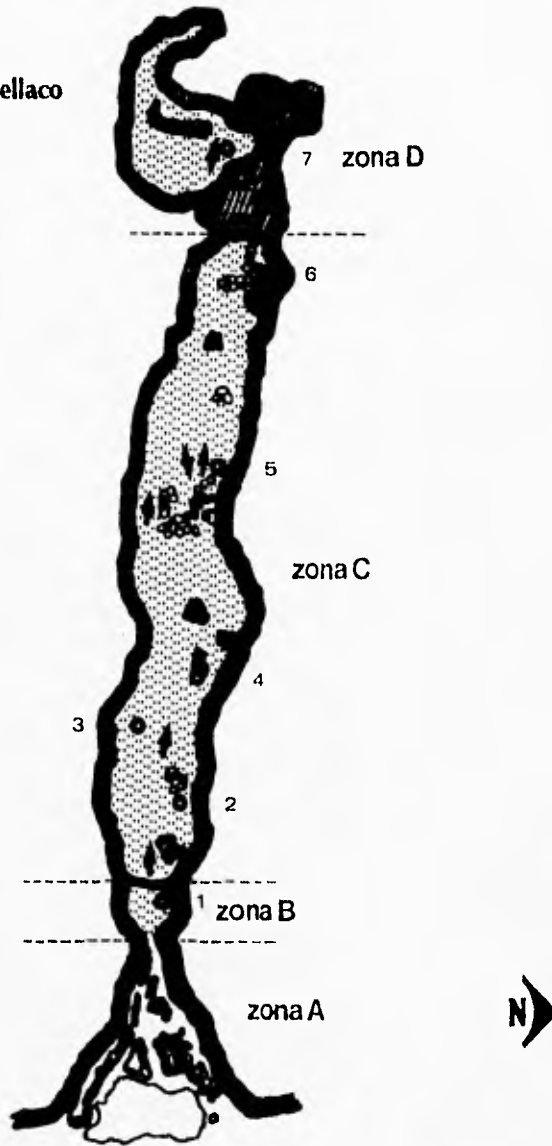
columnas  agua  bloques de roca  derrumbes   
 modificado de Aguilar & Ruiz, 1995

Fig.7  
**Cueva del Arroyo del Bellaco**  
 Puente Nacional, Veracruz

Puntos de colecto ●



escala  
 0 10m

- |                   |                   |                   |                     |                 |
|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-----------------|
| pendiente abrupta | sumidero interior | corriente de agua | columna             | bloques de roca |
| rocas pequeñas    | pedregal          | pendiente         | guano de murciélago |                 |

modificada de Aguilar & Ruiz, 1995

cueva. En esta zona se ubicaron poblaciones de cinco especies de murciélagos, se encuentran grandes cúmulos de guano distribuido diferencialmente a lo largo de todo el túnel. Se observa en la superficie del guano numerosas garrapatas del género *Antricola* (Metastigmata: Argasidae) además de larvas y adultos de coleópteros del género *Zophobas* (Coleoptera: Tenebrionidae) caminando activamente. La ZONA D empieza con el estrechamiento de un salón de 5 m de ancho por 1.60 m de alto, que coincide con el inicio de un cuerpo de agua de 8 m de largo y 50 cm en su parte más profunda. Al final de este cuerpo de agua inicia otra bóveda, con una altura de 6 m y dos bifurcaciones: la del lado izquierdo es una gatera ascendente de unos 30 grados dirección W que va reduciendo su altura de 70 cm a 30 cm con una longitud de 3 m y un ancho de 70 cm; por el lado derecho se continúa el cuerpo de agua hasta el final de esta bóveda con una altura de 1.20 m, 6.50 m de ancho y 9 m de largo. La longitud total de la cueva es de 120 m.

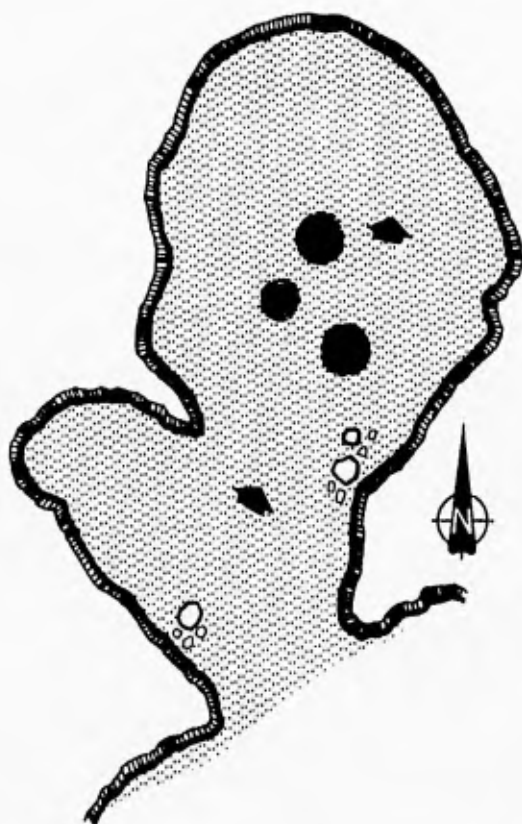
#### **Cueva de la Loma de la Raya Seca**

La cueva de la Loma de la Raya Seca, tiene dimensiones reducidas, por lo que su acceso es difícil en cualquier temporada del año, lo que limitó su estudio. La entrada a la cueva presenta una altura de 1 x 2 m de ancho. Presenta una bóveda pequeña con un pasillo en su lado izquierdo de 4 m de largo y una altura de 0.50 m con un ancho de 1.5 m. Hacia el lado derecho de la cueva (con respecto a la entrada), hay un escalón o pendiente de ascenso a la reducida bóveda de 90 cm de altura. El largo de toda la cueva es de 9 m por 4 de ancho (Fig. 8).

Se encontraron poblaciones pequeñas de dos especies de murciélagos. El guano se encontró en cantidades regulares y en su superficie se observaron un sinnúmero de organismos. Para los fines de este estudio se dividió en tres puntos de colecta, donde se presentó mayor proporción de guano (Fig. 8).

La temperatura dentro de la cueva varía poco con respecto a la del exterior. La cueva es tan pequeña que la luz entra hacia la mitad de ésta. El olor a guano es muy fuerte.

Fig. 8  
Cueva de la Loma de la Raya Seca  
Puente Nacional, Veracruz



-  pendiente
  -  rocas
  -  puntos de colecto
- modificado de Morales-Malacara, et al. 1992

## V. METODOS DE MUESTREO Y MATERIALES

### Trabajo de campo

Para la cueva del Arroyo del Bellaco se realizó una recolecta por cada estación del año. En el caso de la cueva de la Loma de la Raya Seca sólo se visitó en tres estaciones (primavera, verano e invierno), ya que en la estación de otoño las lluvias provocaron inundaciones por lo cual el camino hacia la cueva y su acceso eran de alto riesgo, por lo que fue imposible visitarla.

La ubicación geográfica de las dos cuevas se obtuvo con un Geoposicionador "Personal Navigator" Gps Garmin.

Primero se conocieron las características morfológicas de las cuevas para ubicar las áreas de colecta. Debido a las características que presenta la cueva del Arroyo del Bellaco se dividió en cuatro zonas (A, B, C y D) las que a su vez se dividieron en 7 puntos de colecta (ver Fig. 7). Se escogieron cinco puntos de colecta: 2,4,5,6 y 7 en donde había cúmulos de guano con una superficie de 1 a 1.5 m cuadrados y con una profundidad de 30 a 50 cm. Con la ayuda de una pala de jardinero se recogieron muestras superficiales de guano, en una área de 30 cm<sup>2</sup> y con un peso aproximado de 500 g, transportándolos en botes de plástico con capacidad de un litro para cada muestra (esto con la finalidad de que no se perdiera algún organismo). A cada muestra se le asignó una clave con todos los datos (fecha, localidad, zona, colector, etc.) y fueron transportadas al laboratorio dentro de las 15 hrs posteriores a su recolección. Ya en el laboratorio, cada muestra de guano fué pesada en una balanza granataria Ohaus.

En la cueva de la Loma de la Raya Seca se asignaron tres áreas de colecta debido a que la cueva es más pequeña (Fig. 8). Los cúmulos de guano eran de superficies menores de 1 metro y de poca profundidad, colectándose en la forma ya descrita.

Durante los períodos de recolecta se ubicaron las áreas principales de las colonias de murciélagos. No obstante se recolectaron algunos ejemplares para determinar las especies existentes en cada cueva y por tanto el tipo de guano que fue vertido (frugívoro e insectívoro). Los murciélagos se capturaron con redes ornitológicas y redes aéreas; con ayuda de guantes de carnaza se asfixiaron y colocaron individualmente en bolsas de plástico para su transportación con sus datos de colecta.

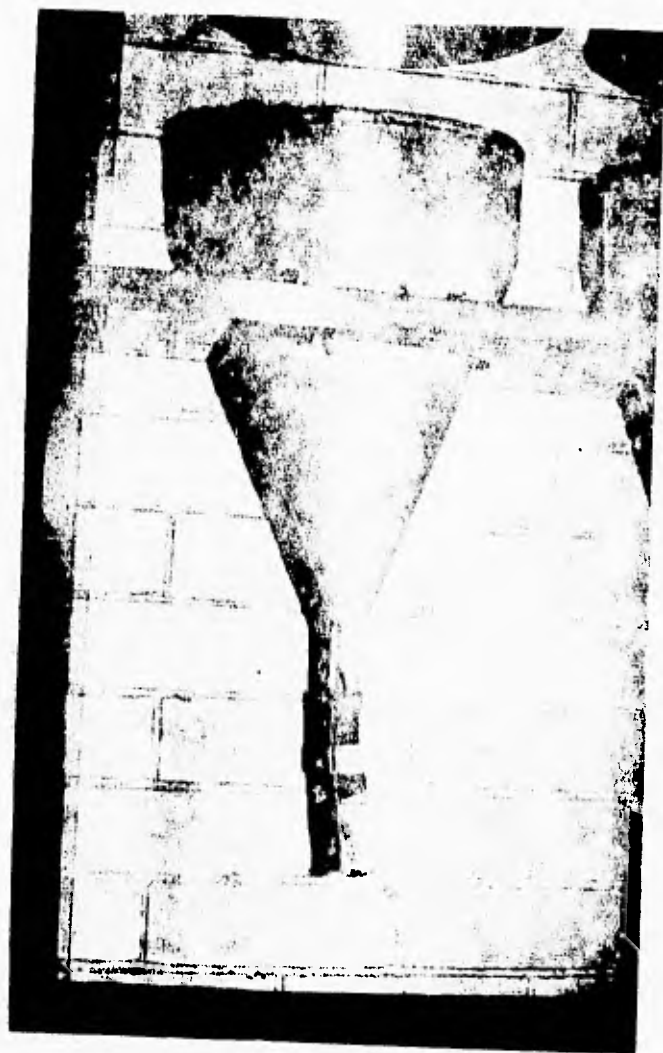
Se registró la temperatura y humedad relativa en las ubicaciones adyacentes a los sitios de colecta. Se utilizó un termómetro Brannan (100 grados Celsius) y un higrómetro Cole-Parmer Mod. 3310-00.

### Trabajo de Laboratorio

Para la obtención de los organismos se implementaron dos técnicas: La primera consistió en que cada muestra de guano se colocó en una charola de disección y a simple vista con ayuda de pinzas se separaron los organismos más grandes como garrapatas, larvas y adultos de coleópteros, colocándolos por separado en viales con alcohol al 70%. Posteriormente el guano se colocó en embudos de Berlese con focos de 60 w, donde se separaron los artrópodos pequeños que se colocaron en viales con alcohol al 70% (Fig. 9). Algunas larvas fueron puestas en un frasco oscuro con guano, con la finalidad de que emergieran los adultos y se facilitara su determinación. El guano seco se pesó y se pasó por tamices en mallas de 0.13, 0.50 y 0.29 mm. El guano de cada tamiz se colocó en cajas de petri y se observó cuidadosamente al microscopio estereoscópico, para sacar los organismos que pudieran estar en él, con ayuda de pinceles finos se extrajeron y se conservaron en viales con alcohol al 70%. El guano ya revisado se guardó para hacer los estudios químicos (pH, calcio, magnesio, potasio, sodio, nitrógeno, fósforo, carbono y materia orgánica). Los organismos grandes como coleópteros y garrapatas de cada muestra se revisaron y se limpiaron con un pincel (con la finalidad de quitar el guano unido y algunos ácaros adheridos a éste). Ya limpios, los organismos se separaron y cuantificaron, según el grupo faunístico, se conservaron en viales con alcohol al 70% y con los datos de colecta.

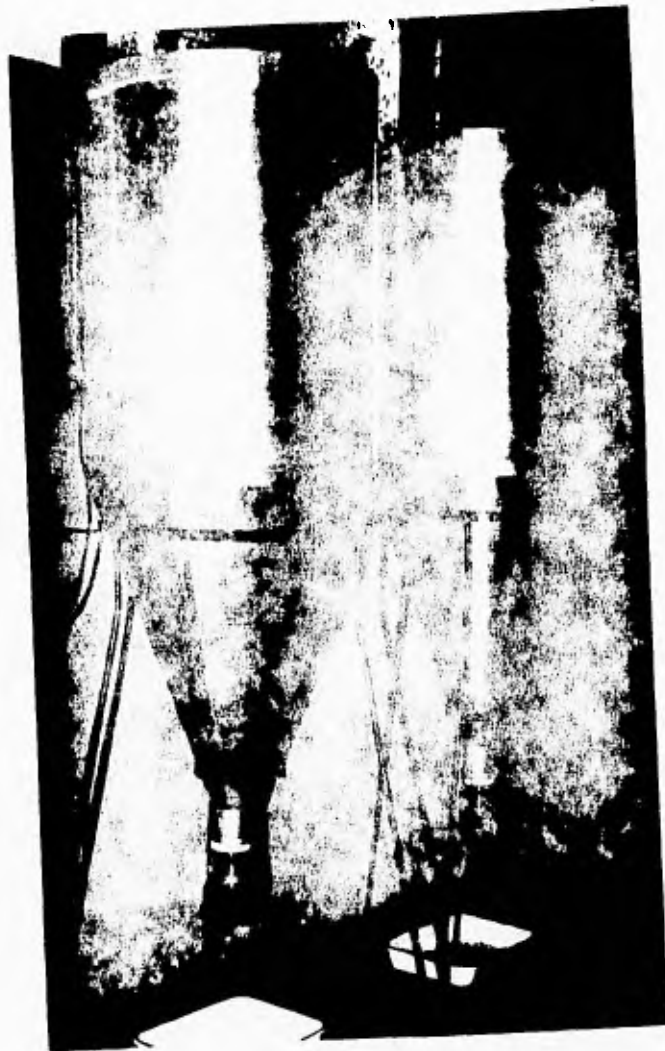
La segunda técnica consistió en sacar solamente los coleópteros a simple vista, se utilizaron embudos de Berlese de tamaño más grande (Fig. 10) con la malla de retención de 0.5 mm de diámetro mayor con respecto al tamaño de las garrapatas. El guano se colocó en una malla de 0.13 mm para la retención del guano en el centro de la malla más grande, permitiendo que las garrapatas o larvas fueran en dirección a la de mayor abertura y cayeran en el frasco con alcohol al 70%. El guano ya procesado, se tamizó como el método antes descrito para obtener el total de la fauna. Cabe mencionar que este método facilitó la obtención de todos los organismos. Una vez obtenidos los organismos en el alcohol, éste se procesó en diferente abertura de malla. En la primera quedaron las garrapatas, larvas de coleópteros y partículas de guano. En la segunda, ácaros prostigmados, larvas y adultos de dipteros. La tercera sólo permitía la retención del guano con partículas más finas y permitió el paso de los ácaros más pequeños. Se fabricaron pipetas de diferentes diámetros según el tamaño de cada organismo y se fueron separando en viales con alcohol al 70% y cuantificando según el orden. Los organismos grandes se tomaban con pinzas y palitas, también se colocaron en alcohol al 70%.





**Fig. 9** Embudo de Berlese,  
empleado para aplicación de la técnica 1

(foto L. Del Castillo)



**Fig. 10** Embudo de Berlese,  
empleado para aplicación de la técnica 2

(foto L. Del Castillo)

### **Determinación de los organismos**

De los organismos pequeños que se obtuvieron, como ácaros y colémbolos, se hicieron preparaciones permanentes para su determinación, siendo necesario su aclaramiento previo con lactofenol para los primeros y potasa al 10 % para los segundos, montándose en líquido de Hoyer.

Los pseudoescorpiones fueron disectados y aclarados; los quelceros, pedipalpos, par de patas I y patas IV en creosota, el resto del cuerpo en potasa al 10 %. Posteriormente fueron montados en líquido de For.

En la determinación taxonómica de los organismos se contó con la ayuda de especialistas (ver agradecimientos), y se utilizaron las siguientes claves para la determinación de algunos grupos de artrópodos: Dindal (1990), Hoffmann (1990), Guerrero (1993), Wenzel *et al.* (1966), Borror & De Long (1971).

### **Análisis de guano**

Las muestras de guano ya procesadas y secas se pesaron y se colocaron en bolsas de plástico dentro de una autoclave All American Mod. No. 1925X, a 70 °C 1 hr, para su esterilización total.

A las muestras ya esterilizadas se le realizaron los siguientes análisis químicos. Actividad de los iones hidrógeno (pH): Se analizó en una suspensión guano-agua relación 1: 2.5, 1: 5 y 1: 10 mediante el método potenciométrico de Jackson, (1982). Contenido de materia orgánica de Walkley y Black, (1947). Sodio y potasio intercambiables por el método del flamómetro (Jackson, 1970). Calcio y magnesio intercambiables, extracción con acetato de amonio 1N, pH 7 y valoración con Versenato, método de Cheng y Bray, (1951). Nitrógeno total por el método Kjeldahl. Determinación de fósforo por el método de Bray II (Black, *et al.* 1965)

### **Trabajo de gabinete**

Para los resultados de la composición faunística de la cueva del Arroyo del Bellaco, se tomó en cuenta el peso inicial de la muestra que se colectó (ver Cuadro 10), ya que los valores de peso fueron muy diferentes al peso que se debió de haber colectado.

Según la metodología se debió de haber recolectado un peso aproximado de 500 gr, pero este varió (en un promedio de 300 a 1000 g), porque no se contaba con una

balanza en el momento de coleccionar el guano, sino hasta que se pesó en el laboratorio. Por lo tanto se tomó sólo la abundancia anual para no desechar ningún dato del número de organismos.

El análisis faunístico se llevó a cabo con la estandarización del peso del guano de cada muestra redondeándolo en múltiplos de 3, y tomando en cuenta el peso máximo y mínimo para cada estación (colecta), se homogeneizó cada muestra a 300 g. Con base en esto se analizó la artropofauna [esta discrecionalidad en el análisis de los registros faunísticos se apoyó en la diferencia de abundancia de las poblaciones guanobias, que nos indicaron que los puntos de colecta con toma de muestras "óptimas" fueron el 2, 4 y 6 (Fig. 14) y los de muestras erráticas, tanto por la cantidad de guano colectado como por el número de organismos presentes fueron el 5 y el 7].

Así, el número de individuos de cada muestra también se dividió entre tres para homogeneizar y para poder tener resultados representativos y hacer un análisis sobre la abundancia relativa y porcentual, lo mismo que riqueza faunística y diferencias y semejanzas faunísticas entre las dos cuevas.

Para los datos de la cueva del Arroyo del Bellaco, se utilizó el programa estadístico Statgraphics 5.0 para correlacionar información adicional a los resultados químicos del guano. Se realizaron dendrogramas obtenidos por medio de una matriz de similitud de Bray-Curtis (Krebs, 1989) para interpretar la similitud faunística de cada punto de recolecta con respecto a las épocas del año, utilizando el programa Ntsys. Pc Versión 1.50.

Adicionalmente se realizó el estadístico  $X^2$  (chi cuadrada) para entender la posible asociación de las faunas entre las dos cuevas a partir de su composición.

En la cueva de la Loma de la Raya Seca se obtuvo un peso de guano no mayor de 500 g de cada muestra, por lo que se decidió dejarlo como tal para los análisis posteriores.

## VI. RESULTADOS

### CUEVA DEL ARROYO DEL BELLACO

#### Condiciones físicas

Las condiciones físicas en ambas cuevas difieren entre sí, se registraron las más altas temperaturas y el mayor porcentaje de humedad relativa en la cueva del Arroyo del Bellaco (Cuadro 3).

Cuadro 3. Condiciones físicas de cada punto de colecta de la cueva del Arroyo del Bellaco

Estaciones Puntos de Colecta	PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO		INVIERNO	
	T °C	% HR	T °C	% HR	T °C	% HR	T °C	% HR
2	35	91	33	88	33	88	33	87
4	35.5	89	33	88	33	88	34	85
5	35	89	-	-	33	88	34	85
6	35	89	30	86	33	88	32	82
7	33	91	-	-	33	88	34	90

En la cueva del Arroyo del Bellaco se registraron dos variaciones anuales en cuanto a los valores máximos y mínimos obtenidos de temperatura y humedad. Para la zonas C (puntos 2, 4, 5 y 6) y D (punto 7), durante la época de secas (invierno y primavera) la temperatura osciló entre 32° y 35.5 °C y la humedad relativa se mantuvo entre 82 y 91%; en la época de lluvias (verano y otoño), la temperatura y la humedad relativa se mantuvieron constantes en todos los puntos de recolecta, entre los 30° y 33 °C de temperatura y una humedad relativa de 86 a 88 %.

La temperatura promedio anual en esta cueva fué de 33.4 °C con una humedad relativa de 88 %, lo cual ratifica que son condiciones que caracterizan (junto con la topografía de la cueva) a las cuevas de calor, ya que los registros de estos tipos de cuevas de calor en Cuba son de 28° a 40 °C y 90 a 99 % de HR (Cruz y Socarrás, en prensa). Cabe mencionar que aunque el valor anual obtenido de la humedad relativa fué de 88 %, hubo

registros de 90 a 91% dentro de la cueva (ver Cuadro 3).

En el estado de Veracruz se localizó otra cueva con características similares, la cueva del Panteón en el municipio de Actopan (Morales-Malacara y Monterrubio, 1992). Dados sus factores y condiciones espeleomorfológicas, sería interesante hacer estudios comparativos de su guanobiocenosis, teniendo como referencia los resultados de la Cueva del Arroyo del Bellaco.

#### Murciélagos que depositan el guano

Los murciélagos que producen los depósitos de guano en la cueva del Arroyo del Bellaco son básicamente 5 especies insectívoros, el guano está constituido de fragmentos de insectos y otros residuos, su constitución es también muy particular. Las especies de murciélagos que lo depositan son: Orden Chiroptera, clasificación según Nowak (1994), suborden Microchiroptera, superfamilia Phyllostomoidea, familia Mormoopidae, especies *Mormoops megalophylla megalophylla*, *Pteronotus davyi*, *P. parnelli* y *P. personatus*; superfamilia Vespertilionoidea, familia Natalidae, especie *Natalus stramineus*.

#### Distribución de los murciélagos dentro de la cueva

Las comunidades de murciélagos de las cinco especies dentro de la cueva estuvieron mejor representadas en las zonas C y D (Fig. 11).

El censo realizado en la cueva según Aguilar y Rufz (1995), tuvo un número aproximado de 121 500 individuos en la época de secas en contraste con la época de lluvias con un total de 100 050 individuos con capacidad de vuelo.

Se capturaron un total de 165 murciélagos, 94 en la época de secas y 71 individuos en la época de lluvias y, con base en estas capturas, se determinó el porcentaje de cada especie.

La abundancia de individuos por especie en las zonas C y D fué calculado tomando el promedio de individuos para las dos estaciones. El 30.1% fué para la especie *Mormoops megalophylla megalophylla*, 27% para *Pteronotus davyi*, 18.8% a *P. personatus*, 9.7% a *P. parnelli* y 14.4% para *Natalus stramineus* (Fig. 12).

Los datos de condición reproductiva que se obtuvieron para cada época del año, muestra que las temporadas de reproducción de estos murciélagos son las estaciones de

**Fig.11**  
**Cueva del Arroyo del Bellaco**  
 Puente Nacional, Veracruz  
 Distribución de las comunidades  
 de murciélagos dentro de la cueva

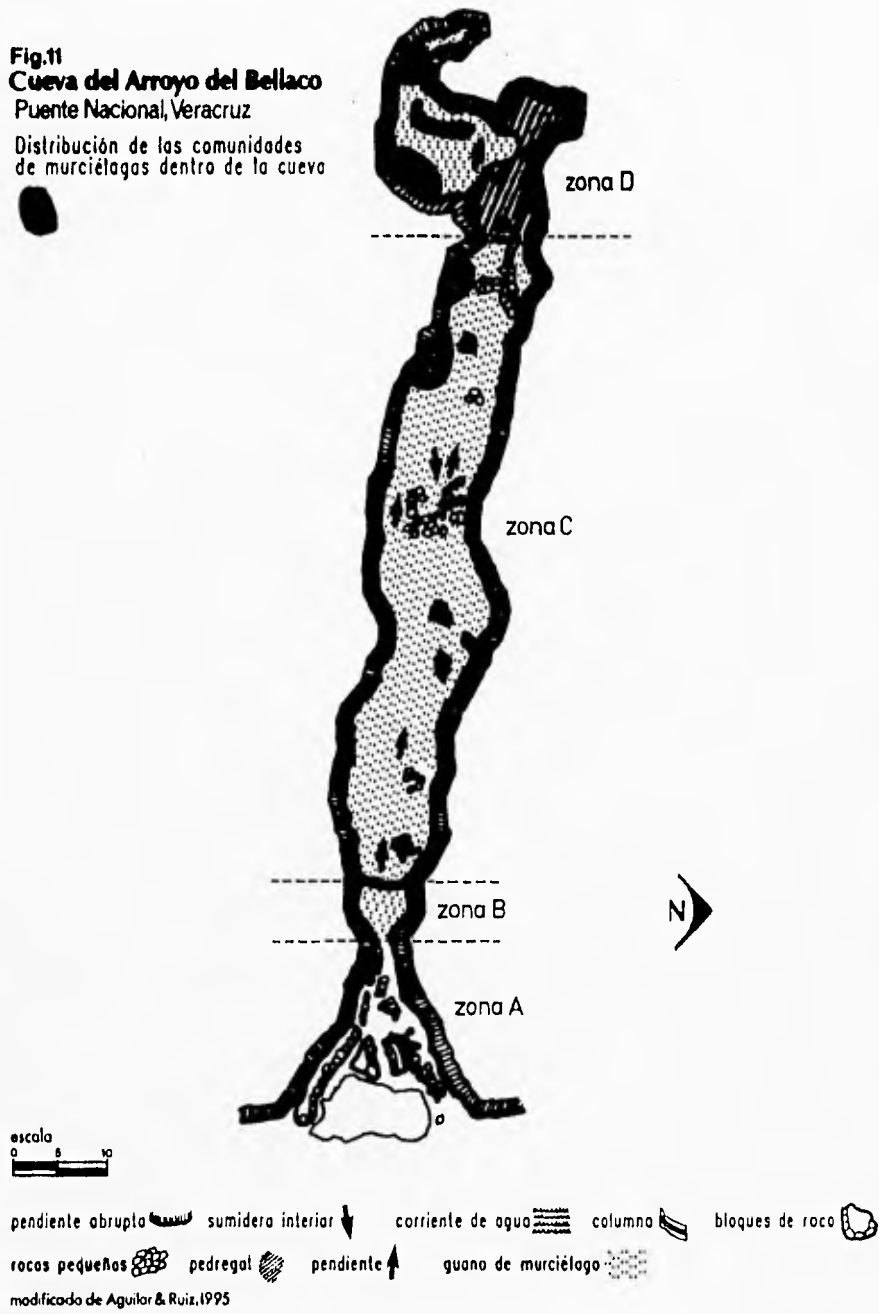
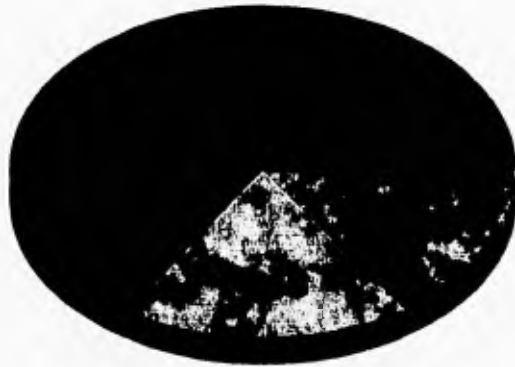


Fig.12. MURCIELAGOS DE LA CUEVA DEL ARROYO DEL BELLACO  
PORCENTAJE DE INDIVIDUOS POR ESPECIE



ESPECIES DE MURCIELAGOS

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| ■ M. megalophylla | ■ P. davyi      |
| ■ P. parnelli     | □ P. personatus |
| ■ N. stramineus   |                 |



primavera y verano para las cinco especies (Aguilar & Ruíz, 1995).

En verano se establecen colonias de maternidad en la zona C, principalmente debajo de rocas en el suelo.

El número de murciélagos capturados y sacrificados fué de 116, los cuales sirvieron para hacer todos los estudios de identificación y de las condiciones reproductivas. Estos quedaron depositados en la colección del Museo de Zoología y en el Laboratorio de Acarología de la Facultad de Ciencias UNAM (Aguilar & Ruíz, 1995).

#### **Composición de la fauna guanobia**

La cueva del Arroyo del Bellaco se dividió en dos partes para hacer un análisis de su composición faunística.

En la primera se incluyó la totalidad de las muestras de guano obtenidas que fueron 15: tres en primavera (puntos 2, 4 y 6), tres en verano (puntos 2, 4 y 6), cinco en otoño (puntos 2, 4, 5, 6 y 7) y cuatro en invierno (puntos 2, 4, 6 y 7). El número de organismos obtenidos de estas muestras se cuantificó dando como resultado una abundancia total de 42 772 artrópodos, en un peso total de 15 244.8 g, de lo cual los ácaros fueron los más abundantes con un porcentaje de 98.4 %; los insectos 1.6 % y los arácnidos con el 0.02 % (Cuadro 4, 5 y Fig. 13). Estos resultados provienen de todas las muestras de guano con el peso inicial (Cuadro 10). Cabe mencionar que para los análisis faunísticos los puntos de colecta 5 y 7 se descartaron en los resultados posteriores ya que estos sólo sirvieron para localizar otras áreas adicionales de muestreo y para poder comparar las condiciones fisicoquímicas en toda la cueva.

Adicional a esto se puede decir que la fauna encontrada en los cinco puntos de recolecta fue la misma, que en la recolectada en los tres puntos a excepción de la especie (*Suctobelbella* sp) que fue encontrada en el punto 5 de recolecta, solo se encontró un organismo.

De las dos cuevas, ésta fué la de mayor interés biológico, dada las características que presenta por ser una cueva de calor y ser la de mayores dimensiones.

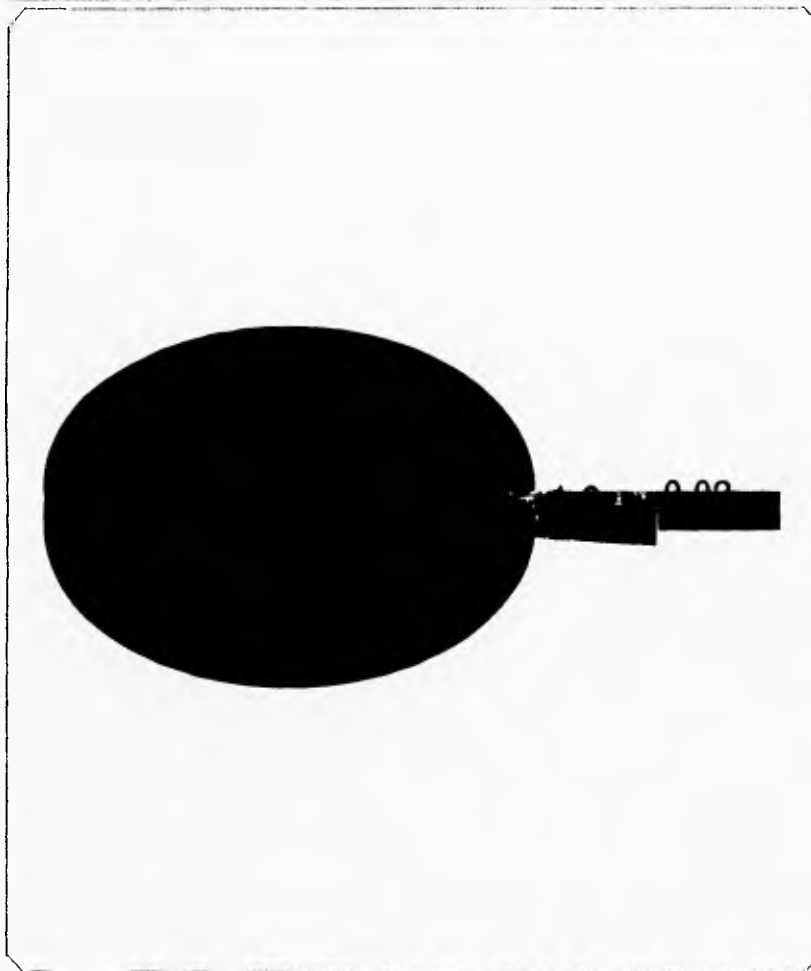
Se registraron 23 especies de artrópodos, de las cuales 18 son nuevos registros para esta cueva.



Cuadro 5. Abundancia anual de la fauna guanobia en la cueva del Arroyo del Bellaco

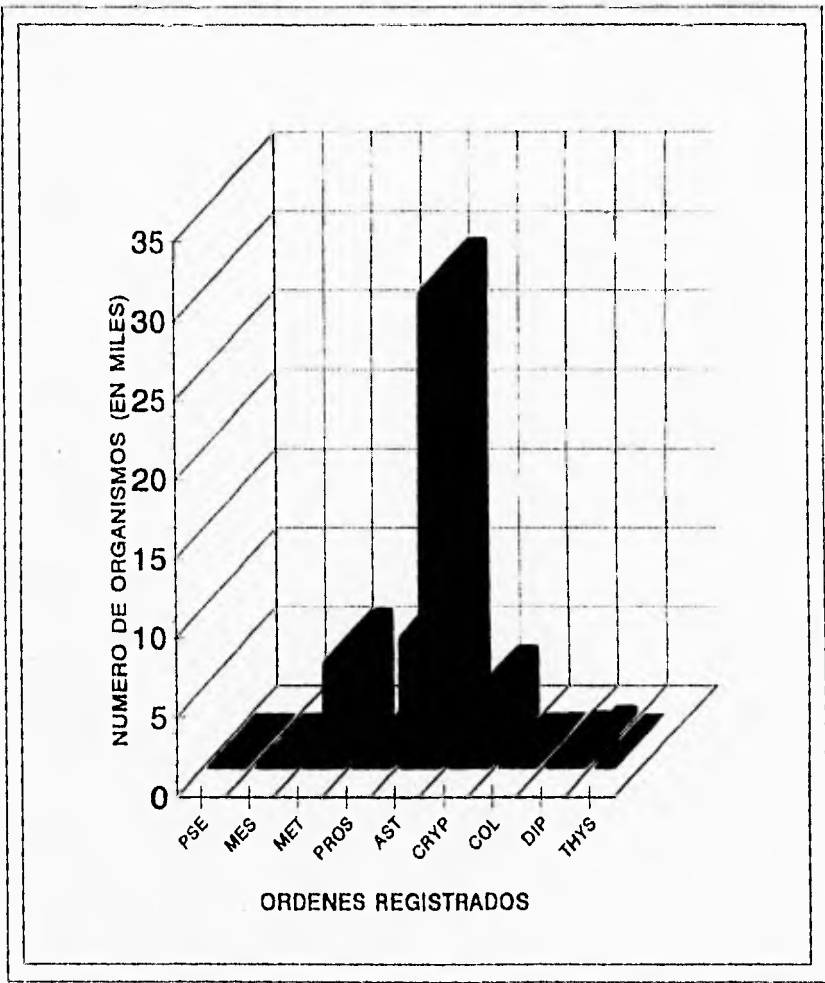
FAUNA GUANOBIAS	No. DE ORGANISMOS
<i>Tejachernes</i> sp	7
<i>Metagynella</i> sp	6
<i>Antricala</i> sp	6727
Prostigmata no det.	790
Cheyletidae	1
<i>Cunaxoides</i> sp	59
Trombidiidae	60
Schoengastiini	5
Trombiculini	1
Glycyphagidae	1329
Acaridae	55
Guanolichidae	28756
<i>Ramusella</i> sp	2
<i>Suctabelbella</i> sp	1
<i>Sphaeroclitonus</i> sp	4347
Carabidae	1
<i>Zophobas</i> sp	86
<i>Nycterophilia fairchildi</i>	114
Dolichopodidae	414
Mycetophilidae	2
Sciaridae	7
Ceratopogonidae	2
Thysanoptera	1
<b>TOTAL</b>	<b>42772</b>

**Fig.13. PORCENTAJE DE GRUPOS DE ARTROPODOS GUANOBIOS  
CUEVA DEL ARROYO DEL BELLACO**



■ ARACHNIDA ■ ACARIDA ◻ INSECTA

**Fig.14. COMPARACION DE LA FAUNA GUAFOBIA DE ACUERDO A LOS PUNTOS DE COLECTA EN LA CUEVA DEL ARROYO DEL BELLACO**



NUMERO DE COLECTAS

■ 3 PUNTOS DE COLECTA ( EN PESO ESTANDARIZADO )    ■ 5 PUNTOS DE COLECTA ( EN PESO INICIAL )

Listado sistemático

---

**Phyllum Artropoda****Subphyllum Chelicerata****Clase Arachnida**

- Orden Pseudoscorpiones
- Familia Chernetidae
- Tejachernes* sp

**Clase Acarida**

- Subclase Parasitiformes
- Orden Mesostigmata
- Suborden Monogynaspida
- Cohorte Uropodina
- Familia Uropodidae
- Metagynella* sp
- Orden Metastigmata
- Superfamilia Ixodoidea
- Familia Argasidae
- Antricola* sp
- Subclase Acariformes
- Orden Prostigmata
- Fam. no det.
- Suborden Promata
- Cohorte Eupodostigmata
- Superfamilia Bdelloidea
- Familia Cunaxidae
- Cunaxoides* sp
- Cohorte Eleutherogonina
- Superfamilia Cheyletoidea
- Familia Cheyletidae
- Suborden Parasitengona
- Superfamilia Trombioidea
- Familia Trombidiidae
- Gen. y sp no det.
- Familia Trombiculidae
- Tribu Trombiculini
- Gen. y sp. no det.
- Tribu Schoengastiini
- Gen. y sp no det.
- Orden Astigmata
- Suborden Acaridia
- Familia Glyciphagidae
- Superfamilia Acaroidea

- Familia Acaridae
  - Gen. y sp. no det. (incluye hipopodio)
- Suborden Psoroptida
  - Superfamilia Psoroptoidea
    - Familia Guanolichidae
- Orden Cryptostigmata
  - Suborden Oribatei (inferiores)
    - Cohorte Enarthronota
      - Superfamilia Cosmochthonoidea
        - Familia Sphaerochthoniidae
          - Sphaerochthonius* sp
    - Suborden Oribatei (superiores)
      - Cohorte Picnoticina
        - Superfamilia Oppioidea
          - Familia Oppiidae
            - Ramusella (Ramusella)* sp
    - Familia Suctobelbidae
      - Suctobelbella* sp

**Subphyllum Mandibulata**

**Clase Insecta**

- Orden Coleoptera
  - Superfamilia Tenebrionoidea
    - Familia Tenebrionidae
    - Familia Carabidae
      - Gen. y sp. no det.
- Orden Diptera
  - Suborden Nematocera
    - Familia Ceratopogonidae
    - Familia Mycetophilidae
    - Familia Sciaridae
  - Suborden Brachycera
    - Familia Dolichopodidae
  - Suborden Cyclorrhapha
    - Superfamilia Hippoboscoidea
      - Familia Streblidae
        - Nycterophilia fairchildi*
- Orden Thysanoptera
  - Fam. no det.

### Distribución porcentual de la fauna guanobia

Para el segundo análisis sólo se tomaron en cuenta los puntos de colecta 2, 4, y 6 (se descartó el 5 y 7) (ver metodología), por considerarse los que reflejan un valor óptimo para el estudio estadísticamente estandarizado. Los siguientes resultados son los que se obtuvieron una vez hecha la estandarización (dependiendo de cada uno de los pesos de las muestras de guano obtenidas, se estandarizaron en proporción aproximada a 300 gr. cada una) de 12 muestras de guano dando el peso total de 3 203 g.

Se obtuvieron un total de 12 283 organismos de estos por orden decreciente tenemos que 8336 (67.866%) fueron Astigmata; 1992 (16.217%) Metastigmata; 1450 (11.804%) Cryptostigmata; 304 Prostigmata (2.474%); 168 (1.367%) Diptera; Coleoptera 28 (0.227%); Mesostigmata y Pseudoscorpiones con 2 organismos (0.016%) respectivamente; y Thysanoptera con solo un organismo (0.008%) (Cuadro 6 y Fig. 15).

En trabajos como los de Gnaspini-Netto (1989a y b), y otros realizados en cuevas brasileñas, han encontrado en guano de murciélago insectívoro grupos de artrópodos pertenecientes a los órdenes antes mencionados, a excepción de los Prostigmata y Astigmata presentes en las dos cuevas en estudio. Esto probablemente indica que el guano es rico en elementos fundamentales para que estas poblaciones se encuentren en altos porcentajes (Fig. 15), sobre todo Astigmata.

El grupo mejor representado en cuanto a riqueza de especies (Fig. 25) fue el orden Prostigmata con seis especies, dos de estas son ectoparásitas de murciélagos. El orden Diptera con cinco especies (una especie ectoparásita de murciélagos); Astigmata con tres; Cryptostigmata y Coleoptera con 2 cada una; y Pseudoscorpiones, Mesostigmata, Metastigmata y Thysanoptera con una especie respectivamente (Cuadro 7).

### Abundancia estacional de los organismos

La presencia o ausencia de los organismos puede ser vital según la disponibilidad de los recursos; ésta situación es evidente ya que son de gran importancia los papeles ecológicos en una comunidad (G. López, com. per.).

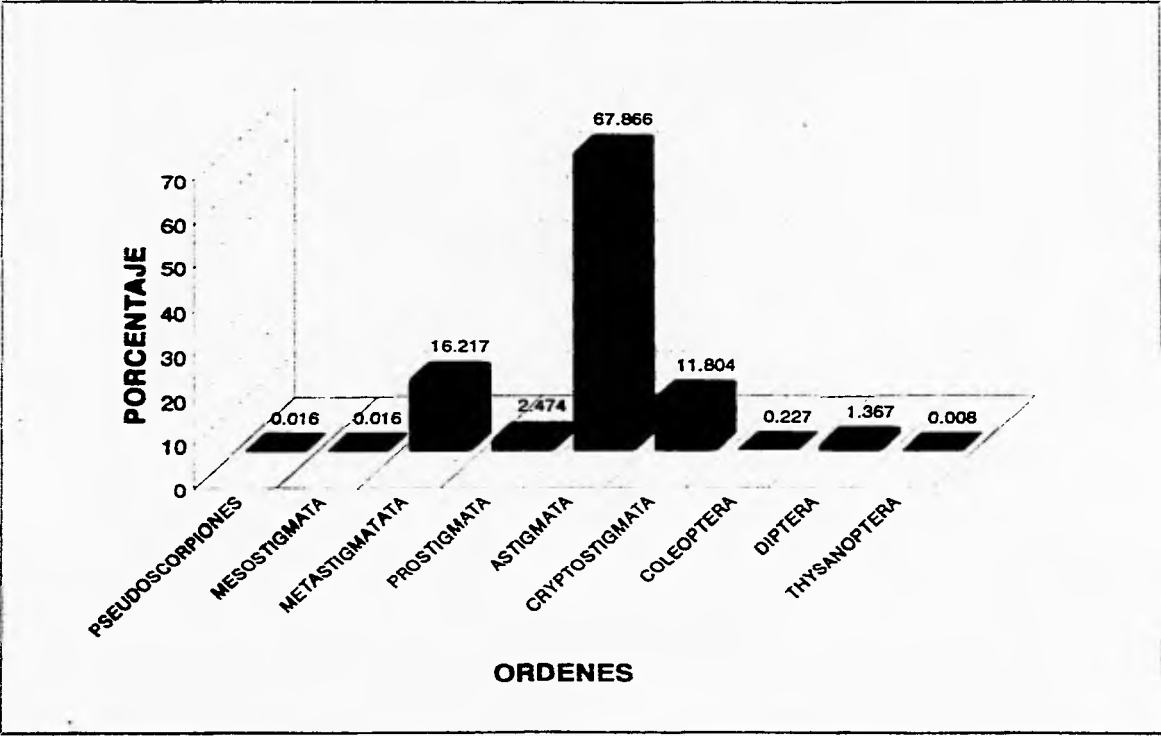
La frecuencia y la abundancia que presentó esta fauna en el guano, puede tener una gran importancia de acuerdo al papel que juegan las especies en este biotopo en cuanto a la estructura de las poblaciones, obviamente los factores que determinan la abundancia y/o frecuencia de las especies son muy variados (potencial de reproducción, nutrientes en el medio, competencia, etc.). Aunque no es la finalidad de este trabajo, sería interesante un estudio sobre la estructura o dinámica de poblaciones, teniendo



Cuadro 6. Número de organismos encontrados en las muestras de guano con el peso estandarizado, cueva del Arroyo el Bellaco

ESTACIONES TAXA	PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO			INVIERNO		
	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
<i>Lejachernes</i> sp												2
<i>Metagynella</i> sp				1			1					
<i>Antricola</i> sp	99	125	27	247	241	158	98	182	308	24	271	212
Prostigmata no det.						1						263
Cheyletidae							1					
<i>Cunaxoides</i> sp	1	1	1		8	1	2		2			
Trombidiidae			1	4	4	3			4	1		3
Schoengastiini							2					
Trombiculini							1					
Glycyphagidae	36	12	1	5	64	1	85		1	1	1	234
Acaridae		1					1					
Guanolichidae	174	745	4	22	478	3	961	430	3831	1	556	688
<i>Ramusella</i> sp												1
<i>Sphaerochthonius</i> sp					4	666	1		40			738
Carabidae									1			
<i>Zophobas</i> sp	3	3	1	3	1	1	5	1		6	2	1
<i>Nycteraphilia fairchildi</i>	11	2		1	4		20					
Dolichopodidae	2	20	9		22		22	2	10	1	18	18
Mycetophilidae		1						1				
Sciaridae						1			1			1
Ceratopogonidae									1			
Thysanoptera					1							

**Fig.15. ABUNDANCIA PORCENTUAL DE FAUNA GUANOBIÁ  
CUEVA DEL ARROYO DEL BELLACO, VERACRUZ**



Cuadro 7. Riqueza específica encontrada en las muestras de guano de murciélagos insectívoros, cueva del Arroyo del Bellaco de los puntos de colecta 2, 4 y 6.

ORDEN	ESPECIES
Pseudoscorpiones	<i>Tejachemes</i> sp
Mesostigmata	<i>Metagynella</i> sp
Metastigmata	<i>Antricola</i> sp
Prostigmata	Fam. gen. sp. no det., Cheyletidae. <i>Cumaxoides</i> sp, Trombidiidae, Schengastiini, Trombiculini.
Astigmata	Acaridae, Glycyphagidae, Guanolichidae.
Cryptostigmata	<i>Ramusella</i> sp <i>Sphaerochthonius</i> sp
Coleoptera	Carabidae gen. sp no det., <i>Zaphobas</i> sp
Diptera	Dolichopodidae, Mycetophilidae, Sciaridae, Ceratopogonidae. <i>Nycterophlia fairchildi</i> .
Thysanoptera	Fam. gen. sp no det.

como referencia la abundancia de los organismos en dicho biotopo.

En el guano de esta cueva se encontró que las especies presentaron diferentes abundancias siendo algunas constantes, accidentales o escasas tal como se muestra en el cuadro 8 y Fig. 16.

Cuadro 8. Abundancia estacional de la comunidad guanobia en la Cueva del Arroyo del Bellaco

COMUNIDAD GUANOBIAS	Abundancia estacional de los organismos					
	CA	CSA	NCA	MMCSA	CMMA	EA
<i>Anuricola</i> n. sp., Guanolichidae	X					
<i>Zophobas</i> sp.		X				
<i>Sphaerarthronius</i> sp., Prostigmata no det.			X			
<i>Cunaxoides</i> n. sp., Trombidiidae <i>Nycterophilta fairchildi</i>				X		
Dolichopodidae y Glycyphagidae					X	
<i>Tejachernes</i> sp., <i>Metagynella</i> sp., Acaridae Cheyletidae, Schoengistiini, Trombiculini, <i>Ramusella</i> sp., Sciaridae, Mycetophilidae Carabidae, Ceratopogonidae, Thysanoptera						X

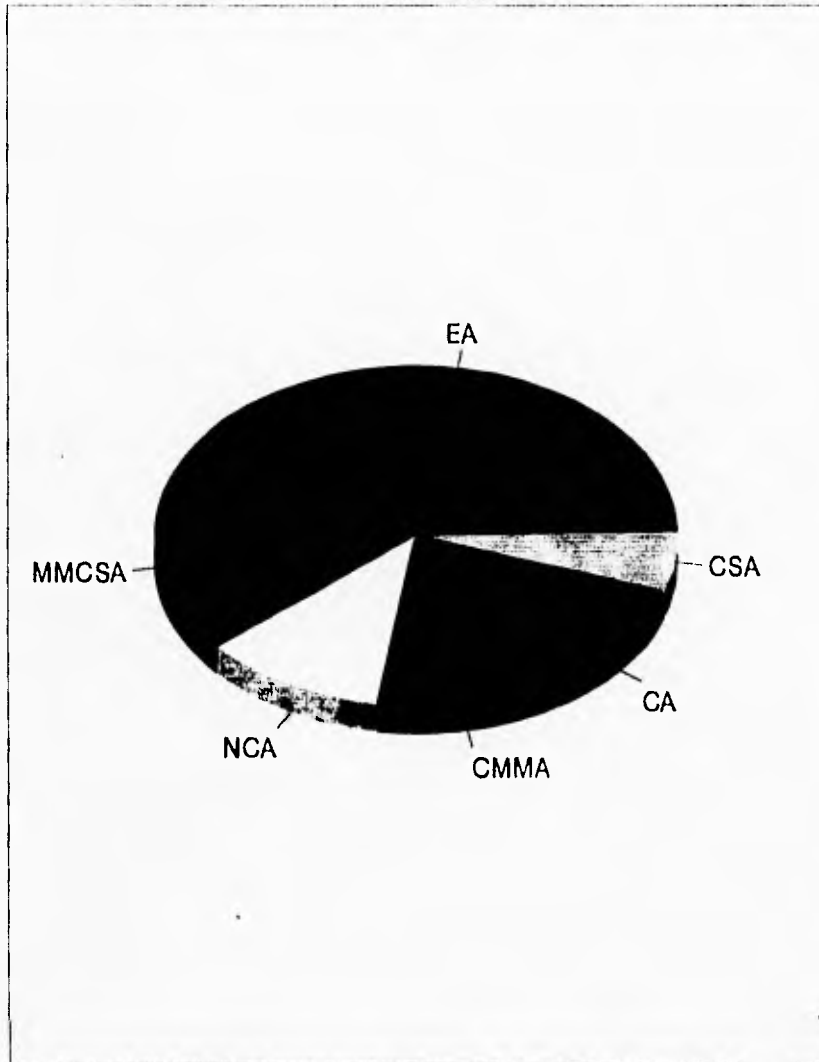
CA = Organismos constantes en todas las estaciones y fueron abundantes en todos los puntos de colecta

CSA = Organismos presentes en todas las estaciones sin abundancia en los puntos de colecta.

NCA = Organismos presentes solo en 2 ó 3 estaciones y abundantes en 2 puntos de colecta.

MMCSA = Organismos presentes en 3 ó 4 estaciones sin abundancia y solo en algunos

Fig.16. ABUNDANCIA ESTACIONAL DE LA COMUNIDAD GUANOBIA EN LA CUEVA DEL ARROYO DEL BELLACO



puntos de colecta.

CMMA = Organismos presentes en todas las estaciones con abundancia solo en algunos puntos de colecta.

EA = Organismos que se consideraron como accidentales.

### Análisis faunístico

Todos los organismos que se encontraron en el biotopo guano comprenden tanto formas libres, terrestres y formas asociadas a otros animales como el caso de los murciélagos. Todos ellos juegan un papel esencial en las cadenas tróficas y en el mantenimiento del equilibrio biológico dentro de las biocenosis de estas cuevas, debido a sus variados hábitos alimenticios, ya que se encontraron especies depredadoras como algunos prostigmata y pseudoscorpiones; saprófagos (incluyendo a necrófagos y coprófagos) como Guanolichidae; también se encontraron algunos parásitos de murciélagos de la familia Trombiculidae y larvas de *Antricola* sp.

Del orden Pseudoscorpiones, la familia Chernetidae es la más representada de las familias de pseudoscorpiones en cuevas mexicanas aunque aparentemente no contribuye con troglobios en la fauna (Reddell, 1981).

Chamberlin (1938) describe dos especies de esta familia para cuevas de Yucatán: *Lustrochernes menor* y *Parazaona cavicola*. Nicholas (1962) los describe como troglobios. Chernetidos son comunmente encontrados en el guano de murciélago, y están presentes en cantidades numerosas (Redell, 1981).

En la cueva del Arroyo del Bellaco se encontró en el punto 6, en invierno, el género *Tejachernes*, son de hábitos alimenticios depredadores, aunque sólo se encontraron 2 organismos en las cuatro estaciones, esto se debió tal vez a que no era el sitio ideal de estos organismos o fue error en la colecta, ya que en estudios anteriores (Morales-Malacara & Monterrubio, 1993) citan 13 organismos en la zona C en el mes de invierno, sin especificar exactamente el punto de recolecta, y dos organismos en la zona D en el punto 7, durante los 7 primeros meses del año, por lo que su presencia es estacional y lo consideramos organismo escaso y no accidental.

Los ácaros son los quelicerados mejor representados en el guano de esta cueva con un porcentaje de 98.4 % en relación a Pseudoscorpiones e Insecta, debido a su abundancia y diversidad de hábitos alimenticios (Fig. 13).

Son pocas las especies que se han citado en la literatura, por ser el grupo que

menos se ha estudiado. Los que más se conocen son de los ectoparásitos de murciélagos a diferencia de los de vida libre y los habitantes del guano.

En las dos cuevas estudiadas han sido encontrados diversos tipos de ácaros como a continuación veremos, en algunos casos difícilmente pueden ser catalogados como auténticos cavernícolas. En forma sencilla consideramos a dos grupos: los terrestres (y/o guanobios) y los parásitos. En el grupo de los ácaros terrestres, las formas comunmente halladas son los mesostigmados, de los cuales, algunos se alimentan del cuerpo de los insectos muertos mientras que otros son guanobios o coprófagos. Los oribátidos son también muy frecuentes entre la materia vegetal en descomposición de las zonas de la entrada.

En la mayoría de los grupos de ácaros, la foresia ocurre en estados particulares de su ciclo de vida, en general son las deutoninfas las involucradas (Krantz, 1978). La familia Uropodidae, en su etapa de deutoninfa, es forética en insectos. Como adultos se han encontrado en gallinaza, hojarasca, detritos, suelo, musgo y madera en descomposición. Probablemente se alimentan de detritos orgánicos y de hongos (Krantz, 1978). Del género *Metagynella* se encontraron dos organismos en el punto 2 de colecta en verano y otoño respectivamente, de lo que se puede concluir que fueron transportados por algún organismo cayendo accidentalmente en el guano.

Los ácaros parásitos o garrapatas son frecuentes en cuevas con grandes poblaciones de murciélagos. Ellos se alimentan de los quirópteros, a los cuales parasitan.

Las garrapatas encontradas en todos los puntos de colecta pertenecen al género *Antricola* (Cruz, com. pers.).

Palacios-Vargas *et al.* (1985) ubican a la especie *Antricola mexicanus* como un organismo ambimorfo tomando el criterio de clasificación de Christiansen (1962) (formas que muestran algunas adaptaciones para la vida cavernícola, pero que conservan la mayor parte de las características de los animales epígeos). Según el criterio de Armas, *et al.* (1989c) las consideran como parásitos-guanobios (especies cuyo ciclo biológico consta de una fase parásita obligada y otra exclusivamente guanófila o guanófaga). Morales-Malacara (com. pers.) considera al adulto como parásito proteliano (ya que la larva se encuentra como ectoparásito de murciélago) y guanobia-troglófila (ninfas y adultos desarrollan su vida en el guano, alimentándose de los nutrientes presentes en él), no obstante que algunas larvas se llegaron a encontrar en este medio, probablemente de forma accidental.

Del orden Prostigmata, la familia Cheyletidae es una con numerosos géneros,

aún cuando muchos de ellos tienen pocas especies. Muchos están asociados con mamíferos y aves, sin embargo, la mayoría son considerados como depredadores. Ellos se alimentan de ácaros y otros artrópodos con hábitos saprofiticos y por esta razón se les encuentra frecuentemente en esos ambientes donde los Acaridae suelen ser abundantes. En esta cueva se encontró dentro del guano tan solo un organismo por lo cual lo consideramos guanoxeno. Otros prostigmata de hábitos depredadores que se encontraron fueron: *Cunaxoides* (Cunaxidae) y Tombidiidae, que aunque su presencia fue constante, no presentaron mucha abundancia y los hemos clasificado como organismos guanófilos. Estas especies tal vez se alimenten de astigmados o de larvas de dípteros. Se encontró un grupo de Prostigmata no determinado, los cuales no tuvieron una presencia constante pero su abundancia en el punto 2 de recolecta nos hace catalogarla como troglófilos.

Los ácaros de la familia Glycyphagidae se han registrado de cuevas de Querétaro y San Luis Potosí. *Glycyphagus domesticus* se encontró en la cueva del Tempisque, Chiapas y cueva del Pedregoso, Coahuila. Estas son especies cosmopolitas, usualmente viven sobre materia orgánica y cuando están en cantidades numerosas pueden causar dermatitis en el hombre (Reddell, 1981). La presencia de esta familia en el guano nos hace clasificarla como guanófilas porque se encontraron constantes y más o menos abundantes.

Los organismos de la familia Acaridae son de vida libre o asociados con insectos y vertebrados. Se alimentan de materia orgánica vegetal o animal. En varias familias aparecen los hipopodios o ninfas heteromórficas especializadas en dispersión y no activas en alimentación. De estas formas encontramos varios organismos en el punto 7 de recolecta lo que puede ser que algunos coleópteros (*Zophobas* sp) hayan servido como medio de dispersión.

Los ácaros de la familia Guanolichidae se han registrado para cuevas, no obstante que la especie *Guanolichus gabonensis* es considerada como depredador de huevos de insectos (Kranz, 1978). Por su presencia y abundancia en esta cueva se consideran como organismos troglófilos. Respecto a sus hábitos alimenticios dentro de la cueva no podemos asegurar que se trate de una especie depredadora a menos de que se alimentara de los glicifágidos y larvas de dípteros, o exclusivamente de los nutrientes que están en el guano.

Los ácaros del orden Cryptostigmata son de vida libre, abundantes en los ambientes húmedos y ricos en materia orgánica; representan uno de los grupos más ricos en especies y en individuos en fauna de suelo y en las cuevas se les encuentra



frecuentemente. *Ramusella* sp fué encontrada en el punto 6 con sólo un organismo por lo que su presencia en el guano es solamente accidental. No así para los organismos de *Sphaerochthonius* sp que ha sido registrado para cuevas de Morelos (Palacios-Vargas y Morales-Malacara, 1983), y que en nuestro estudio fué muy abundante en el punto 6 de recolecta, por lo que suponemos que sea una especie guanófila que se alimenta del guano rico en materia orgánica.

Los coleópteros son un grupo de organismos que contiene un elevado número de especies. Algunas familias son huéspedes circunstanciales o accidentales en las cavernas. Galan (1993) cita 3 familias estrictamente cavernícolas; Carabidae, Catopidae y Pselaphidae. En México se han citado cerca de 270 especies de coleópteros pertenecientes a 51 familias diferentes. Las más importantes por su diversidad dentro de las grutas son: Carabidae, Histeridae, Leodidae, Scarabaeidae, Staphylinidae y Tenebrionidae. El género *Zophobas* ya se había reportado en cuevas de San Luis Potosí con la especie *Z. atratus*. Dentro de la cueva del Bellaco se encuentran distribuidos en toda la cueva organismos pertenecientes a este género. Las formas adultas se encuentran sobre las rocas con guano, las larvas están enterradas a 10 cm de profundidad, no obstante que algunas se hallaron en la superficie del guano y, se observó en varias ocasiones, que saltan de sus madrigueras al caer algún murciélago de forma accidental al guano y se lo empezaban a devorar en un número promedio de más de 30 larvas. Los tenebriónidos tienen hábitos saprófagos, fitófagos o micetófagos.

Los dípteros cuentan con pocas especies que pueden considerarse cavernícolas, a pesar de que es de los órdenes más numerosos de insectos. Los dípteros hallados en la cueva del Arroyo del Bellaco comprenden algunas formas troglóxenas, algunas coprófagas o saprófagas y los dípteros ápteros del grupo Pupipara que son ectoparásitos de murciélagos. De estos últimos encontramos a *Nycterophilia fairchildi*. El género en sí es un parásito típico en mormoópodos, se encuentra también en dos especies de Phyllostomidae y en *Natalus stramineus* (Natalidae) (Guerrero, 1993). Sobre el guano de esta cueva se encontraron adultos y numerosas cantidades de pupas en los puntos dos y cuatro de colecta. Aunque se podría dar el caso de que *N. fairchildi* no se considera como forma cavernícola, sino parásita de murciélagos sobre la cual vive y se alimenta, la presencia de estas pupas nos hacen considerarla como un organismo parásito en estado adulto y guanófilo, por desarrollar parte de su ciclo sobre el guano. Otros ectoparásitos de quirópteros que encontramos, fueron ácaros trombicúlidos (Schoengastiini y Trombiculini) y su presencia en el guano pensamos que fué de forma accidental.

De la familia Mycetophilidae se recolectaron dos organismos adultos en el punto 4 de colecta por lo que los consideramos guanoxenos ya que se pueden encontrar de forma regular en las cuevas. Las larvas de los micetofílidos tejen telas rudimentarias sobre las paredes o al ras del suelo, y con ellas capturan ácaros y colémbolos, de los cuales se alimentan, Morales-Malacara & Vázquez (1986), debido a este comportamiento de las larvas las consideran como organismos troglófilos.

Los dípteros de la familia Sciaridae fueron encontrados solamente en el punto 6 de colecta; esto coincide con la literatura ya que son organismos que viven a expensas de materia orgánica en descomposición y algunos pueden penetrar ocasionalmente a mayor profundidad de las cuevas viviendo en lugares muy húmedos.

Dípteros de la familia Ceratopogonidae han sido registrados para cuevas, se menciona que las larvas sean probablemente troglófilas (Redell, 1981). Nosotros encontramos un organismo adulto en el punto 6, por lo que suponemos su presencia en el guano fué accidental.

Otros dípteros presentes fueron de la familia Dolichopodidae, por su presencia y abundancia podemos decir que son especies guanófagas o guanófilas, asociadas al guano, sobre el cual viven o se alimentan. Tal es el caso del género registrado para cuevas en Querétaro ( Morales-Malacara y Vázquez, 1986).

Del orden Thysanoptera se encontró un solo organismo en el punto 4 de colecta lo cual sugiere su presencia de forma accidental. Estos insectos tienen hábitos fitófagos o entomófagos, alimentándose de polen, esporas de hongos, del follaje y en los frutos, o atacando a otros insectos pequeños, incluidos otros trips.

#### **Resultados de los análisis químicos del guano**

Los resultados de los análisis químicos del guano y del peso de cada muestra de recolecta en la cueva del Arroyo del Bellaco se muestran en los cuadros 9 y 10.

Los resultados de pH van de ácidos a fuertemente ácidos. Los valores obtenidos de pH pueden relacionarse principalmente con el alto contenido de materia orgánica. Esta observación no resulta sorprendente, ya que se trata de un material de origen netamente orgánico, pero cabe señalar que en el punto 6 de recolecta se observó el contenido mas alto de sodio, lo que resulta extraño si consideramos que se obtuvo un pH alrededor de 5. Esto puede deberse a que este punto de recolecta está cerca de la zona de agua, por lo que puede haber cierto aporte de sales en el guano.

Cuadro 9. Análisis químico del guano de la cueva del Arroyo del Bellaco

Estación del año	2		4		5	6		7		
	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	
pH	1:2.5	3,9	-	-	4,3	-	4,6	4,8	3,7	4,3
	1:5	4,5	4,6	5,0	4,5	3,9	5,0	5,3	4,1	4,6
	1:10	4,5	4,7	5,2	4,7	3,9	5,1	5,5	4,3	4,9
Calcio meq/100gr.	5,6	7,5	4,6	3,6	5,6	335,5	368	196	144	
Magnesio meq/100gr.	30,0	23,5	29,1	25,7	30,4	41,1	28,5	30,6	19,0	
Potasio meq/100gr.	0,28	0,33	0,38	0,25	0,22	0,15	0,19	0,29	4,58	
Sodio meq/100 gr.	0,15	0,19	0,21	0,16	0,13	7,5	8,6	0,12	2,6	
% nitrógeno	13,5	10,6	13,2	9,3	13,5	4,7	4,9	2,7	5,2	
% carbono	35,5	35	27,4	31,2	31,2	15,9	17,7	15,4	21,9	
% materia orgánica	61,3	60,4	47,2	53,9	53,8	27,5	30,8	28,6	37,0	
Fósforo ppm	11900	15540	17780	18340	10640	135742	15330	33180	5658	
C/N	2,6	3,3	2,0	3,3	2,3	3,4	3,8	5,7	4,2	

Cuadro 10. Peso inicial y estandarizado de guano en cada punto de colecta, cueva del Arroyo del Bellaco

ESTACIONES	PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO					INVIERNO			
	2	4	6	2	4	6	2	4	5	6	7	2	4	6	7
PUNTO DE COLECTA															
PESO INICIAL	832.3	900	514.5	685	1579	340	617.3	568.4	525.7	551.1	373.5	612.6	521.1	194.1	393.7
PESO SECO	382	415	239	331	666.1	168	370	250	246.2	200	180	3768	246.6	277.7	195
PESO ESTANDARIZADO	277.4	300	171.5	228.3	526.3	113.3	206	189.4	175.2	184	124.5	204.2	174	198	131.2

Por otra parte, con respecto a los nutrientes, se puede considerar en todos los casos que las muestras son extremadamente ricas en fósforo y nitrógeno; pobres en potasio, magnesio, sodio y calcio, excepto en los de los puntos 6 y 7 que se consideran ricas y extremadamente ricas en calcio.

Como era de esperarse, el nitrógeno resultó muy abundante en las muestras, lo que hace que el guano resulte un buen abono. El fósforo es uno de los principales elementos fertilizantes.

Estos factores fueron correlacionados con la abundancia general de fauna guanobia encontrada en las muestras utilizando el programa Statgraphics 5.0. En el cuadro 11, se muestran los resultados de dicha correlación.

Los valores obtenidos fueron significativos para el pH, calcio y sodio ( $p < 0.05$ ), sin embargo, se observa que la abundancia se relaciona positivamente con el pH, calcio, magnesio, sodio y la humedad, y negativamente con el potasio, materia orgánica, carbono, nitrógeno y fósforo. Es muy probable que el hecho de que la correlación sea negativa para la materia orgánica se deba a que otros factores influyen en la distribución de los organismos, siendo el pH (que se relaciona de manera negativa con la materia orgánica) y la humedad dos de los más importantes.

Cuadro 11. Factores correlacionados con la abundancia general de fauna guanobia.

FACTORES CORRELACIONADOS	VALOR DE r	PORCENTAJE
pH	+0.521924	27.24
CALCIO	+0.621172	38.59
MAGNESIO	+0.08111	0.66
POTASIO	-0.1383	1.92
SODIO	+0.7737	59.87
MATERIA ORGANICA	-0.34	11.61
CARBONO	-0.34	11.71
NITROGENO	-0.2484	6.17
FOSFORO	-0.215	4.62
HUMEDAD	+0.3799	14.43

Asimismo, se hicieron correlaciones para los organismos más abundantes que fueron: *Antricola* sp y una especie de las familias Guanolichidae y Glycyphagidae, mostrándose los resultados en el cuadro 12. Para los demás grupos se hizo la correlación con la materia orgánica y se encontró que ésta fue positiva para uropódidos, trombicúlidos, Prostigmata, Diptera y Coleoptera, siendo significativa sólo para estos.

Cuadro 12. Correlación de las especies más abundantes en el guano de la cueva del Arroyo del Bellaco.

FACTORES	ANTRICOLA	GUANOLICHIDAE	GLYCYPHAGIDAE
pH	+0.4943	+0.504269	+0.2475
CALCIO	+0.2971	+0.542601	+0.42855
MAGNESI	+0.3813	-0.00007	+0.646474
POTASIO	+0.4524	-0.159834	-0.19158
SODIO	+0.4959	+0.689225	+0.4902
MATERIA ORGANICA	-0.1981	-0.267885	-0.2849
CARBONO	-0.1992	-0.2693	-0.09985
NITROGENO	+0.1882	-0.241361	+0.09985
FOSFORO	+0.0404	-0.1694	-0.113919
HUMEDAD	+0.8145	+0.3011	+0.5938

Para analizar las variaciones de las comunidades guanobias en relación con las diferentes épocas del año y las características del guano se resumió toda la información para complementar los resultados antes mencionados (Cuadro 13).

En un biotopo como el guano de murciélagos netamente insectívoros y especial por las condiciones físicas que presenta esta cueva, se observó lo siguiente:

Existen variaciones notables en cuanto a las proporciones de los nutrientes que contiene el guano, tanto entre los puntos de colecta como en las épocas del año, dependiendo de las variaciones poblacionales de las cinco especies de murciélagos que lo depositan. Esto demuestra la importancia o influencia que tiene el guano insectívoro con relación a la diversidad, abundancia y riqueza de la fauna guanobia.

Cuadro 13. Análisis químico del guano de murciélagos insectívoros de la cueva del Arroyo del Bellaco, en los tres puntos de colecta más representativos en las diferentes épocas del año y la abundancia de la fauna guanobia

PUNTOS DE COLECTA	2		4.		6	
	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias
pH 1.2.5	3.9			4.3	4.6	4.85
pH 1.5	4.5	4.6	5	4.5	5	5.3
pH 1.10	4.5	4.75	5.2	4.7	5.1	5.5
Calcio meq/100gr	5.6	7.5	4.6	3.6	3.55	3.68
Magnesio meq/100gr	30	23.5	29.1	25.7	41.1	28.5
Potasio meq/100 gr	0.28	0.33	0.38	0.25	0.15	0.19
Sodio meq/100 gr	0.15	0.19	0.21	0.16	7.5	8.6
% Nitrógeno	13.5	10.6	13.2	9.3	4.7	4.9
% Carbono	35.5	35.0	27.4	31.2	15.9	17.7
% Materia orgánica	61.3	60.4	47.2	53.9	27.5	30.6
Fósforo ppm	11900	15540	17780	18340	135742	15330
<i>Tejachernes</i> sp					2	
<i>Metagnyella</i> sp		2				
<i>Antricola</i> sp	123	345	396	423	239	466
Prostigmata no det.					1	263
Cheyletidae		1				
<i>Cunaxoides</i> sp	1	2	1	8	1	3
Trombididae	1	4		4	4	7
Schoengastiini		2				
Trombiculini		1				
Glycyphagidae	37	90	13	64	235	2
Acaridae		1	1			
Guanolichidae	175	983	1301	908	692	3834
<i>Ramusella</i> sp					1	
<i>Sphaerochthonus</i> sp		1		4	738	706
Carabidae						1
<i>Zophobas</i> sp	9	8	5	2	2	1
<i>Nycterophilus faurchildi</i>	11	21	2	4		
Dolichopodidae	3	22	38	24	27	10
Mycetophilidae			1	1		
Sciariidae					1	2
Ceratopogonidae						1
Thysanoptera				1		
TOTAL	360	1483	1758	1443	1943	5296

Estudios realizados en cuevas del neotrópico (Gnaspini-Netto, 1989b), de guano de murciélago insectívoro, revelan que la riqueza de especies es pobre comparada con la encontrada en las dos cuevas estudiadas. Si bien son ricas en el guano de murciélagos frugívoros y hematófagos, no tenemos resultados que pongan en discusión esto. Sin embargo no es sencillo establecer comparaciones de nuestros resultados con otros trabajos, debido a que sus métodos de muestreo y obtención de la fauna son diferentes.

Herrera (1994) en su trabajo sobre las comunidades de artrópodos del guano de guácharo (*Steatornis caripensis*), menciona que la riqueza de especies suele ser superior en el guano de esta ave respecto al de murciélago en cuevas de Venezuela. Indica, que en guano de murciélago frugívoro han encontrado 90 especies, en el guano de insectívoro 48 especies y 89 especies en guano de guácharo, citando al trabajo de Alvarez que realizó en 1982, quien establece que esta diferencia en la riqueza de especies dependiente del sustrato puede deberse al mayor contenido de materia orgánica, nutrientes, disponibilidad de agua y pH más elevado existentes en el guano de guácharos.

El grupo taxonómico donde se presenta mayor densidad es el de los ácaros y, gracias a los factores correlacionados anteriormente, sabemos que tres especies son las más abundantes con respecto a los nutrimentos. Aunque sería conveniente corroborarlo con un análisis multivariado (por ejemplo un análisis canónico), donde sea posible reflejar el efecto diferencial de las condiciones edafológicas en la manifestación de las diferentes abundancias de los organismos a la época del año.

Las condiciones físicas que presenta la cueva y el aporte de nutrientes proveniente de los murciélagos insectívoros hacen posible la estabilidad de especies guanobias, por la frecuencia y abundancia que se encontró en este estudio. Esto nos permite individualizar este ambiente señalando una marcada preferencia de las especies al ser ordenada su posición relativa de las poblaciones con respecto a otros biotopos dentro de la cueva.

#### **Análisis exploratorios, dendrogramas de similitud de Bray-Curts**

Las densidades medias y el promedio del número de las especies por muestra revelan finalmente condiciones de vida diferente según la naturaleza del sustrato.

Al agrupar estos datos de acuerdo a la técnica de análisis exploratorio (Dendrograma obtenido por la matriz de similitud de Bray-Curts) correlacionamos esta información de acuerdo a su naturaleza. Esto es, tomando en cuenta qué tan similares



son los puntos de recolecta con respecto a las épocas del año y entre la abundancia de las especies y los puntos de recolecta. Este análisis de agrupamiento nos da una información descriptiva de acuerdo a la naturaleza de nuestros datos.

El dendrograma obtenido entre los puntos de colecta y las épocas del año con la abundancia de los organismos, indica qué tan similares son estos puntos (Fig. 17). Podemos observar que los puntos 2 y 4 en lluvias son parecidos y el 4 en secas tiene una distancia de 0.03 de similitud con respecto a los dos anteriores. Esto se explica porque los puntos presentan una abundancia de fauna similar, las condiciones de temperatura y humedad en lluvia son iguales: los nutrientes principales son el nitrógeno, carbono, materia orgánica y potasio. El punto 4 en secas presenta una pequeña variación en el aumento de temperatura y humedad.

El punto 6 es muy distinto a los puntos anteriores ya que los componentes principales son el magnesio, fósforo, sodio y calcio en épocas de secas y en época de lluvias el fósforo y el calcio están en pocas cantidades. Y en cuanto a la fauna es mucho mayor a la de los demás puntos. Por eso, podemos pensar que este punto tiene las condiciones adecuadas (para la asimilación de nutrientes) para que se establezcan estas poblaciones de fauna guanobia o también se puede observar la relación de los murciélagos en época de lluvias con la abundancia de la fauna guanobia en este punto.

Por último consideramos el punto 2 en secas es el más extremoso en cuanto a la abundancia de fauna guanobia encontrada.

La figura 18 representa la similitud entre las especies y sitios de recolecta, presentando dos grupos en general: A y B. En el grupo A se encuentran aquellos organismos que solo se encontraron en el punto 6 de colecta y estos se pueden considerar como independientes a este punto por ser escasos o accidentales.

El grupo B se subdivide en dos: B1 y B2. Para el grupo B2 la familia *Guanolichidae* por un lado y *Antricola* y *Sphaerochthonius* por otro. De estas tres especies podemos comparar que dos de ellas (*Guanolichidae* y *Antricola*) tienen similitudes muy próximas, de lo cual se puede especular que se trata de especies generalistas, ya que se encuentran en todos los puntos de colecta. Al estar presentes en gran abundancia a lo largo de este estudio, significó que son especies troglófilas por excelencia. Por otro lado tenemos, que aunque *Sphaerochthonius* en los tres puntos de colecta en los puntos 2 y 4 está escasamente presente y la similitud con *Antricola* se debe a sus abundancias encontradas en el punto 6 en secas y lluvias. Y como ya se ha podido comprobar, es un sitio ideal en cuanto a las características del guano.

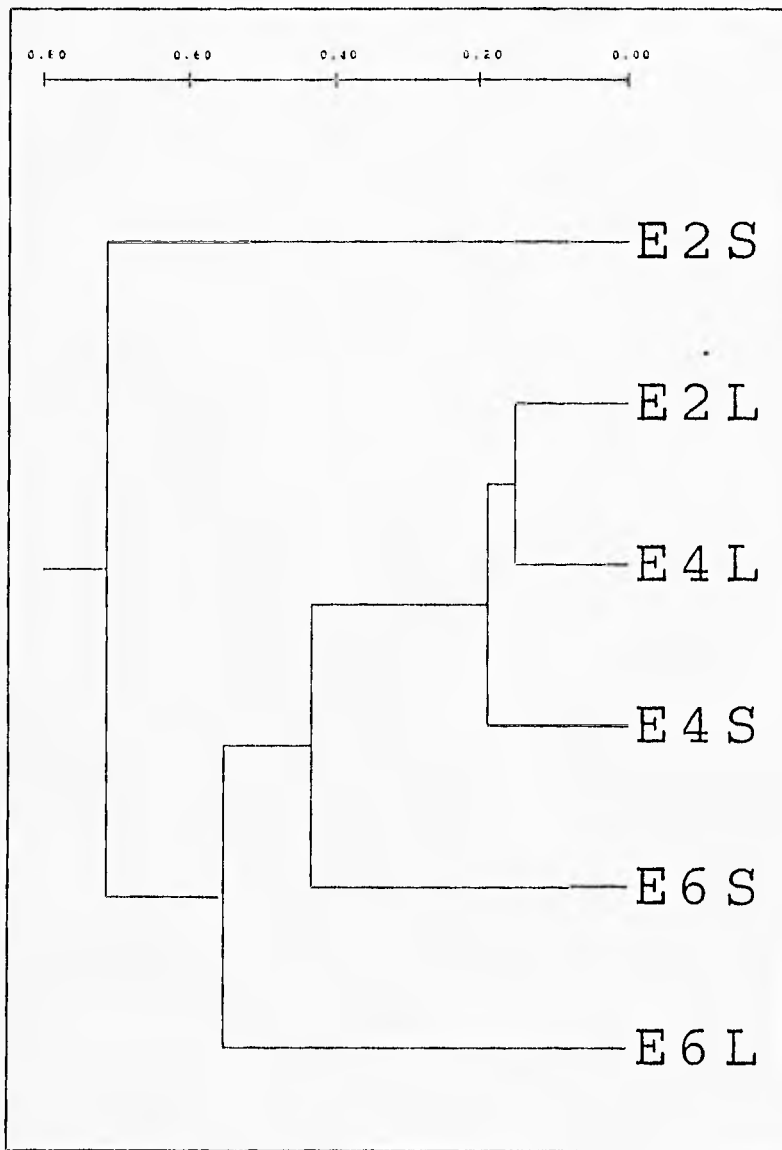


Fig. 17. Dendrograma obtenido entre puntos de colecta y estación del año, por medio del índice de similitud de Bray-Curtis (Ludwig, 1988).

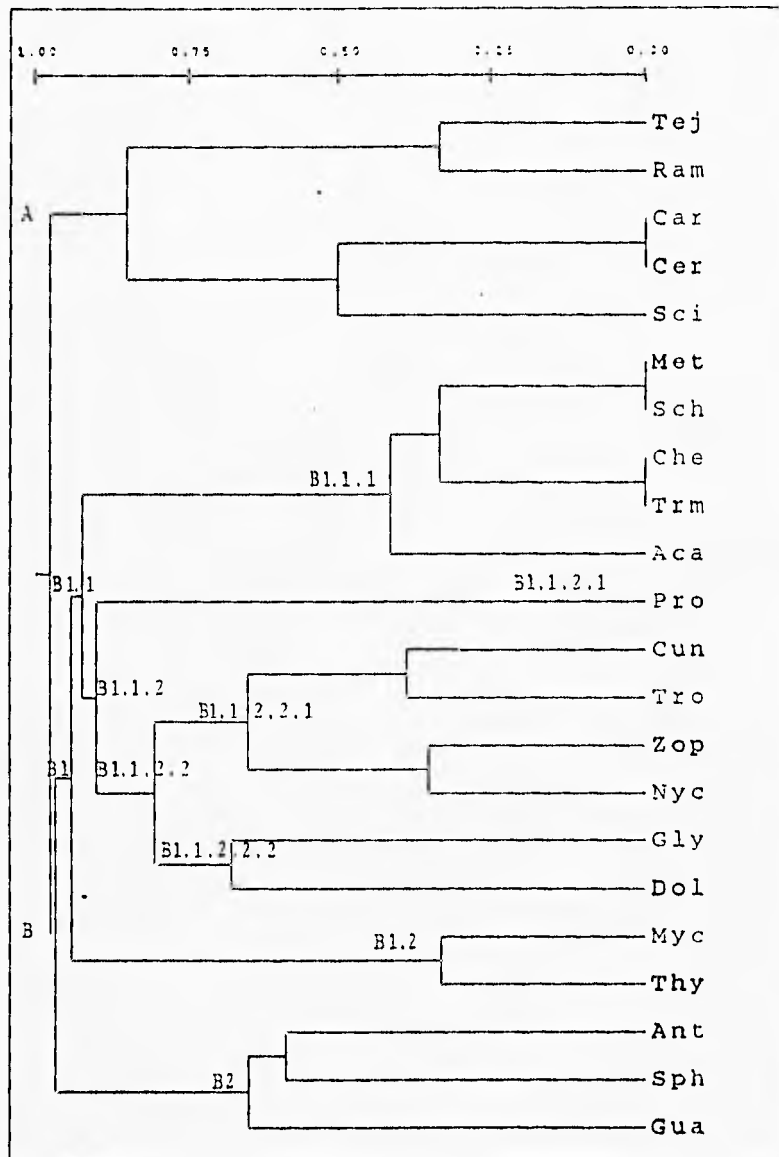


Fig. 18. Dendrograma obtenido entre la fauna guanobia y puntos de colecta, por medio del índice de similitud de Bray-Curtis (Ludwig, 1988).

El grupo B1 se subdivide en los grupos B1.1 y B1.2. En el grupo B1.2 se encuentran solo dos especies, una de Mycetophilidae y la otra de Thysanoptera, debiéndose su similitud a su escasez en el punto 4. Estos organismos son considerados como troglógenos regulares y/o subtroglófilos de cuevas y su presencia en el guano los hace clasificarlos como guanoxenos.

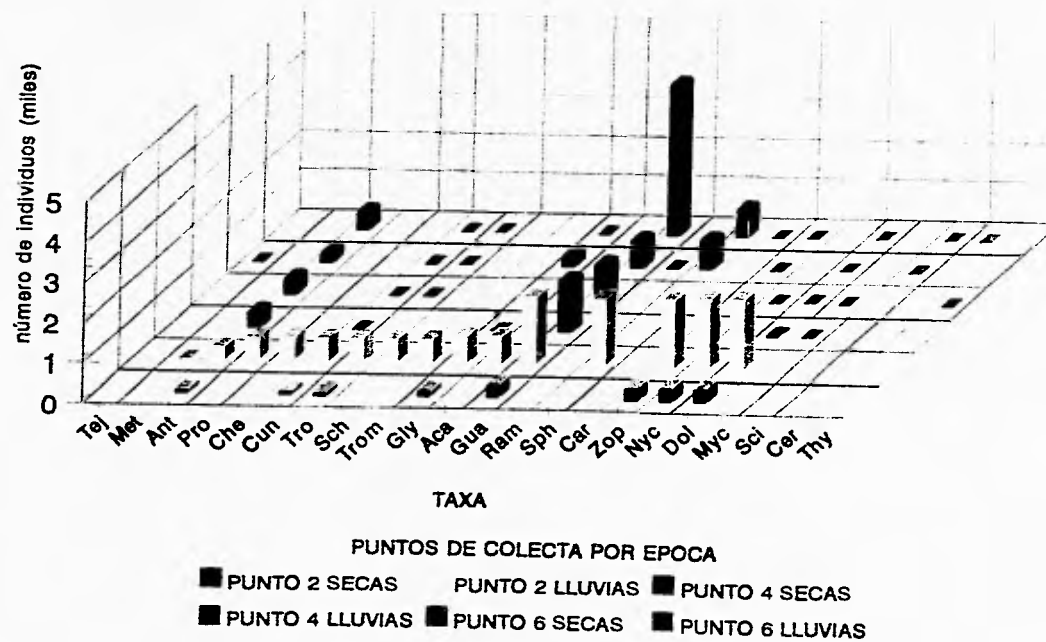
Los del grupo B1.1 se separan en dos grupo: B1.1.1. y B1.1.2. En el grupo B1.1.1. se encuentran especies que están presentes en el punto 2 en lluvias: *Metagynella* y *Schoengastrini* con dos organismos cada uno, mientras que Cheyletidae y Trombiculini con un organismo respectivamente. Acaridae se separa de las especies antes mencionadas por presentarse tanto en el punto 2 como en el 4. Al respecto se puede decir que estas especies son accidentales, foréticas o ectoparásitas de murciélagos.

El grupo B1.1.2. se separa en los grupos B1.1.2.1 y B1.1.2.2: En el B1.1.2.1. están los organismos del orden Prostigmata (fam. gen. sp. no det.) que por encontrarse tan solo en época de lluvias en el punto 2 no le damos una clasificación pero probablemente se trate de organismos troglófilos. Con respecto a su presencia, los consideramos organismos no constantes con abundancia y debido quizá a las características del guano, se establecen en esta época y punto de colecta.

Por último, los del grupo B1.1.2.2. se subdividen en B1.1.2.2.1. y B1.1.2.2.2: Los del grupo B1.1.2.2.1 por presentar poca distancia de similitud y debido a su presencia en el guano, los hemos considerado como constantes (*Zophobas* sp) sin abundancia y los clasificamos como troglófilos al igual que los del grupo B1.1.2.2.2, solo que estos son constantes, más o menos abundantes.

Otra representación más ilustrativa la vemos en la figura 19 en donde podemos observar lo más relevante. En el punto 2 están presentes 15 especies, el punto 6 en secas y lluvias tiene 11. Los organismos más abundantes son Guanolichidae y *Autricola* y su abundancia más notable se registra en la época de lluvias.

Fig.19. NUMERO DE INDIVIDUOS POR EPOCA DEL AÑO Y PUNTOS DE RECOLECTA EN LA CUEVA DEL ARROYO DEL BELLACO



### **Relación de los murciélagos con la abundancia de la fauna guanobia**

Con el propósito de comprender la relación que existe entre las colonias de murciélagos, el guano y la fauna guanobia en la cueva del Arroyo del Bellaco se encontró la siguiente relación:

Cuando aumenta la población de murciélagos en época de secas encontramos que la temperatura y la humedad relativa aumentan, la disponibilidad de nutrientes es poca, la fauna guanobia y riqueza específica disminuye; en lluvias disminuye la temperatura y la humedad, la población de murciélagos disminuye, hay mayor disponibilidad de los nutrientes, la fauna guanobia y la riqueza específica aumentan.

Esta relación la podemos explicar de la siguiente manera: La fauna guanobia en épocas de secas es de 4060 organismos y en épocas de lluvias 8223. En época de secas aumenta la población de murciélagos dentro de la cueva lo que hace que estas poblaciones estén modificando las condiciones espeleoclimáticas de la cueva, hay mayor aporte de guano fresco pero no es rico en nutrientes, debido quizá a que el alimento en el exterior es escaso por la época del año. La fauna guanobia está presente en menor densidad, posiblemente porque se encuentra en estado de resistencia y esto se deba tal vez a un período de reproducción, por lo cual se pudiera suponer que estarían empezando los procesos de descomposición pero de manera muy lenta. En cuanto llega la época de lluvias, la disponibilidad de alimento en el exterior para los murciélagos es favorable aunque baja la población de estos debido tal vez a otros factores (como por ejemplo migraciones locales). Dentro de la cueva el aporte de guano fresco es relativamente bajo por la disminución de murciélagos, pero rico en nutrientes, ya que en esta época muchos insectos en el exterior ya han emergido, para entonces la fauna guanobia se dispara y esta cantidad de organismos están participando activamente en los procesos de descomposición que tienen sobre el guano. Esta actividad es esencial para la liberación de los nutrientes contenidos en la materia orgánica. El aporte hídrico y el efecto de la temperatura hacen más favorable esta degradación y las proporciones de nutrientes se deba tal vez a la rapidez de asimilación de las especies que dependen de estos.

### Discusión (cueva del Arroyo del Bellaco)

El hecho interesante dentro de este trabajo fue el hallazgo de la cueva del Arroyo del Bellaco en la expedición realizada en 1992 en el Estado de Veracruz, a cargo del M. en C. Juan B. Morales Malacara y el Biól. Jesús A. Monterrubio, en compañía (en una de sus visitas a México) del Dr. Jorge de la Cruz y el grupo de biospeleología de la Facultad de Ciencias, a partir del cual se generó el presente estudio. Se hicieron observaciones necesarias y de acuerdo con la experiencia del Dr. de la Cruz, la cueva por presentar las características espeleo-morfológicas particulares fue caracterizada como una "Cueva de Calor".

La cueva del Arroyo del Bellaco se caracterizó por la estabilidad ambiental; es capaz de mantener una temperatura y humedad relativamente constantes. Esto ha permitido a los murciélagos una conservación máxima de energía y las condiciones topoclimáticas han sido favorables para su mantenimiento, encontrándose grandes poblaciones que se concentran en diferentes puntos de la cueva, que ocasionan la formación de los depósitos de guano en grandes proporciones.

El efecto de las poblaciones de murciélagos debido al calor corporal de estos y la descomposición del guano, aunado a la espeleomorfología, es un fenómeno similar al descrito para algunas cavernas de Cuba. Los quirópteros aquí encontrados son el grupo de animales más importantes en esta cueva, ya que constituyen el factor determinante en la conformación del ambiente físico y biológico. El alto porcentaje de humedad en el aire, presentando niveles de saturación, así como la constancia de temperatura elevada y la obscuridad total, han hecho de esta cueva el medio adecuado para que muchas especies se encuentren habitándola. El guano proveniente de los murciélagos insectívoros y todos los factores antes mencionados ha sido de gran importancia para el establecimiento de diversas especies guanobias, guanófilas y guanoxenas.

En cuevas de Cuba estos factores han permitido una guanobiocenosis única, tanto por su composición física como por su riqueza biológica. Esta fauna peculiar está compuesta principalmente por isópodos, ácaros, arácnidos, colémbolos, tisanuros, dictiópteros y coleópteros, los cuales cubren el suelo en cientos de miles y a veces de millones de individuos (Armas, et al., 1990).

Las diferencias de lo que cita Armas y col. (1990) con el presente estudio, son que en la cueva de calor del Arroyo del Bellaco no corresponden totalmente los elementos faunísticos que registran estos autores, ya que nosotros encontramos ácaros, arácnidos, coleópteros y otros insectos.

Debido a la constitución del guano las poblaciones dependen de él, sustentándose de los nutrimentos, por lo que es muy probable que el aumento o el descenso de las densidades de las especies de la fauna guanobia en la cueva del Arroyo del Bellaco se deba a un factor muy importante que es la disminución de nutrimentos por la disponibilidad ó escasez de alimento en el exterior en la época de secas.

En la Cueva El Gato, Sagua la Grande Provincia de Villa Clara, en Cuba, algunas de estas variaciones se explican con base en las densidades observadas de garrapatas en donde encontraron pocos individuos del género *Antricola* sobre guano de murciélagos, en condiciones de temperatura alta (29 °C a 30.6 °C) y humedad relativa no tan extrema (78 %). Por el contrario en condiciones similares pero con humedad relativa mayor, existen poblaciones compuestas por cientos de miles de individuos de garrapatas de este género, por lo que es posible que la humedad sea el factor que limite su desarrollo y otro factor pueda ser la presión que ejerce la presencia de decenas de miles de cucarachas, fundamentalmente *Periplaneta americana* que tienen hábitos omnívoros (Armas, *et. al.*, 1990).

El ejemplo anterior, no es factible en el caso del género *Antricola* que encontramos en la cueva del Arroyo del Bellaco, ya que al contrario de lo antes mencionado por Armas *et al.* (1990), nosotros en épocas de secas la observamos y obtuvimos a esta garrapata en condiciones de temperatura y humedad extrema de 34°C y 96.7 % HR. y la densidad de garrapatas era baja.



## CUEVA DE LA LOMA DE LA RAYA SECA

**Condiciones físicas**

La cueva de la Raya Seca en primavera registró 31 °C y 62 % HR; en otoño 26 °C con 75 % HR y en invierno 20.5 °C y 64 % HR

**Murciélagos que depositan el guano**

Los murciélagos pertenecen a la superfamilia Emballonuroidea, familia Emballonuridae, especie *Balantiopteryx plicata plicata* (insectívoro); superfamilia Phyllostomatoidea familia: Phyllostomidae *Micronycteris megalotis mexicanus* (frugívoro e insectívoro)

**Distribución de los murciélagos dentro de la cueva**

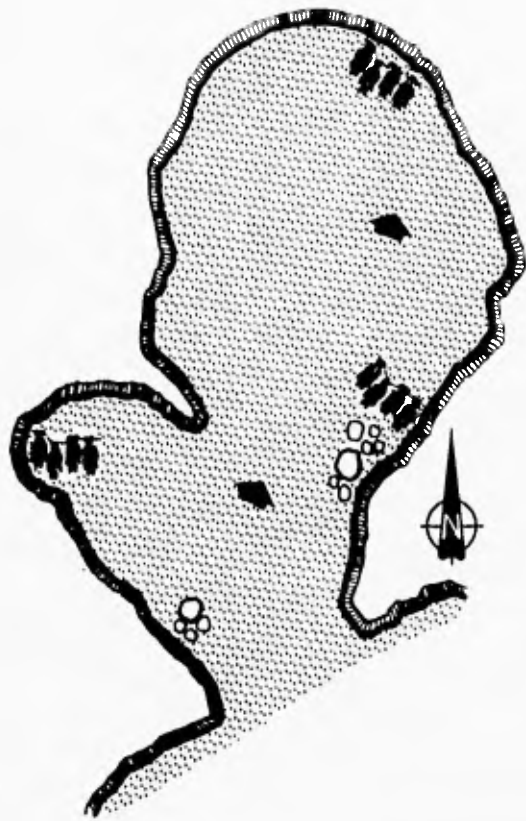
Las colonias de murciélagos se distribuyeron en tres zonas, la población de *Balantiopteryx plicata plicata* se ubicó al final del túnel izquierdo y en la parte media del túnel derecho, mientras *Micronycteris megalotis mexicanus* al final del túnel derecho (Fig. 20). El porcentaje anual promedio fue de 18.75 % para *Micronycteris megalotis mexicanus* y 81.25 % *Balantiopteryx plicata plicata* (Fig. 21). Se colectaron y sacrificaron 16 murciélagos, los cuales fueron depositados en el Laboratorio de Acarología de la Facultad de Ciencias UNAM.

**Composición de la fauna guanobia**

Con las limitaciones que las condiciones del muestreo nos impusieron, ya que este no se llevo a cabo en una estación (ver metodología), tratamos de analizar el comportamiento de las especies según la naturaleza del sustrato y poner de manifiesto si existe una fauna especial asociada a este biotopo. Con este propósito sólo analizamos la riqueza específica y la abundancia de las especies encontradas en el guano de los murciélagos de esta cueva.

El total de muestras revisadas fue de siete, con un peso promedio de 2061.17 gr. (Cuadro 18). Como se puede observar en la cuadro 14, los resultados en los puntos de colecta no fueron equitativos con respecto a su fauna, por lo que se decidió unir la fauna de cada estación para evaluarla de manera cualitativa (Cuadro 15).

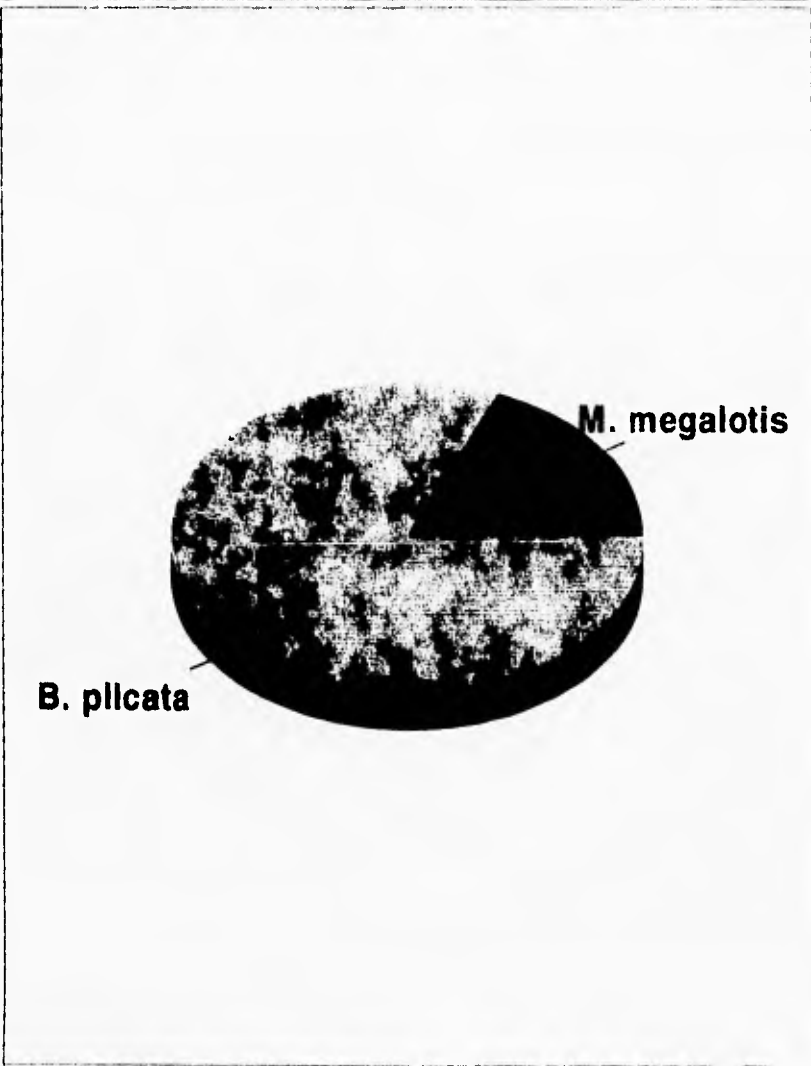
**Fig.20**  
**Cueva de la Loma de la Raya Seca**  
Puente Nacional, Veracruz



pendiente      rocas      colonia de murciélagos

modificado de Morales-Malacara, et al., 1992

**Fig.21. PORCENTAJE DE INDIVIDUOS POR ESPECIE DE MURCIELAGOS DE LA CUEVA DE LA LOMA DE LA RAYA SECA**



Cuadro 14. Número de organismos guanobios por cada punto de colecta, en cada estación, cueva de la Loma de la Raya Seca.

ESTACIONES TAXA	PRIMAVERA			OTOÑO			INVIERNO		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Cheiridiidae						2	25	1	3
<i>Metagynella</i> sp					1	2			
<i>Androaelaps</i> sp	27			7	86	328	30	75	2
Ascidae				4				5	
<i>Ornithodoros</i> sp	10					1	1		
Cheyletidae						1			
Cheyletinae						1			
<i>Pulaeus patzcuarensis</i>	55					101	32		
Tydeidae	119					413	509		
Trombidiidae	23					85	3	3	4
<i>Hoffmaniella</i> sp				1					
<i>Whartonia</i> (A.) <i>glenni</i>						4		1	
Trombiculidae no det.							1		
Trombiculidae no det.								1	
Trombiculidae no det.	1								
Scutacaridae								1	
Acaridae							5		
<i>Hypothonius</i> sp					1				
<i>Cryptoplophora</i> sp						1			
<i>Aphelacarus</i> sp	1						9		
<i>Pseudosinella</i> sp					1				
<i>Lepisma saccharina</i>	14					85	51	3	5
<i>Lipocelis bostrychophila</i>	40				4	329	64	174	42
<i>Psyllipsocus</i> ca. <i>yucatan</i>	123					14	7	49	6
<i>Pachytroctes ixtapaensis</i>						15			
Hemiptera no det.								1	2
Dermestidae	15					23	13	3	3
Coleoptera no det.						8		5	
Canillidae							1		
Psychodidae								1	
Phoridae									3
Mycetophilidae								1	
<i>Megalomyrmex</i> sp	1								
<i>Solenopsis</i> sp	1						2	3	3
Larvas no det.	3						1	5	

Cuadro 15. Total de organismos guanobios por estación, cueva de la Loma de la Raya Seca

TAXA	PRIMAVERA	OTOÑO	INVIERNO	TOTAL
Cheiridiidae		2	29	31
<i>Metagnella</i> sp		3		3
<i>Androaelaps</i> sp	27	421	107	555
Ascidae		4	5	9
<i>Ornithodoros</i> sp	10	1	1	12
Cheyletidae		1		1
Cheyletinae		1		1
<i>Pulaeus patzwariensis</i>	55	101	32	188
Tydeidae	119	413	509	1041
Trombidiidae	23	85	10	118
<i>Hoffmannella</i> sp		1		1
<i>Whartonia</i> (A.) <i>glemi</i>		4	1	5
Trombiculidae no det.			1	1
Trombiculidae no det.			1	1
Trombiculidae no det.	1			1
Scutacaridae			1	1
Acaridae			5	5
<i>Hypochothonius</i> sp		1		1
<i>Cryptoplophora</i> sp		1		1
<i>Aphelacarus</i> sp	1		9	10
<i>Pseudosinella</i> sp		1		1
<i>Lepisma saccharina</i>	14	85	59	158
<i>Lipocelis bastrychophila</i>	40	353	280	653
<i>Psyllipsocus ca. yucatan</i>	123	14	62	199
<i>Pachytroctes ixtapaensis</i>		15		15
Hemiptera no det.			3	3
Dermeestidae	15	23	19	57
Coleoptera no det.		8	5	13
Camillidae			1	1
Psychodidae			1	1
Phoridae			3	3
Mycetophilidae			1	1
Dolichopodidae		559		559
<i>Megalomyrmex</i> sp	1		8	9
<i>Solenopsis</i> sp	1			1
Larvas no det.	3		6	9
TOTALES	433	2077	1159	3669

---

**Phyllum Artropoda****Subphyllum Chelicerata****Clase Arachnida****Orden Pseudoscorpiones**

## Familia Cheiridiidae

**Clase Acarida****Subclase Parasitiformes****Orden Mesostigmata**

## Suborden Dermanyssina

## Cohorte Gamasina

## Superfamilia Ascoidea

## Familia Ascidae

## Gen. y sp. no det.

## Superfamilia Dermanyssoidea

## Familia Laelapidae

*Androlaelaps* sp

## Cohorte Uropodina

## Superfamilia Uropoidea

## Familia Uropodidae

*Metagynella* sp**Orden Metastigmata**

## Superfamilia Ixodoidea

## Familia Argasidae

*Ornithodoros* sp**Subclase Acariformes****Orden Prostigmata**

## Suborden Promata

## Cohorte Eupodostigmata

## Superfamilia Bdelloidea

Familia Cunaxidae

*Pulaeus patzcuarensis*

Superfamilia Tydeoidea

Familia Tydeidae

Cohorte Eleutherogonina

Superfamilia Cheyletoidea

Familia Cheyletidae

Gen. y sp. no det.

Subfamilia Cheyletinae

Gen. y sp. no det.

Cohorte Heterostigmata

Superfamilia Pygmepheroidea

Familia Scutacaridae

Gen. y sp. no det.

Suborden Parasitengona

Superfamilia Trombioidea

Familia Trombidiidae

Familia Trombiculidae

*Hoffmaniella* sp

*Whartonia (Asolentria) glenni*

Gen. y sp. no det. 1

Gen. y sp. no det. 2

Gen. y sp. no det. 3

#### **Orden Astigmata**

Familia Acaridae

Gen. y sp. no det.

#### **Orden Cryptostigmata**

Suborden Macropyliodes

Cohorte Bifemoratina

Superfamilia Ctenacaroidea

Familia Aphelacaridae

*Aphelacarus* sp

Suborden Oribatei  
Cohorte Enarthronota  
Superfamilia Hypochthonoidea  
Familia Hypochthoniidae  
*Hypochthonius* sp  
Superfamilia Protoplophoroidea  
Familia Protoplophoridae  
*ca. Cryptoplophora*

**Subphyllum Mandibulata**

**Clase Insecta**

**Subclase Apterygota**

**Orden Collembola**

Familia Entomobryidae  
*Pseudosinella* sp

**Orden Thysanura**

Familia Lepismatidae  
*Lepisma saccharina*

**Subclase Pterygota**

**Orden Psocoptera**

**Suborden Troctomorpha**

Familia Liposcelidae  
*Liposcelis bostrychophila*  
Familia Psyllipsocidae  
*Psyllipsocus ca. yucatan*  
Familia Pachytroctidae  
*Pachytroctes ixtapanensis*

**Orden Hemiptera**

Fam. no det.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



**Orden Coleoptera**

Familia Dermestidae

Fam. no det.

**Orden Diptera**

Suborden Nematocera

Familia Psychodidae

Familia Mycetophilidae

Suborden Brachycera

Familia Dolichopodidae

Suborden Cyclorrhapha

Familia Phoridae

Familia Camillidae

**Orden Hymenoptera**

Suborden Apocrita

Familia Formicidae

*Solenopsis* sp*Megalomyrmex* sp

### Distribución porcentual de la fauna guanobia

Los artrópodos colectados en el guano de esta cueva sumaron un total de 3669, el número de especies encontradas fue de 35, sin contar las larvas no identificadas. El grupo de los ácaros tuvieron un porcentaje de 53.28 %, los insectos 45.87 % y arácnidos 0.84 % (Fig. 22).

El porcentaje de taxones en orden decreciente fue: 37.04% Prostigmata; 23.63% Psocoptera; 15.45% Mesostigmata; 15.39% Diptera; 4.3% Thysanura; 1.9% Coleoptera; 0.84% Pseudoscorpiones; 0.32% Metastigmata y Cryptostigmata respectivamente; 0.27% Hymenoptera; 0.24% Larvas no det.; 0.13% Astigmata; 0.08% Hemiptera y 0.02% Collembola (Fig. 23).

La riqueza específica en orden decreciente fue de: Prostigmata 11 especies, cinco de estas son ectoparásitos de murciélago; Diptera cinco especies; Mesostigmata, Cryptostigmata y Psocoptera con tres especies cada uno; Hymenoptera y Coleoptera dos ; Pseudoscorpiones, Metastigmata, Astigmata, Collembola, Thysanura, Hemiptera con una especie cada orden (Cuadro 16, Fig. 25).

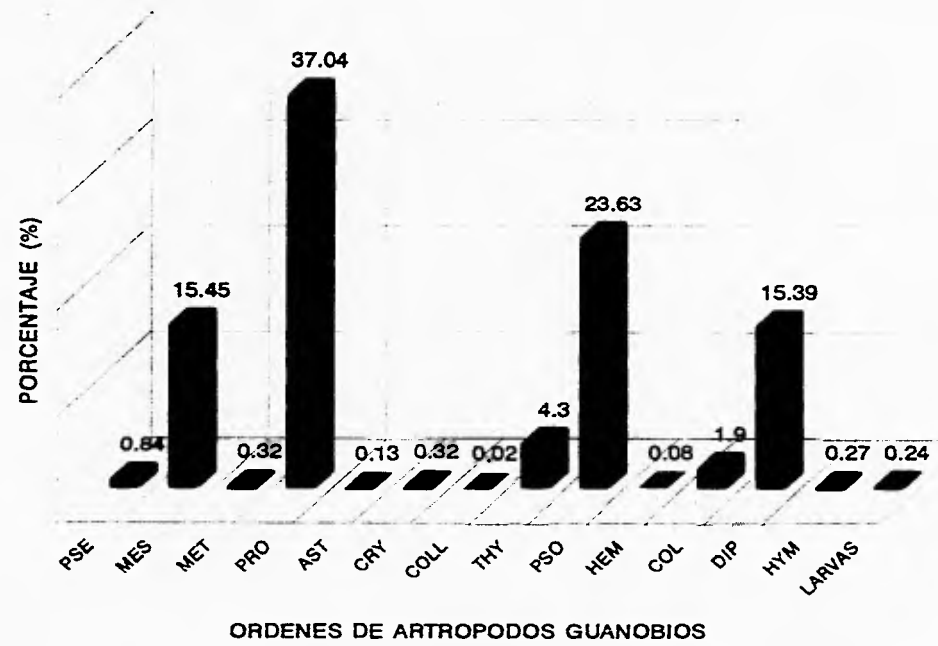
Cuadro 16. Riqueza faunística en el biotopo guano

ORDEN	ESPECIES
Pseudoscorpiones	Cheiridiidae
Mesostigmata	<i>Metagynella</i> sp, <i>Androelaelaps</i> sp, Ascidae
Metastigmata	<i>Ornithodoros</i> sp
Prostigmata	Cheyletidae, Cheyletinae, <i>Pularuz patzcuarensis</i> , Tydeidae, Trombiidae, <i>Hoffmaniella</i> sp, Scutacaridae, <i>Whartonia</i> (A.) <i>glenni</i> , Trombiculidae no det. spp 1,2,3.
Astigmata	Acaridae
Cryptostigmata	<i>Hypochthonius</i> sp, <i>Cryptopliphora</i> sp, <i>Aphelacarus</i> sp
Collembola	<i>Pseudosinella</i> sp
Thysanura	<i>Lepisma saccharina</i>
Psocoptera	<i>Lipocelis bastrychophila</i> , <i>Psyllipsocus</i> ca. <i>yucatan</i> , <i>Pachytroctes ixtapaensis</i>
Hemiptera	Fam. gen. sp. no det.
Coleoptera	Dermestidae, Fam. gen. sp. no det.
Diptera	Camillidae, Psychodidae, Mycetophilidae, Dolichopodidae Phoridae,
Hymenoptera	<i>Megalomyrmex</i> sp, <i>Solenopsis</i> sp

Fig.22. PORCENTAJE DE GRUPOS DE ARTROPODOS GUANOBIOS DE LA CUEVA DE LA LOMA DE LA RAYA SECA



**Fig. 23. PORCENTAJE DE TAXA DE ARTROPODOS GUANOBIOS  
EN LA CUEVA DE LA LOMA DE LA RAYA SECA**



### Análisis faunístico

En esta cueva los recursos alimenticios macroscópicos son principalmente una combinación de productos orgánicos transportados por el aire o por los animales que ocupan la cueva como refugio; hongos y guano de murciélagos.

En general los murciélagos no forman colonias grandes en la cueva y los depósitos de guano son relativamente pequeños, aunque sí existen interesantes comunidades de animales guanófilos.

Los lisanuros son un grupo primitivo de insectos apterigotos, generalmente conocidos con el nombre de pescaditos de plata. Son muy comunes en los trópicos y subtropicos, pero se encuentran también en las partes más cálidas de las regiones templadas. Se han citado cinco especies cavernícolas de México, principalmente de la familia Nicoletiidae. Estos insectos se alimentan de guano y detritus vegetales (Hoffmann *et al.*, 1986). En general prefieren lugares secos y oscuros, y son frecuentes bajo cortezas de árboles, en los tallos de muchas plantas y en la hojarasca amontonada en lugares secos del suelo. Por ello, es un grupo pobremente representado en la fauna hipogea. Su presencia en el guano de esta cueva y el número de organismos encontrados reitera lo antes mencionado por Hoffmann *et al.* (1986).

Del orden Collembola sólo se encontró un organismo del género *Pseudosinella* (Entomobryidae). Este género en particular posee el mayor número de formas troglóbias. En las zonas profundas de las cuevas suelen pulular por cientos sobre restos aislados de madera muerta o pequeñas deyecciones de guano de quirópteros. En este caso fue raro encontrar un sólo colembolo ya que la abundancia de estos organismos en el medio hipogeo está relacionada con su adaptación a la nutrición omnívora que les permite utilizar todo tipo de restos orgánicos. Lo que se podría suponer es que estos organismos constituyen una fuente importante de alimento para las formas carnívoras que depredan sobre ellos y que se encuentran en esta cueva como son los derméstidos o algunos ácaros Prostigmata.

De la familia Ascidae (Mesostigmata) podemos mencionar que se han registrado para cuevas de México en un número indeterminado del género *Melichares* en el "Hoyo de Don Nicho", Chiapas. Son ácaros depredadores y comedores de polen. Se han registrado especies como depredadoras de formas jóvenes de Acaridae. Son abundantes en acumulaciones de materia orgánica y frecuentes en nidos de aves. En esta cueva se encontraron nueve organismos de este género.

Las garrapatas del género *Ornithodoros* (Argasidae) son comunes en cuevas

cubanas y de México, pero han sido recolectadas sobre estructuras parietales, permanecen resistentes a la deshidratación y por tanto, están adaptadas a los ambientes más o menos secos. Nosotros encontramos 12 organismos sobre el guano en esta cueva. Estos argásidos como todas las garrapatas son parásitas, al menos en algún momento de su vida, ya que se alimentan de los fluidos (sangre, linfa, tejidos) de un huésped como aves y pequeños mamíferos existen excepciones en cuanto a su alimentación en algunas especies que en los siguientes estadios de su ciclo de vida no son parásitos como los adultos del género *Otobius*, ninfas y adultos del género *Antricola* y *Parantricola*, o la primera ninfa de algunas especies del género *Alectorobius* o las larvas del género *Ornithodoros* (Cruz, 1987). En el caso de los argásidos encontrados podemos decir que las larvas sí son ectoparasitas, *O. (A.) dyeri* es ectoparásito del murciélago *Balantiopteryx plicata plicata*.

Los trombicúlidos como ya hemos mencionado, son ectoparásitos proteliosos de murciélagos por lo que su presencia en guano es ocasional en estadios ninfales y adultos. En esta cueva se encontraron cinco especies, dos de ellas son ectoparásitas de *Balantiopteryx p. plicata*, las tres restantes no se pudieron determinar ya que los organismos se encontraban muy dañados.

Se encontró un organismo de la familia Scutacaridae estos organismos se encuentran asociados con moscas, hormigas, abejas y escarabajos; en camas de paja, humus, nidos de aves y pequeños mamíferos, por lo que su presencia en el guano fue tal vez de foma accidental.

Organismos de la familia Tydeidae se encontraron en grandes cantidades sobre el guano. Esta familia se cita como depredadora y se ha encontrado en musgo, paja, suelo, hongos, nidos de aves, sobre plantas, productos almacenados, líquenes, brotes de higuera, limoneros y fresnos, y se les considera fungívoros, polinófagos, y fitófagos facultativos.

Cunaxidae son depredadores de ácaros e insectos, viven en líquenes y en el suelo. La especie *Pulaeus patzcuarensis* fue abundante en el guano de esta cueva.

Los sócopteros de cuevas se encuentran representados por varias familias, una de las mejor representadas es Liposcelidae. Algunos son detritívoros y se les localiza más frecuentemente en las entradas de los medios subterráneos. En la cueva se encontraron tres especies de estos organismos los cuales fueron el segundo orden de artrópodos más abundante. Colectas de suelo en el exterior de la cueva demostraron que no se encontraron fuera de ésta, por lo que sus representantes encontrados en el guano son clasificados como guanófilos.

Los dípteros de la familia Phoridae han sido colectados ocasionalmente en

cuevas mexicanas (Reddell, 1981). Estos organismos son menos dependientes de la presencia de quirópteros, ya que en ausencia del guano (o cuando el suministro es pequeño e interrumpido) pueden alimentarse de otros materiales orgánicos en descomposición. Su presencia en la cueva fue ocasional y lo clasificamos como organismos guanófagos.

Como ya se mencionó, los dolícopódidos son especies guanófilas. Dos especies de esta familia habitan en cuevas mexicanas *Chrysotus* sp y *Peloreopeodes cornutas*, pero han sido reportadas en guano. Algunas especies son troglófilas (Reddell, 1981).

Las hormigas (Hymenoptera; Formicidae) son muy frecuentes en cuevas; se han registrado para cuevas de México 81 especies, aunque generalmente las encontramos en las entradas de cuevas (troglóxenas). La especie *Solenopsis germinata* se ha encontrado en Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco, Veracruz, Campeche y Yucatán (Reddell, 1981). En el guano de esta cueva se encontraron escasos organismos de dos géneros *Megalomyrmex* y *Solenopsis*, que fueron atraídas tal vez por la materia orgánica en descomposición.

#### **Análisis químicos**

Según los resultados obtenidos en los análisis químicos del guano de murciélago, en esta cueva (Cuadro 17) se puede mencionar que el pH es ligeramente ácido en relación con el alto porcentaje de materia orgánica (73.7%), por lo que es probable que otros factores influyen en este aspecto, como la acumulación de amonio y nitritos producto de los desechos líquidos de los murciélagos.

Con respecto a los nutrientes, el guano es rico en fósforo, nitrógeno y magnesio; pobre en calcio, potasio y sodio. Esto considerando que el guano en esta cueva está en pocas cantidades.

El calcio y el potasio son macronutrientes esenciales para las plantas y animales. El sodio no es esencial con lo anterior pero sí lo es para los animales, aunque sea en cantidades pequeñas.

En general se puede decir que el pH de esta cueva es óptimo para que todos los nutrientes se encuentren razonablemente disponibles y pueda sustentar a una comunidad de organismos en el guano.

Cuadro 17. Resultados del análisis químico del guano, cueva de la Loma de la Raya Seca.

pH	6.4
Calcio meq/ 100 gr.	0.40
Magnesio meq/ 100 gr.	15.6
Potasio meq/ 100 gr.	0.19
Sodio meq/ 100 gr.	0.15
Nitrógeno	5.6
Fósforo ppm	7336
% carbono	42.7
% materia orgánica	73.7
C/N	7.6

Cuadro 18. Peso de cada muestra de guano, cueva de la Loma de la Raya Seca.

ESTACION	PRIMAVERA	OTOÑO			INVIERNO		
		1	2	3	1	2	3
P.C.	1	1	2	3	1	2	3
PESO FRESCO	361.3	254.5	307	292	409.1	235.5	202.3
PESO SECO	321.3	209	164.3	241.7	237.3	201.6	194.3

P. C. = PUNTOS DE COLECTA



## VII. ANALISIS COMPARATIVO DE LA FAUNA GUANOBIAS DE LAS DOS CUEVAS

Existen pocos estudios que involucren algunos análisis químicos del guano tanto de México como en otros países, en este sentido. Por esta razón es que no contamos con resultados obtenidos de otros estudios mas completos, pero si nos es posible decir que existen ciertas ventajas nutricionales en cada una de las cuevas.

El guano en ambas cuevas representa un componente edáfico capaz de sustentar una diversidad de comunidades guanobias debido a su rica composición. La diversidad o variaciones de las poblaciones va a depender del sustento nutricional o aporte de energía producto del guano que cuando empieza a decrecer es continuamente renovada por los murciélagos, haciendo esa fuente de vida inagotable.

Podemos considerar a ciencia cierta que el guano es la base de la diversidad y la densidad poblacional de organismos por el aporte de nutrimentos y materia orgánica, no obstante que estos se vuelven disponibles por la descomposición de la materia orgánica y pueden o no ser aprovechados en forma de cationes. La materia orgánica se mineraliza por acción de algunos microorganismos aportando nutrientes como nitrógeno, calcio, sodio, potasio, magnesio y carbono; también puede humificarse e incrementar así la capacidad de intercambio catiónico total, indicador importante de la fertilidad potencial del sustrato.

El conjunto de aportes, difícil de cuantificar y muy variable de una cueva a otra, es el sustento tanto de la fauna guanoxena con mayor riqueza específica de una zona de penumbra en el caso de la cueva de la Loma de la Raya Seca o en menor proporción, de guanobios o guanófilos de la zona profunda en la Cueva del Arroyo del Bellaco.

La densidad de los organismos en términos comparativos constituye la guanofauna cavernícola, muy diferente una de otra, aún tratándose de un guano que proviene de murciélagos insectívoros de las diferentes especies encontradas.

Los recursos nutritivos están en diferentes cantidades, tanto en las dos cuevas como en una sola, como en el caso de la cueva del Arroyo Bellaco en donde los mismos recursos están distribuidos muy desigualmente en los puntos de colecta, tanto espacial como temporalmente; espacialmente existen concentraciones de materia orgánica en los tres puntos de colecta y temporalmente cambia esta concentración tanto en época de secas como en la época de lluvias.

Se puede hacer una relación de diversidad, densidad o variaciones de las

poblaciones de la fauna guanobia según el tipo de guano vertido. En la cueva del Arroyo del Bellaco se estableció una relación en dos diferentes épocas del año ; la época de lluvias que comprende las estaciones verano y otoño y la época de secas en primavera e invierno. Tomando en cuenta que las poblaciones de murciélagos en esta cueva son mayores en la época de secas y en la época de lluvias disminuyen, se obtiene lo siguiente:

Secas- A mayor número de murciélagos, es mayor el aporte que vierten de guano fresco, pero la fauna guanobia disminuye en abundancia así como el número de especies en este sustrato.

Lluvias- A menor número de murciélagos, es menor el aporte de guano y la fauna guanobia aumenta considerablemente como el número de especies representadas.

Esta relación no pretende ser tan tajante, sino que se dió de acuerdo con los resultados obtenidos. Ya se ha explicado en la interpretación de los nutrimentos, en particular de cada cueva o bien en la discusión general.

Respecto a la composición faunística de ambas cuevas resultó tener una asociación de las dos faunas a partir de la prueba de  $X^2$  (chi cuadrada). La  $X^2$  fue mayor a la de tablas (3.84) con 95 % de confiabilidad y un grado de libertad  $X^2(1) 0.05$ .

Es muy común utilizar la  $X^2$  como prueba estadística para este caso ya que las variables a considerar son discretas (por ejemplo, presencias, frecuencias, abundancia).

Adicionalmente para ver la asociación se utilizaron los datos del cuadro comparativo de la fauna guanobia de las dos cuevas (Cuadro 19) a través de una tabla de contingencia (Cuadro 20) con dos valores de las celdas de la matriz de acuerdo a Ludwig y Reynolds (1988):

$$X^2 = \frac{N(A \times D - B \times C)^2}{n_1 n_2}$$

donde  $N = A + B + C + D$

A = número de spp. presentes en ambos estratos

B = número de spp. presentes en el primer estrato pero no en el segundo

C = número de spp. presentes en el segundo estrato pero no en el primero

D = número de spp. no compartidas ( que estan en A o en B pero no en ambas )

Cuadro 19. CUADRO COMPARATIVO DE LA FAUNA GUANOBIOTA DE LAS DOS CUEVAS EN ESTUDIO

El material que se obtuvo fue en su mayor parte identificado sólo hasta nivel de familia y en algunos casos, hasta nivel de orden. Cuando fue posible se identificó hasta género y especie. Los artrópodos que ocurrieron en el guano de las dos cuevas se enlistan a continuación.

TAXA	BELLACO	RAYA SECA
<b>Pseudoscorpiones</b>		
Cheiridiidae		X
<i>Tejachernes</i> sp	X	
<b>Acarida</b>		
Ascidae		X
<i>Androlaelaps</i> sp		X
<i>Metagynella</i> sp	X	X
<i>Ornithodoros</i> sp		X
<i>Antricola</i> sp	X	
Prostigmata Fam. no det.	X	
<i>Pulaeus patzcuarensis</i>		X
<i>Cunaxoides</i> n. sp	X	
Tydeidae		X
Trombidiidae	X	X
Trombiculidae no det. sp 1		X
Trombiculidae no det. sp 2		X
Trombiculidae no det. sp 3		X
<i>Hoffmaniella</i> ?		X
<i>Whartonia glenni</i>		X
Schoengastini	X	
Trombiculini	X	
Cheyletidae	X	X
Cheletinae		X
Scutacaridae		X

Acaridae	X	X
Glycyphagidae	X	
<i>Sphaerochthonius</i> sp	X	
<i>Hypochthonius</i> sp		X
<i>Cryptoplophora</i> sp		X
<i>Aphelacarus</i> sp		X
<i>Scutobelbella</i> sp	X	
<i>Ramusella</i> (R.) sp	X	
<b>Collembola</b>		
<i>Pseudosinella</i>		X
<b>Thysanura</b>		
<i>Lepisma saccharina</i>		X
<b>Psocoptera</b>		
<i>Liposcelis bostrychophila</i>		X
<i>Psyllipsocus</i> ca. <i>yucatan</i>		X
<i>Pachytroctes ixtapanensis</i>		X
<b>Hemiptera</b>		
Fam. no det.		X
<b>Coleoptera</b>		
<i>Zophobas</i> sp	X	
Carabidae	X	
Dermestidae		X
Fam. no det.		X
<b>Diptera</b>		
<i>Nycteriphylia fairchildi</i>	X	
Mycetophilidae	X	X
Dolichopodidae	X	X
Camilidae		X
Sciaridae	X	
Ceratopogonidae	X	
<b>Hymenoptera</b>		
<i>Solenopsis</i> sp		X
<i>Megalomyrmex</i> sp		X
<b>Thysanoptera</b>	X	

Cuadro 20. Tabla de contingencia 2x2 para asociación de especies

		ESPECIES		
		PRESENTES	AUSENTES	
ESPECIES A	PRESENTES	a	b	m=a+b
	AUSENTES	c	d	n=c+d
		r= a+d	s= b+c	N= a+b+c+d

Lo que se pretendió a partir de esta prueba, fue el poder probar la hipótesis que nos planteamos al inicio de este trabajo en la cual se indicó que entre las dos faunas (en las dos cuevas) no habría una asociación, ya que la composición del guano y las características de cada cueva son muy diferentes. Por lo que la hipótesis alterna se referiría a que esta asociación se debe, principalmente, a que son faunas que se encuentran en el guano de murciélago insectívoro, lo cual puede ser independiente una de la otra por la diferencia en cuanto a componentes, o bien porque en las dos cuevas se mantienen comunidades de organismos muy estables, dominada por determinadas especies.

## VIII. DISCUSION GENERAL

Como ya se ha discutido con anterioridad, el guano constituye un medio muy especializado gracias a las características físicas particulares en cada cueva. La sintusia guanófila que se observó comprendió desde formas que se alimentan de guano y otras que depredan sobre organismos guanobios.

En virtud de que el guano en ambas cuevas fue depositado por murciélagos insectívoros, la diferencia espeleomorfofogenética de cada cueva hizo posible estructurar y comprender la importancia que tiene este guano, que es rico en nutrientes inorgánicos. Con base en estos podemos especular la marcada diferencia (por todos los factores que están involucrados) que determina la riqueza y abundancia de especies en cada cueva (Figs. 24 y 25). Un estudio más profundo, que incluya una metodología más detallada encaminada a más períodos de colecta y un análisis "bromatológico" (que incluya proteínas, lípidos, aminoácidos etc.) nos daría más información al respecto.

A fin de que pueda entenderse la importancia de los nutrimentos, hemos analizado las posibles relaciones en cuanto al porcentaje y la influencia de estos para poder comparar la diferencia de las faunas.

Podemos manifestar que el guano en el punto 6 (cueva del Arroyo del Bellaco) resultó tener las condiciones más favorables para el establecimiento de fauna guanobia, con una abundancia superior a las de los otros dos puntos (2 y 4).

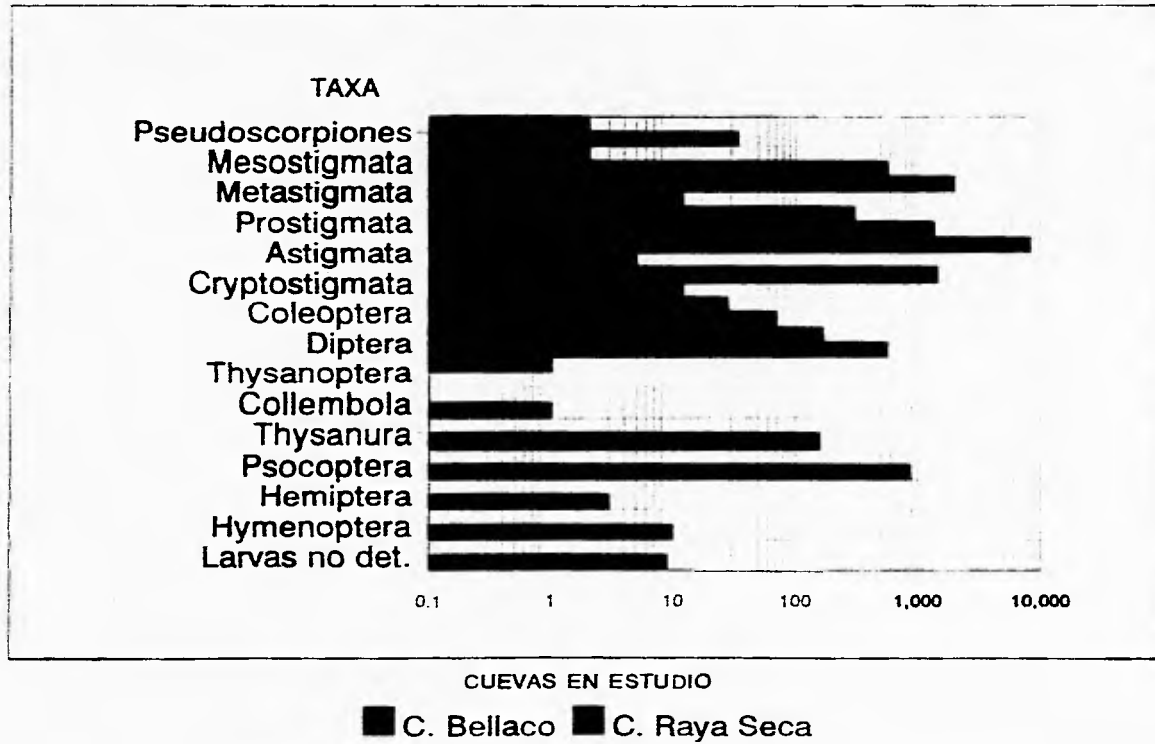
El pH es relativamente menos ácido gracias a la concentración de bases presentes: calcio, magnesio, sodio. La cantidad de calcio hace las reacciones próximas a la neutralidad y le es favorable a la mayoría de los organismos.

La relación carbono/nitrógeno (% C/N) coincide con la dinámica que se está llevando a cabo en el guano, ya que esto produce los carbohidratos y proteínas asimilables para los organismos.

La abundancia de fósforo se debe a la influencia de pH. El potasio fue bajo, por lo que pensaríamos que la proporción de organismos lo estén utilizando. Para la época de lluvias esta relación se hace también notoria en los puntos de colecta 2 y 4.

Por último, en el caso que se hubieran colectado las muestras de guano en la estación de verano en la cueva de Loma de la Raya Seca, se tendría una abundancia de organismos mayor en la época de secas en comparación a la de lluvias. Lo que haría suponer que los resultados de los análisis químicos y la interpretación de estos hacen en esta época, que las condiciones sean más estables para la dinámica de la fauna guanobia en esta cueva.

Fig.24. ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE FAUNA GUANOBIOTA DE LAS DOS CUEVAS EN ESTUDIO  
CUADRO COMPARATIVO

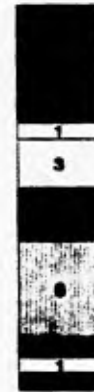


**Fig.25. COMPARACION DE RIQUEZA FAUNISTICA EN EL BIOTOPO GUANO DE LAS DOS CUEVAS ESTUDIADAS**

Cueva de la Loma de la Raya Seca



Cueva del Arroyo del Bellaco



**GRUPOS FAUNISTICOS**

- Pseudoscorpionida
- Mesostigmata
- ▣ Metastigmata
- Prostigmata
- Astigmata
- Cryptostigmata
- Coleoptera
- Diptera
- Thysanoptera
- ▣ Collembola
- ▣ Thysanura
- ⊕ Paucoptera
- Hemiptera
- Hymenoptera

NUMERO DE ESPECIES POR CUEVA



Por lo que se refiere a las especies encontradas en la cueva de la Loma de la Raya Seca fué mayor a la del Arroyo del Bellaco. Esto es fácil de suponer, ya que las condiciones morfogenéticas de la cueva, más la influencia del exterior, hacen posible esta manifestación de especies.

## IX. CONCLUSIONES

Las condiciones bioespeleomorfológicas en cada cueva son muy distintas. La cueva del Arroyo del Bellaco fue considerada una "cueva de calor" por sus características espeleoclimáticas parecidas a las cuevas de calor de Cuba. Esta cueva tiene menos influencia del exterior (con respecto a la cueva de la Loma de la Raya Seca) por presentar una trampa de calor que inicia con una entrada muy estrecha. La cueva de la Loma de la Raya Seca presentó mayor interacción con el medio externo. Esto representó una notable diferencia en cuanto a los elementos faunísticos encontrados en cada una de las cuevas.

Las especies de murciélagos que depositan el guano en ambas cuevas son insectívoras. No obstante que la composición y características del guano resultó ser diferente en cada cueva. Los murciélagos insectívoros en la cueva del Arroyo del Bellaco están representadas por cuatro especies de la familia Mormoopidae: *Mormoops megalophila*, *Pteronotus davyi*, *P. personatus*, *P. parnelli* y una especie de la familia Natalidae, *Natalus stramineus*. En la cueva de la Loma de la Raya Seca las especies de murciélago fueron dos *Balantiopteryx plicata plicata* (Emballonuridae) y *Micronycterix megalotis megalotis* (Phyllostomatidae).

Debido a que se contó con poca información de muestreos estacionales en la cueva de la Loma de la Raya Seca, no se obtuvo un análisis representativo en cuanto a la disponibilidad de nutrimentos, ni de la fauna en el guano en épocas de secas y lluvias.

Por lo que se refiere a la cueva del Arroyo del Bellaco, la mayor disponibilidad de nutrientes en el guano fue en la época de lluvias, y es rico en nitrógeno, carbono, potasio y materia orgánica. En época de secas, estos nutrientes estaban en menores cantidades; el magnesio, fósforo, sodio y materia orgánica se encontraban presentes en buenas proporciones. El pH en ambas épocas (lluvias y secas) varió de ácido a fuertemente ácido, relacionándose principalmente con el alto contenido de materia orgánica.

Se detectó muy poca variación de las comunidades guanobias en relación con la diferentes épocas del año. Gracias a la obtención de los análisis químicos de las muestras de guano de murciélago insectívoro, se explicó la relación de diversidad, riqueza específica y abundancia poblacional de la fauna guanobia.

La diversidad de fauna guanobia en ambas cuevas está representada solo por tres grupos faunísticos: Arachnida, Acarida e Insecta. En las dos cuevas predominaron los ácaros y la riqueza faunística fué de 46 especies, siendo los taxa más abundantes Guanolichidae, *Antricola* y Glycyphagidae.

Entre las similitudes que presentaron ambas cuevas respecto a su fauna son: Poca diversidad de grupos taxonómicos; los taxa que presentaron más diversidad son los Prostigmata y Diptera.

La diferencia de especies encontradas fue de 23 en la cueva del Arroyo del Bellaco y 36 en la cueva de la Loma de la Raya Seca, logrando así un listado faunístico de 59 especies.

Se estableció estadísticamente que hay una asociación entre la composición faunística de las dos cuevas, particularmente por las características que presentan en guano.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, M. S. & C. A. Ruiz. 1995. *Una Comunidad de Murciélagos en una "Cueva de Calor" como factor determinante en el sostenimiento de la diversidad animal cavernícola*. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM. 72 p.
- Armas, L. F. de, R. Armiñana, J. E. Travieso & L. O. Grande. 1989b. Notas sobre la fauna de la cueva El Gato, Sagua la Grande, Provincia de Villa Clara, Cuba. *Rep. Invest. Ecol. Sist., Ser. Zool.* 8:10.
- Armas, L. F. de, R. Armiñana, J. E. Travieso & L. O. Grande. 1990. Breve caracterización de la artropofauna de las cuevas calientes de la provincia Villa Clara, Cuba. *Poeyana* .394: 14.
- Armas, L. F. de, R. Novo Carbó & M. E. Palacios Lemagne. 1989c. Notas sobre la fauna de la Cueva de la Ventana, península de Guanahacabibes, Cuba. *Rep. Invest. Ecol. Sist., Ser. Zool.* 9: 12 p.
- Armas, L. F. de, M.E. Palacios, R. Novo. & T. Iglesias. 1989a. Fauna de Cueva la Barca, Península de Guanahacabibes Pinar del Río, Cuba. *Rep. Invest. Ecol. Sist., Ser. Zool.* 5:19.
- Bernath, F.R. & T. H. Kunz. 1981. Structure and dynamics of artropod communities in bat guano deposits in buildings. *Can. J. Zool.*, 59: 260-270.
- Black, C., D. Evans., J. White., L. Ensminger & F. Clark. 1965. *Methods of Soil Analysis*. The American Society of Agronomy, Inc. USA. 770 p.
- Bolivar, I. 1940. *Ornithodoros coprophilus* Mc. Intosh, en el estado de Chiapas, México. *Ciencia* . 9: 405-406.
- Borror, D. J. , D.M. DeLong & C. A. Triplehorn. 1971. *An Introduction to the Study of Insects*. Holt Rinehart Winston. USA. 812 p.
- Cruz, J. de la. 1986. Nuevo género y especie de ácaros de la subfamilia Ctenoglyphinae (Acari: Glycyphagidae) de Cuba. *Poeyana*. 306: 1-11.
- Cruz, J. de la. 1987. *La Fauna de Garrapatas (Ixodoidea) de la República de Cuba*. Tesis Doctorado. Instituto de Parasitología. Ceske Budejovice, Republica Checa. 301 p.
- Cruz, J. de la. 1991. *Bioecología de las Grutas de Calor*. Conferencia Magistral presentada en el primer congreso de la Union de Sociedades Espeleológicas de México, Merida, Diciembre de 1991.
- Cruz, J. de la. & A.A. Socarras (en prensa): *Garrapatas (Acarina: Argasidae) de las cuevas de calor de Cuba*. Editorial Academia, La Habana.

- Decu, V. 1986. Some considerations on the bat guano synusia. *Trav. Inst. Spéool.* 25: 41-51.
- Dindal, D. 1990. *Soil Biology Guide*. Wiley-Interscience. USA. 1349 p.
- Espinasa, R. 1994. Origen y distribución de las cavernas de México. *Ciencias*. UNAM. 36: 45-49.
- Galan, C. 1993. Fauna hipógea de Guipúzcoa: su ecología biogeografía y evolución. *Munibe (Ciencias Naturales)* 45:3-163.
- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen*. México. 217 p.
- Ginet, R. & V. Decou. 1977. *Initiation à la Biologie et à l'écologie souterraines*. Jean-Pierre Delarge. Paris. 341 p.
- Gnaspini-Netto, P. 1989a. Análise comparativa da fauna associada a depósitos de guano de morcegos cavernícolas no Brasil. Primeira aproximação. *Revta bras. Entomol.* 33(2): 183-192.
- Gnaspini-Netto, P. 1989 b. Fauna associated with bat guano deposits from Brazilian caves (a comparison). *Proc. 10 th Int. Congress Speleol., Budapest* , p. 52-54.
- Gnaspini, N. P. 1992. Bat guano ecosystems a new classification and some considerations with special references to neotropical date. Brazil. *Mém. Biospeol.*, 19: 135-138.
- Gobierno del estado de Veracruz. 1979. *Veracruz y sus Recursos Naturales*. Inst. Mex. de Rec. Nat. Renov. México. 193 p.
- Gómez, A. 1965. La vegetación de México. *Bol. Soc. Bot. Mex.* , 29:76-120.
- Guerrero, R. 1993. Catálogo de los Streblidae (Diptera: Pupipara) parásitos de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del Nuevo Mundo. I. Clave para los géneros de Nycterophiliinae. *Acta Biol. Venez.*, 14 (4) (61-75).
- Herrera, F. 1994. *Estructura de las Comunidades de Artrópodos del guano de Guácharo, (Cueva del Guácharo, Edo. Monagas)*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. 66 p.
- Hoffmann, A. 1958. Una especie de *Antricola* encontrada en México (Acar., Argas.). *An. Esc. de Cienc. Biol. Méx.* 9:97-107.
- Hoffmann, A., J. G. Palacios-Vargas & J. B. Morales-Malacara. 1986. *Manual de Bioespeleología, con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero*, México. U.N.A.M. 274 p.

- Hoffmann, A. 1990. Los Trombicúlidos de México (Acarida: Trombiculidae). *Publ. Esp. IBUNAM.*, 2: 1-275 p.
- Hoffmann, A. 1993. *El maravilloso mundo de los arácnidos*. La Ciencia desde México. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 116: 166 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981. Carta Topográfica de Coatepec.
- Islas, R. M. 1990. *Aspectos Físicos y Recursos Naturales del Estado de Veracruz I*. Textos Universitarios. Ver. 39 p.
- Krantz, G.W. 1978. *A Manual of Acarology*. OSU. USA. Oregon State University Book Stores, INC.
- Krebs, Ch. J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row. USA. 654 p.
- López, R. 1983. *Geología de México*. Edición Escolar. México, D.F. Tomo III. 453 p.
- Ludwig, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons. Canada. 337 p.
- Consejo de Recursos Minerales. 1994. *Monografía Geológico-Minera del Estado de Veracruz*. Iberoamericana. México. 123 p.
- Morales-Malacara, J. B. & A. Losoya. 1989. *Bioespeleología de la Región Central de Veracruz*. Fac. de Ciencias, UNAM. (Informe de Biología de Campo no publicado), 115 p.
- Morales-Malacara, J. B. & A. Losoya. 1990. *Bioespeleología de la Región de Orizaba, Ver.* Fac. de Ciencias, UNAM. (Informe de Biología de Campo no publicado), 134 p.
- Morales-Malacara, J. B. & J. A. Monterrubio. 1992. *Bioespeleología del Estado de Veracruz III*. Fac. de Ciencias, UNAM. (Informe de Biología de Campo no publicado), 118 p.
- Morales-Malacara, J. B. & J. A. Monterrubio. 1993. *Bioespeleología del Estado de Veracruz IV*. Fac. de Ciencias, UNAM. (Informe de Biología de Campo no publicado), 104 p.
- Nowak, R. 1994. *Walker's Bats of the World*. The Johns Hopkins University Press. USA. 287 p.
- Palacios-Vargas, J. G. 1983. Microartrópodos de la Gruta de Aguacachil, Guerrero, México. *An. Esc. Nal. Cienc. Biol., Méx.* 27: 55-60
- Palacios-Vargas, J. G. 1993. Nuevos datos sobre fauna cavernícola de Yucatán, México. *Mundos Subterráneos*. 4: 5-17.
- Palacios-Vargas, J. G. & J. Najt. 1981. Tres nuevas *Brachystomella* (Collembola: Neanuridae) de México. *Bull. Soc. His. Nat. Toulouse* 117 (1-4): 263-271

- Palacios-Vargas, J. G. & J. B. Morales-Malacara. 1983. Biocenosis de algunas cuevas de Morelos. *Mém. Biospeol.*, 10: 163-169.
- Palacios-Vargas, J. G., I. Vázquez, & J. B. Morales-Malacara. 1985. Aspectos faunísticos y ecológicos de la Gruta de Juxtlahuaca, Guerrero, México. *Mem. Biospeol.*, 12: 135-142
- Reddell, J. R. 1981. A review of the cavernicole faune of Mexico, Guatemala and Belize. *Texas Mem. Mus. Univ. Texas. Austin Bull.*, 27: 1-327.
- Renault, P. 1971. *La formación de las cavernas*. Orbis. España. 124 p.
- Rzedowsky, J. 1988. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 403 p.
- Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Veracruz-Llave. 1988. *Los Municipios de Veracruz*. México, D.F. 348-349 p.
- Trajano, E. 1981. *Padraes de distribuição e movimentos de morcegos cavernícolas no vale do Alto rio Ribeira de Iguape, Sao Paulo*. Dissertação (Mestrado). Inst. Biociencias, Universidade de Sao Paulo. 154 p.
- Trajano, E. 1987. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. *Revta bras. Zool.*, 3(8): 533-561
- Wenzel, R. L., V. J. Tripton & A. Kiewlics, 1966. The streblid batflies of Panama (Diptera, Calypterae: Streblidae). In: Wenzel, R. L. & V.J. Tripton (eds.), *Ectoparasites of Panama*. Chicago. Nat. Hist. Mus., pp. 405-675.
- Zeppelini, F. D. 1994. Estudio preliminar de la Fauna asociada al guano de murciélagos en cavernas de Goiás Brasil. *Mundos Subterráneos*. 5: 30-37.
- Zeppelini, F. & G. Castaño. 1995. Estudio preliminar de la fauna cavernícola de Yucatán, México. *Mundos Subterráneos*. 6: 4-12.