

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

**DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS EPIGEOS EN EL NORTE DE HERMOSILLO,
SONORA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

TODO LO ILUMINA

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CON OPCIÓN EN:

RECURSOS NATURALES TERRESTRES

PRESENTA:

EMMANUEL MARIO BERNAL LOAIZA

Hermosillo, Sonora

Junio 2013

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

APROBACIÓN

Los miembros del jurado designado para revisar la Tesis Profesional de Emmanuel Mario Bernal Loaiza, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el título de Licenciado en Biología con opción en Recursos Naturales Terrestres.

Dr. Alf Enrique Meling López

Director

Dr. Alejandro Emilio Castellanos Villegas

Sinodal Secretario

Dr. Francisco Javier Wong Corral

Sinodal

Biól. César Hinojo Hinojo

Suplente

DEDICATORIA

A la madre naturaleza por ser capaz de mantener las relaciones entre la biósfera, el mundo inanimado y el intelecto humano.

A mis padres que de alguna manera atenuaron lo sinuoso del camino desde que nací y que lo han hecho hasta este momento.

A mis maestros que me han enseñado a abrir las puertas al conocimiento y el trabajo.

A mis amigos que me han servido de apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

Al profesor Alf Meling por ser parte crucial de mi formación profesional y por encarrilarme por el sendero científico.

Al profesor Rigoberto Lopez por enseñarme a ver a la biología de una manera más profunda y mágica.

Al profesor Alejandro Castellanos por su amabilidad y por su sabiduría.

A mi buen amigo Emmanuel porque nunca titubeó un segundo para brindarme su amistad y su ayuda

A Sarah porque con ella he vivido los mejores momentos (y me ha acompañado, también, en los peores) del año de realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora por permitirme ser búho, que quede claro, jamás dejaré de serlo. Al DICTUS y la Licenciatura en Biología por ser mi cuna académica, el lugar donde decidí que toda mi vida la dedicaré a ser un hombre de estudio.

A mi Comité de Tesis: Dr. Alf Enrique Meling López, Dr. Alejandro Emilio Castellanos Villegas, Dr. Francisco Javier Wong Corral y Biól. César Hinojo Hinojo

A todos mis amigos del Club de Insectos, por seguirme el *rollo* con el estudio de los insectos y especialmente a Emmanuel, Tere, Tania, Emilio, Tito, Bernardo, Adan y Hapo por haber aguantado calor y radiación solar extrema ayudándome con mi trabajo de tesis.

Al Dr. Alf Meling por su consejo y apoyo en este trabajo.

A mi colega y buen amigo César Hinojo por siempre dar excelentes puntos de vista a mi trabajo en plan de camaradas.

A mis padres, repito, por ser guías en el camino que he caminado y por su comprensión.

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
II.1. Artrópodos Epigeos.....	3
II.1.1. Orden Coleoptera.....	3
II.1.2. Orden Orthoptera	5
II.1.3. Orden Hymenoptera. Familia Formicidae	8
II.1.4. Artrópodos No Insectos.....	9
II.1.4.1. Orden Chilopoda.....	10
II.1.4.2. Orden Diplopoda.....	11
II.1.4.3. Clase Arachnida	11
II.1.4.3.1. Orden Araneae	12
II.1.4.3.2. Orden Scorpionida	12
II.1.4.3. Orden Solifugae	13
II.2. El Desierto Sonorense.....	13
II.2.1. Clima.....	14
II.2.2. Ecosistemas del Desierto Sonorense en Sonora.....	17
II.2.2.1. Altiplano de Arizona	17
II.2.2.2. Costa Central del Golfo	17
II.2.2.3. Valle del Bajo Río Colorado	18
II.2.2.4. Planicies de Sonora	19
II.3. Variación Estacional de las Comunidades de Artrópodos.....	19
III. JUSTIFICACIÓN	22
IV. HIPÓTESIS	23
V. OBJETIVOS	24

V.1. Objetivo General	24
V.2. Objetivos Específicos.....	24
VI. METODOLOGÍA	25
VI.1. Descripción del Área de Estudio	25
VI.1.1. Sitio 1 (S1)	25
VI.1.2. Sitio 2 (S2)	27
VI.1.3. Sitio 3 (S3)	27
VI.2. Trabajo de Campo	28
VI.3. Identificación de Especímenes	28
VI.4. Análisis de la Diversidad.....	30
VI.5. Estructura Trófica de la Comunidad.....	32
VII. RESULTADOS.....	33
VII.1. Riqueza Total de Morfoespecies	33
VII.2. Abundancias Relativas Totales.....	34
VII.3. Fenología.....	36
VII.4. Comparación de Abundancia y Diversidad de Microhábitats.....	39
VII.5. Similitud entre Comunidades.....	47
VII.6. Estructura de Comunidades	49
VII.6.1. Estructura trófica de la comunidad basada en abundancias relativas.....	49
VII.6.2. Estructura trófica de la comunidad basada en biomasa	50
VIII. DISCUSIÓN	52
IX. CONCLUSIONES.....	58
X. LITERATURA CITADA.....	60

LISTA DE TABLAS

Tabla I	Tipos de clima y superficie cubierta por cada tipo de clima. Modificado de Brito-Castillo et al., 2010. Cálido (temperatura media anual $>22^{\circ}\text{C}$); semicálido (temperatura media anual entre 18°C y 22°C).	15
Tabla II	Clasificación de gremios tróficos.	34
Tabla III	Valores del índice de Shannon (H') para todos los meses y todos los microhábitats del muestreo.	46
Tabla IV	Comparación de los valores del índice de similitud de Jaccard entre las comunidades de los microhábitat en el mes de agosto de 2012.	47
Tabla V	Comparación de los valores del índice de similitud de Jaccard entre las comunidades de los microhábitat en el mes de septiembre de 2012.	47
Tabla VI	Comparación de los valores del índice de similitud de Jaccard entre las comunidades de los microhábitat en el mes de septiembre de 2012.	48
Tabla VII	Comparación de los valores del índice de similitud de Jaccard entre las comunidades de los microhábitat en el mes de noviembre de 2012.	48
Tabla VIII	Comparación de los valores del índice de similitud de Jaccard entre las comunidades de los microhábitat en el mes de diciembre de 2012.	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Vista dorsal de un coleóptero. Se muestra el ala posterior extendida, más larga que los élitros. El, élitro; ab, abdomen; n ₁ , pronoto; lbr, labrum; e, ojo compuesto; ant, antena (Tomado de Borroret al., 1985).	6
Figura 2.	<i>Eleodes armata</i> . Tomado de Bug guide (http://bugguide.net).	7
Figura 3.	<i>Asbolus verrucosus</i> . Tomado de Bug guide (http://bugguide.net).	7
Figura 4.	<i>Scolopendra heros arizonensis</i> . Especie conspicua y endémica del desierto Sonorense, Probablemente el quilópodo más grande del mundo. Foto tomada de bugguide(http://bugguide.net).	10
Figura 5.	Climas de Sonora. Nótese el gradiente climático de oriente a poniente y la diversidad climática del Estado (Tomado de Brito-Castillo et al., 2010).	16
Figura 6.	Subregiones del desierto Sonorense (Tomado de Martínez-Yrizaret al., 2010).	21
Figura 7.	Fotografía de sitio 1 donde se alcanzan a apreciar los estratos arbóreo, arbustivo e interespacio. Esta foto fue tomada antes de la época de lluvias.	26
Figura 8.	Sitios de estudio. Sitio 1 (29° 9'36.72"N, 110°57'15.06"O); Sitio 2 (29° 9'16.20"N, 110°57'37.80"O); Sitio 3 (29°10'43.02"N, 110°56'16.80"O).	29
Figura 9.	Curvas de acumulación de especies para los artrópodos epigeos de los muestreos entre agosto y diciembre de 2012.	35
Figura 10.	Gráfico que muestra el comportamiento de las abundancias relativas de cada morfoespecie recolectada.	36
Figura 11.	Fenología mensual del número de individuos recolectados.	37
Figura 12.	Fenología mensual de la riqueza de especies donde se muestra la asociación con la precipitación media mensual.	37
Figura 13.	Fenología mensual de la riqueza de especies donde se muestra la asociación con la temperatura media mensual.	38
Figura 14.	Índices de Shannon y Simpson con respecto a los meses muestreados y relacionado con los valores de precipitación media mensual.	39
Figura 15.	Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker, 1965) de las morfoespecies de artrópodos epigeos recolectadas durante el mes de agosto de 2012.	41

Figura 16.	Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker, 1965) de las morfoespecies de artrópodos epigeos recolectadas durante el mes de septiembre de 2012.	42
Figura 17.	Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker, 1965) de las morfoespecies de artrópodos epigeos recolectadas durante el mes de octubre de 2012.	43
Figura 18.	Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker, 1965) de las morfoespecies de artrópodos epigeos recolectadas durante el mes de noviembre de 2012.	44
Figura 19.	Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker, 1965) de las morfoespecies de artrópodos epigeos recolectadas durante el mes de diciembre de 2012.	45
Figura 20.	Índice de Shannon con respecto a cada mes del año y a cada microhábitat	46
Figura 21.	Gráfica que muestra la estructura trófica de la comunidad en cada microhábitat con respecto a la abundancia relativa de las morfoespecies para los individuos de todo el muestreo.	50
Figura 22.	Representación de la estructura trófica de la comunidad con respecto a la biomasa relativa de cada gremio durante todos los meses de muestreo.	51

RESUMEN

La comunidad de artrópodos es susceptible a cambios microclimáticos y climáticos a lo largo del ciclo verano-invierno en términos de diversidad, abundancia y estructura. Se hicieron muestreos en cuatro distintos microhábitats (bajo árboles, arbustos, hierbas y también en interespacios). Se analizó y se comparó la riqueza de especies, abundancia, diversidad alfa y estructura trófica de cada microhábitat desde el mes de agosto hasta el mes de diciembre del año 2012 en las faldas de la Sierra Bachoco al Norte de Hermosillo, Sonora. Se obtuvieron 102 morfoespecies y 6, 228 individuos entre hormigas, coleópteros, ortópteros, arácnidos, etc. Los valores de riqueza de especies, abundancia y diversidad difieren fenológicamente y bajo cada microhábitat. Los valores más altos de diversidad se obtuvieron bajo doseles en el mes de agosto. Al final del muestreo la diversidad tiene valores similares y bajos de diversidad en todos los microhábitats. Los gremios tróficos fueron hormigas, saprófagos/detritívoros, depredadores, generalistas y herbívoros. Hay patrones de composición de la comunidad entre microhábitats con respecto a las abundancias de los integrantes de cada gremio así como con los valores de biomasa de cada uno. Con base a los resultados obtenidos se pueden inferir tres estrategias ecológicas principales: 1) bajo árboles y arbustos las condiciones microambientales permiten una mayor competencia entre especies y así una mayor diversidad, 2) en el estrato herbáceo y espacios abiertos las especies resilientes aprovechan para ser dominantes y 3) especies que son malas competidoras resisten en espacios abiertos.

I. INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica se refiere a la variación en todos los niveles de organización de la vida dentro de un espacio (Gaston y Spicer, 1998). Es importante tener conocimiento de dicha variación para un mejor entendimiento del ecosistema y con ello un mejor manejo de recursos naturales. Se han hecho esfuerzos por conocer y describir la diversidad biológica del Estado de Sonora (Molina-Freaner y Van Devender, 2010) y para algunos taxa se podría considerar que la información que se conoce es suficiente y adecuada para describir la biodiversidad real del Estado, por ejemplo para plantas vasculares se considera que se tiene un registro completo (Van Devender et al., 2010).

Sin embargo, para otros grupos como los artrópodos, la información publicada en bases de datos y publicaciones científicas es relativamente pobre. Jones (2012) sintetizó lo que se conoce sobre la diversidad de especies de insectos de Sonora y reporta que en total se tiene registro de 10, 341 especímenes de insectos, de los cuales 65 % son lepidópteros, 12 % son odonatos y 9 % son himenópteros; datos posiblemente sesgados debido a la mayor abundancia de estudios centralizados en estos grupos y a la poca representación del espacio geográfico y heterogeneidad del estado de Sonora (Jones, 2012).

Coleoptera y Diptera, dos de los órdenes más diversos tanto en número de especies como en variedad de nichos que ocupan representan juntos menos del 5% en las bases de datos, de los cuales el 70 % pertenece a la familia Scarabaeidae y coleópteros acuáticos, lo cual sugiere la existencia de centralización también en este aspecto. Evidentemente hacer hincapié en describir la diversidad de artrópodos del Estado de Sonora es una prioridad científica.

Los insectos y los demás artrópodos epigeos juegan un papel muy importante en todo tipo de ecosistemas debido a que poseen un rol importante en el reciclaje de materia orgánica y la reincorporación de nutrientes al suelo (Moore et al., 2011).

Se ha estudiado poco acerca de la entomofauna de los desiertos (Whitford, 2002) sin embargo, el patrón general que se ha encontrado es que la fauna de artrópodos epigeos dominante en los desiertos son las hormigas (Hymenoptera: Formicidae), los coleópteros (Coleoptera), las arañas (Aranae), escorpiones (Scorpionidae), solífugos (Solpugidae),

colémbolos (Collembola), cucarachas (Blattodea), campamochas (Mantodea), termitas (Isoptera) y algunos ortópteros (Orthoptera) (Crawford, 1988; Whitford, 1974; Brieese y McCauley, 1980; Aalbu et al., 2004; Konstantinov et al., 2009).

En los ecosistemas áridos y semiáridos la entrada de agua; que es poco frecuente, impredecible y en poca cantidad; es determinante para muchos procesos en la vegetación y la fauna (NoyMeir, 1979). En particular para el Desierto Sonorense, el patrón de precipitación es biestacional, con lluvias de verano y de invierno principalmente, con una mayor diversidad durante estas épocas, la cual disminuye a medida que la disponibilidad de agua también lo hace (Whitford, 2002). Otro componente importante en la ecología de los desiertos es la dinámica de parches (Whitford, 2002), se ha propuesto un modelo que describe el funcionamiento de los paisajes desérticos y sostiene que los parches de vegetación son característicos de las zonas áridas y que estos son dinámicos. Las interacciones de especies que forman el parche tienen una sucesión.

Cada parche tiene características bióticas y abióticas particulares en esta sucesión. Los parches más conspicuos en un paisaje del desierto Sonorense son los que están formados por un árbol, un arbusto, una planta herbácea y simplemente un parche de suelo desnudo. Se ha observado que los artrópodos epigeos están relacionados a los microclimas formados en cada uno de los distintos parches (Flores et al., 2004). Estas asociaciones a los microclimas están relacionadas a las distintas estrategias de adaptación de los artrópodos al medio árido o semiárido y es importante conocer las especies asociadas a cada uno de estos microclimas.

El presente estudio se enfoca en la comunidad de artrópodos epigeos de una zona del desierto Sonorense ubicada al norte de la ciudad de Hermosillo en la Sierra Bachoco. Se hicieron muestreos durante los meses agosto-diciembre de 2012 y bajo diferentes microclimas con la hipótesis de que la comunidad de artrópodos es susceptible a cambios microclimáticos y climáticos a lo largo del ciclo verano-invierno en términos de diversidad, abundancia y estructura.

II. ANTECEDENTES

II.1. Artrópodos Epigeos

Los artrópodos epigeos son todos aquellos que pasan todo su ciclo de vida o parte de él en la superficie del suelo. Los grupos considerados epigeos son algunas familias de los ordenes Coleoptera, Orthoptera, Hymenoptera, Zygentoma, Collembola, Aranae, Isopoda, Solifugae, Scorpionida, Diplopoda, Chilopoda, entre otros. La publicación más reciente acerca de la biodiversidad de insectos de Sonora (Bailowitz y Palting, 2010) enfatiza en insectos voladores (Odonata y Lepidoptera) y deja de lado a los órdenes y familias que resultaron más importantes en el presente estudio.

II.1.1. Orden Coleoptera

Los coleópteros son los insectos más diversificados y abundantes de la Tierra, forman un grupo de 300, 000 especies descritas repartidos en todo el mundo y se estima que existen más de un millón de especies, además de las ya descritas (Borror et al., 1985). Esta gran diversidad implica una amplia variedad de formas y de hábitos, por lo cual es posible encontrarlos ocupando una vasta diversidad de nichos ecológicos en casi todos los rincones del mundo (Triplehorn y Johnson, 2005).

La forma de los coleópteros es distintiva, de manera general se puede diferenciar a un coleóptero de otro insecto por la estructura de las alas. La mayoría de los coleópteros presentan cuatro alas, de las cuales, las dos anteriores están endurecidas y son las que cubren la mayor parte del cuerpo del insecto, son correosas o quebradizas, y usualmente están divididas por una línea, estas alas llamadas también élitros cubren a las alas posteriores.

Las alas posteriores son membranosas, usualmente más largas que los élitros pero dobladas cuando el animal está en reposo (Figura1), las alas membranosas son las que el coleóptero utiliza para el vuelo. Las alas anteriores (las endurecidas) se les conocen como élitros y normalmente sirven como protección. Las alas, tanto como los élitros como las alas

posteriores pueden estar muy reducidas o incluso ausentes en algunas familias (Borrór et al., 1985). El aparato bucal de todos los coleópteros es masticador, consiste en mandíbulas bien desarrolladas. Las mandíbulas de muchos coleópteros son fuertes y duras y las utilizan para romper semillas o roer madera. En otros, las mandíbulas son delgadas y filosas. Otros tienen una especie de trompa donde la mandíbula se encuentra en la parte distal (Borrór et al., 1985).

La importancia ecológica de los coleópteros yace en gran medida en su gran diversidad de especies, como ya se ha mencionado, como en su variedad de hábitos. Los coleópteros pueden ser tanto terrestres como dulciacuícolas, y los podemos encontrar en casi toda la parte continental del planeta, esto es por las adaptaciones fisiológicas, estructurales y conductuales que han desarrollado a lo largo de la historia evolutiva. Pueden ser fitófagos que se alimenten de hojas, de frutos, de tejido vascular, de madera, de raíces, flores, polen, néctar o de yemas; carnívoros que se alimenten de otros insectos, otros invertebrados, incluso de pequeños vertebrados; y saprófagos, que se alimenten de materia vegetal en descomposición, hojarasca, animales en descomposición, excremento, etc. En todos los ecosistemas los coleópteros tienen una gran importancia ecológica por ser parte importante en las redes tróficas, en los ciclos biogeoquímicos y en la biomasa (Triplehorn y Johnson, 2005).

En el estado de Sonora se conoce muy poco acerca de la diversidad de coleópteros que existen (Jones, 2012) Para todo el Estado se tiene registro de 10, 431 especímenes de insectos en las bases de datos oficiales (CONABIO y MABA) de los cuales menos del 5 % pertenecen a coleóptera (que es de los grupos taxonómicamente más importantes a nivel mundial) y de ese 5 %, el 70 % son escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) y coleópteros acuáticos (Jones, 2012), lo cual no refleja la diversidad funcional y taxonómica del Orden Coleoptera.

En las zonas áridas la entomofauna de coleópteros es dominante (Phillips y Venworth, 2000), debido a su abundancia relativa, diversidad de especies y biomasa. Algunos coleópteros del desierto Sonorense tienen adaptaciones estructurales y conductuales que les permiten prosperar en estos ambientes, Phillips y Ventworth (2000) citan la historia natural de dos géneros endémicos del desierto Sonorense que tienen adaptaciones interesantes.

Tanto *Eleodes* (Figura 2) como *Asbolus* (Figura 3) pertenecen a la Familia Tenebrionidae. Los miembros de esta Familia usualmente están bien adaptados a la vida en los desiertos (Phillips y Venworth, 2000; Whitford, 2002). Las especies esta familia usualmente son de color negro y tienen su exoesqueleto endurecido y cerrado herméticamente

(No tienen alas posteriores), condición que reduce su pérdida de agua por evaporación. Fisiológicamente pueden resistir largos periodos de tiempo sin tomar agua y su nutrición consiste básicamente en detritus, lo que los hace recicladores eficientes de materia orgánica, además algunos de ellos producen una especie de cera de color blanco que les permite reflejar la radiación y evitar pérdida de agua; su conducta también les ayuda a sobrevivir, la mayoría de los tenebriónidos son de hábitos nocturnos y aprovechan microclimas bajo la arena o bajo parches de vegetación.

Estas condiciones ecofisiológicas y conductuales hacen de Tenebrionidae un grupo muy importante en la fauna de los desiertos del mundo y de México (Whitford, 2002; Aalbu et al., 2002) y en particular en el Desierto Sonorense es la familia más diversa de coleópteros (Observación personal), en el Desierto del Monte, Argentina, Tenebrionidae es un taxón clave en las comunidades de insectos (Roig-Juñent, 2001) y en desiertos africanos y asiáticos también forman parte importante de los ecosistemas desérticos (Whitford, 2002). En el Desierto Sonorense algunos coleópteros son miembros importantes de la fauna polinizadora (aunque no se consideran epigeos), algunos miembros de la familia Cleridae, Cantharidae, Buprestidae, Mordelidae y Nitidulidae. Aunque estos animales transporten el polen de una flor a otra, es común que dañen de alguna manera a las flores, defecando en ellas, ovopositando o dañándolas con sus mandíbulas (Chambers et al., 2004).

II.1.2. Orden Orthoptera

El orden Orthoptera es un grupo de insectos hemimetábolos, es decir, que no tienen una metamorfosis completa sino que desde su nacimiento hasta la etapa adulta tienen una forma similar, aunque con ciertas características o partes del cuerpo que se desarrollan hasta el estado adulto, como las alas. Este orden contiene alrededor de 19, 000 especies descritas (Borror et al, 1985). A este grupo pertenecen los grillos, los chapulines y los saltamontes. Se dice que se originaron en el periodo Carbonífero pero que su diversificación y desarrollo data del mesozoico (Borror, et al., 1985).

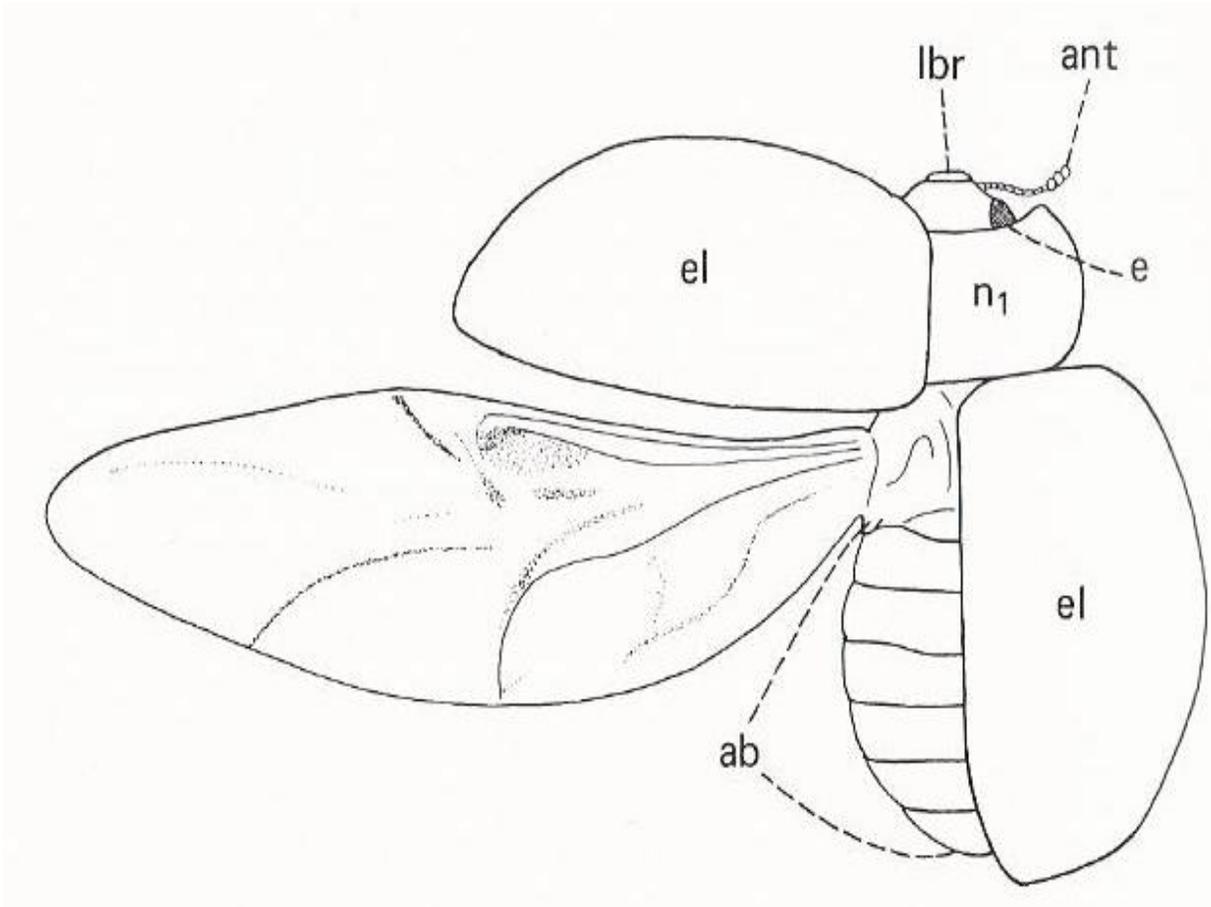


Figura 1. Vista dorsal de un coleóptero. Se muestra el ala posterior extendida, más larga que los élitros. el, élitro; ab, abdomen; n₁, pronoto; lbr, labrum; e, ojo compuesto; ant, antena (Tomado de Borror et al., 1985).



Figura 2. *Eleodes armata*. Un coléoptero de la familia Tenebrionidae. Tomado de Bug guide (<http://bugguide.net>).



Figura 3. *Asbolus verrucosus*. Un coléoptero de la familia Tenebrionidae Tomado de Bug guide (<http://bugguide.net>).

La morfología de los ortópteros es distintiva. La cabeza es grande y cónica, con un aparato bucal robusto, antenas casi siempre filiformes, ojos compuestos y tres ocelos. El protórax es el segmento más grande del tórax, presenta un amplio pronoto que se extiende hacia atrás, a veces excediendo la extremidad del abdomen y se dobla lateralmente hasta cubrir por completo las pleuras protorácicas. El mesotórax, el metatórax y el primer segmento del abdomen se encuentran soldados entre sí. Las alas anteriores son estrechas, alargadas, del mismo color que el resto del cuerpo y con las nervaduras pronunciadas. Una de las características más conspicuas de los ortópteros es la morfología de las patas posteriores, más largas y fuertes que permiten a estos animales saltar varias veces su tamaño y así desplazarse. El abdomen posee once urómeros. El primer esterno es reducido y los segmentos terminales se han modificado en relación con la genitalia. Los cercos abdominales están bien desarrollados, aunque generalmente constan de un solo segmento y son largos y filiformes

Los ortópteros tienen órganos estridulatorios que les dan la capacidad de emitir sonidos, esos sonidos suelen ser utilizados para comunicarse entre ellos para actividades como cantos de apareamiento, cantos de rivalidad, etc. Suelen ser gregarios. Su alimentación es omnívora, desde hojas, tallos o semillas hasta animales muertos o canibalismo (Aalbu et al., 2002)

II.1.3 Orden Hymenoptera: Familia Formicidae

Los Formícidos (Formicidae), conocidos comúnmente como hormigas, son una familia de insectos sociales que, como las avispas y las abejas, pertenecen al orden de los himenópteros. Las hormigas evolucionaron de antepasados similares a una avispa a mediados del Cretáceo, hace entre 110 y 130 millones de años, diversificándose tras la expansión de las plantas con flor por el mundo. Son uno de los grupos zoológicos de mayor éxito y en la actualidad están clasificadas más de 12, 000 especies, con estimaciones que superan las 14, 000, y con unas tendencias actuales que predicen un total de más de 21'000 (Fisher y Cover, 2007). Se identifican fácilmente por sus antenas en ángulo y su estructura en tres secciones con una estrecha cintura. La rama de la entomología que las estudia se denomina mirmecología.

Forman colonias de un tamaño que se extiende desde unas docenas de individuos

predadores que viven en pequeñas cavidades naturales, a colonias muy organizadas que pueden ocupar grandes territorios compuestas por millones de individuos. Estas grandes colonias consisten sobre todo en hembras estériles sin alas que forman castas de «obreras», «soldados» y otros grupos especializados. Las colonias de hormigas también cuentan con algunos machos fértiles y una o varias hembras fértiles llamadas «reinas». Estas colonias son descritas a veces como superorganismos, dado que las hormigas parecen actuar como una entidad única, trabajando colectivamente en apoyo de la colonia.

Han colonizado casi todas las zonas terrestres del planeta; los únicos lugares que carecen de hormigas nativas son la Antártida y algunas islas remotas o inhóspitas. Las hormigas prosperan en la mayor parte de estos ecosistemas y se calcula que pueden formar el 15-25 % de la biomasa de los animales terrestres. Se estima que hay entre mil billones y diez mil billones de hormigas viviendo sobre la Tierra (Fisher y Cover, 2007). Se considera que su éxito en tantos entornos se debe a su organización social y a su capacidad para modificar hábitats, a su aprovechamiento de los recursos y a su capacidad de defensa. En Norteamérica se reportan actualmente cerca de 1, 000 especies de hormigas (Fisher y Cover, 2007) y Franklin (2012) reporta 60 especies diferentes de hormigas en la región central de Sonora, la región que compete en este estudio.

II.1.4 Artrópodos No Insectos

Los miriópodos y los aracnomorfos son los artrópodos epigeos no insectos más conspicuos en el Sonora, sin embargo, también se pueden encontrar crustáceos isópodos. En el estado de Sonora no existe un trabajo taxonómico de dimensiones considerables para dichos grupos (Castrezana, 2010). Lo que se conoce de la diversidad sonorenses de artrópodos se ha hecho por extranjeros en la región desértica del estado.

II.1.4.1. Orden Chilopoda (Ciempiés)

Estos son conocidos como ciempiés. Poseen un cuerpo alargado y aplanado dorsoventralmente, Sin embargo, la característica anatómica principal de esta clase es la división del cuerpo en segmentos, los cuales varían de 15 hasta 173 de acuerdo a la edad y especie. Cada segmento cuenta con un par de patas articuladas. La cabeza tiene un par de antenas y mandíbulas. El primer segmento del tronco tiene unos apéndices conocidos como forcípulas (también llamados maxilípedos o garras venenosas) (Castrezana, 2010).

En el mundo existen alrededor de 2, 780 especies de ciempiés, clasificados en 21 familias, de las cuales, Eriphantidae y Neogeophilidae son endémicas de México. Para el estado de Sonora se tiene registro de una única especie de quilópodo, *Scolopendra heros arizonensis*(Figura 4), de hasta 38 centímetros (Castrezana, 2010).

Para la región noreste del estado se han colectado especímenes de *Scolopendra heros heros* y en la ciudad de Hermosillo varios ejemplares del género *Scutigera* (Castrezana, 2010).



Figura 4. *Scolopendra heros arizonensis*. Especie conspicua y endémica del desierto Sonorense. Foto tomada de bugguide (<http://bugguide.net>).

II.1.4.2. Orden Diplopoda (Milpiés)

Son conocidos como milpiés, trenecitos, quemadores o gusanotes. Los diplópodos tienen un cuerpo alargado y cilíndrico pero su característica principal es la presencia de dos pares de patas por cada segmento. Las patas son ventrales y son pequeñas con relación al resto del cuerpo. Son herbívoros y tienen glándulas defensivas laterales en cada segmento que secretan químicos sedantes, irritantes o venenosos. La clase Diplopoda posee más de 12 mil especies descritas en el mundo, organizadas en 144 familias. En México existen 498 especies (Bueno-Villegas et al., 2004). En el Estado de Sonora solo se encuentran registradas cinco especies agrupadas en tres órdenes. Aparentemente tres de las especies registradas son endémicas del Estado, *Orthoporus nesiotus*, *Siphonac mepseustes* y *Colactis quadrata* (Castrezana, 2010).

II.1.4.3. Clase Arachnida (Arácnidos)

La característica principal de la clase Arachnida, o arácnidos, es que están divididos en un prosoma y en un opistosoma. El prosoma (o cefalotórax) está compuesto de seis segmentos, cada uno con un par de apéndices (quelíceros, pedipalpos y cuatro pares de patas). El prosoma está protegido dorsalmente por un caparazón. El opistosoma tiene un máximo de 13 segmentos, aunque el primero solo se encuentra en estado embrionario. Existe una gran variación en cuanto a la morfología externa, forma y función de los apéndices de acuerdo a los diferentes órdenes.

La clasificación de los arácnidos es compleja y está sometida a debate constante, pero de manera práctica se pueden dividir en los siguientes órdenes que se pueden encontrar en Sonora: Scorpionida, Amblypygi, Araneae, Opiliones, Pseudoscorpionida y Solifugae. En Sonora se han registrado 28 especies de escorpiones, una de amblypígidios, 165 especies de arañas, 13 de pseudoescorpiones, 9 de solífugos y 160 especies de ácaros. Estos números no representan la totalidad de especies que existen en el Estado debido a falta de estudio y falta de taxónomos en el área (Castrezana, 2010). A continuación se describen brevemente los órdenes Araneae, Scorpionida y Solifugae, que son los órdenes de arácnidos encontrados en este estudio.

II.1.4.3.1. Orden Araneae (Arañas)

Al orden Araneae pertenecen las arañas y las tarántulas, este grupo es el grupo de artrópodos más diverso después de los insectos con alrededor de 40,700 especies en el mundo. La anatomía de las arañas coincide a grandes rasgos con la de otros arácnidos, es decir, con el cuerpo dividido en dos regiones o tagmas, prosoma (o cefalotórax) y opistosoma (o abdomen) y el mismo número y tipo de apéndices, es decir, un par de quelíceros, un par de pedipalpos y cuatro pares de patas locomotoras. Las arañas tienen hábitos exclusivamente carnívoros y por lo general son cazadoras. No se alimentan de todo tipo de insectos, usualmente dejan de fuera hormigas y coleópteros, son depredadoras de insectos dañinos como los mosquitos. Pueden tener hábitos errantes o hacen redes.

Para Sonora se tiene registro de 165 especies del orden Araneae, agrupadas en 98 géneros y 32 familias. Se dice que seguramente estos números están lejos del total de la diversidad aracnológica del Estado.

II.1.4.3.2. Orden Scorpionida (Escorpiones)

“El escorpión es un arácnido que se extiende por las regiones áridas de todo el mundo. La cola la forman una serie de articulaciones prismáticas. Las tenazas (pedipalpos), que recuerdan las grandes patas del cangrejo, son órganos de combate y de información. La cola termina en un aguijón curvo y agudo por medio del cual inyecta el veneno en la picadura. Amigo de la oscuridad, busca oquedades bajo las piedras para escapar del resplandor del sol. Poco sociable expulsa al intruso que turba su soledad. Qué fulminante rapidez y cuanto virtuosismo hay en su ataque. La rata misma a pesar de su fiereza sucumbe a sus golpes.”

El párrafo anterior pertenece a un guión de una película de 1930 (la edad de oro de Luis Buñuel) en donde se hace una breve descripción de la biología de un escorpión. La descripción meramente aficionada de Buñuel es bastante acertada. La característica principal de los pertenecientes al orden Scorpionida es que los pedipalpos tienen forma de tenazas útiles y que el abdomen tiene una prolongación donde se encuentra el aguijón, conectado a glándulas venenosas. Son artrópodos de hábitos nocturnos, solitarios y cazadores que se

resguardan en los días de sol bajo rocas o vegetación. En México existen 179 especies de escorpiones distribuidas en siete familias. En Sonora se han registrado 28 especies de especies de escorpiones.

II.1.4.3.3. Orden Solifugae (Solífugos o matavenados)

Los solífugos, mejor conocidos como matavenados en el estado de Sonora, presentan largos quelíceros compuestos por dos articulaciones variablemente dentadas y forman poderosas pinzas. Los matavenados no producen veneno en los quelíceros. Los pedipalpos son largos y cumplen la función de órganos sensoriales. Los matavenados no son capaces de inyectar veneno, si bien, causan heridas por sus poderosas mordeduras, lo cual, hace propicio que haya infecciones secundarias. En el mundo existen alrededor de 900 especies de solífugos de las cuales 57 se encuentran en México y 9 en el estado de Sonora. Aparentemente todas las especies son endémicas del estado.

II.2. El Desierto Sonorense

El Desierto Sonorense es un bioma importante en América del Norte debido a su amplia superficie, 300, 000 km², tiene una gran diversidad biológica debido al clima que tiene; precipitación típicamente bimodal con picos en verano e invierno, la intersección entre las regiones biogeográficas neártica y neotropical y presenta distintos grados de aridez y diferencias en los tipos de vegetación dentro del mismo (Martínez-Yrizaret al., 2010). En este apartado se describirá de manera de breve lo más importante del, clima, geología, ecosistemas y el aprovechamiento que se le da al desierto Sonorense.

II.2.1. Clima

Climatológicamente se dice que el desierto Sonorense es la zona más árida de México porque siguiendo el criterio de que la aridez está en función de la temperatura y la disponibilidad de agua para las plantas y animales (Hernández, 2004), la zona más árida de México se encuentra en la subdivisión del Valle del bajo Río Colorado (Véase subdivisiones del desierto Sonorense en Shreve, 1951), debido a que es la región donde se han registrado las temperaturas más altas de Norte América y donde ha habido ausencia de precipitación por más de tres años seguidos y hay poca retención de agua en el suelo debido a que es de consistencia arenosa, lo cual disminuye la disponibilidad de agua para las plantas y con ello para los animales.

Según la clasificación de Köppen el clima dominante del desierto Sonorense es BWh, donde B implica un clima seco, BW implica que la precipitación anual es menor de 400 mm, y h implica que es un desierto cálido con una temperatura media anual de más de 18 °C. Sin embargo, la precipitación suele ser bianual, con lluvias en verano y en invierno, lo que permite una gran diversificación de su flora. Sin embargo, se puede encontrar desde climas semiáridos semicálidos (BS₁hw) hasta muy áridos y cálidos (BW (h') w) (Brito-Castillo et al. 2010): véase Tabla I y Figura 5 para mayor detalle. La aridez en el desierto Sonorense es originada básicamente por encontrarse en una latitud media ($\approx 30^\circ$) donde las zonas de alta presión impiden la precipitación. Está delimitado por varias cadenas montañosas, como el borde de Mogollón al noreste, la sierra de San Pedro Mártir en la península de Baja California y la Sierra Madre Occidental. Parte del desierto Sonorense en la península de Baja California es afectada por la corriente fría de California, misma que ocasiona la aridez en el desierto de la Gran Cuenca y Mojave, inhibiendo el calentamiento del aire y así el ascenso de las corrientes de aire húmedo. La sierra madre occidental provoca un efecto de sombra orográfica al desierto Sonorense por la intercepción de los vientos alisios húmedos que precipitan en la sierra y pasan secos hacia los valles Sonorenses.

Tabla I. Tipos de clima y superficie cubierta por cada tipo de clima. Modificado de Brito-Castillo et al., 2010. Cálido (temperatura media anual >22 °C); semicálido (temperatura media anual entre 18 °C y 22 °C).

Tipo climático	Símbolo	Régimen de lluvias	Área (miles de km ²)	% estatal
Muy árido cálido	BW(h')w	Verano (5 a 10.2)	14.35	8.02
Muy árido cálido	BW(h')(x')	Todo el año (>18)	6.96	3.89
Muy árido semicálido	BWh(x')	Todo el año (>18)	54.11	30.25
Árido cálido	BS ₀ (h')w	Verano (5 a 10.2)	7.01	3.92
Árido cálido	BS ₀ (h')(x')	Todo el año (>18)	6.9	3.86
Árido semicálido	BS ₀ hw	Verano (5 a 10.2)	0.05	0.03
Árido semicálido	BS ₀ h(x')	Todo el año (5 a 10.2)	23.23	12.99
Árido templado	BS ₀ (k)(x')	Todo el año (>18)	2.42	1.35
Semiárido templado	BS ₁ k(x')	Verano (>18)	17.44	9.75
Semiárido semicálido	BS ₁ h(x')	Todo el año (>18)	23.06	12.89
Semiárido semicálido	BS ₁ hw	Verano (5 a 10.2)	6.25	3.49
Semiárido cálido	BS ₁ (h')(x')	Todo el año (>18)	0.64	0.36
Semiárido cálido	BS ₁ (h')w	Verano (5 a 10.2)	5.19	2.9

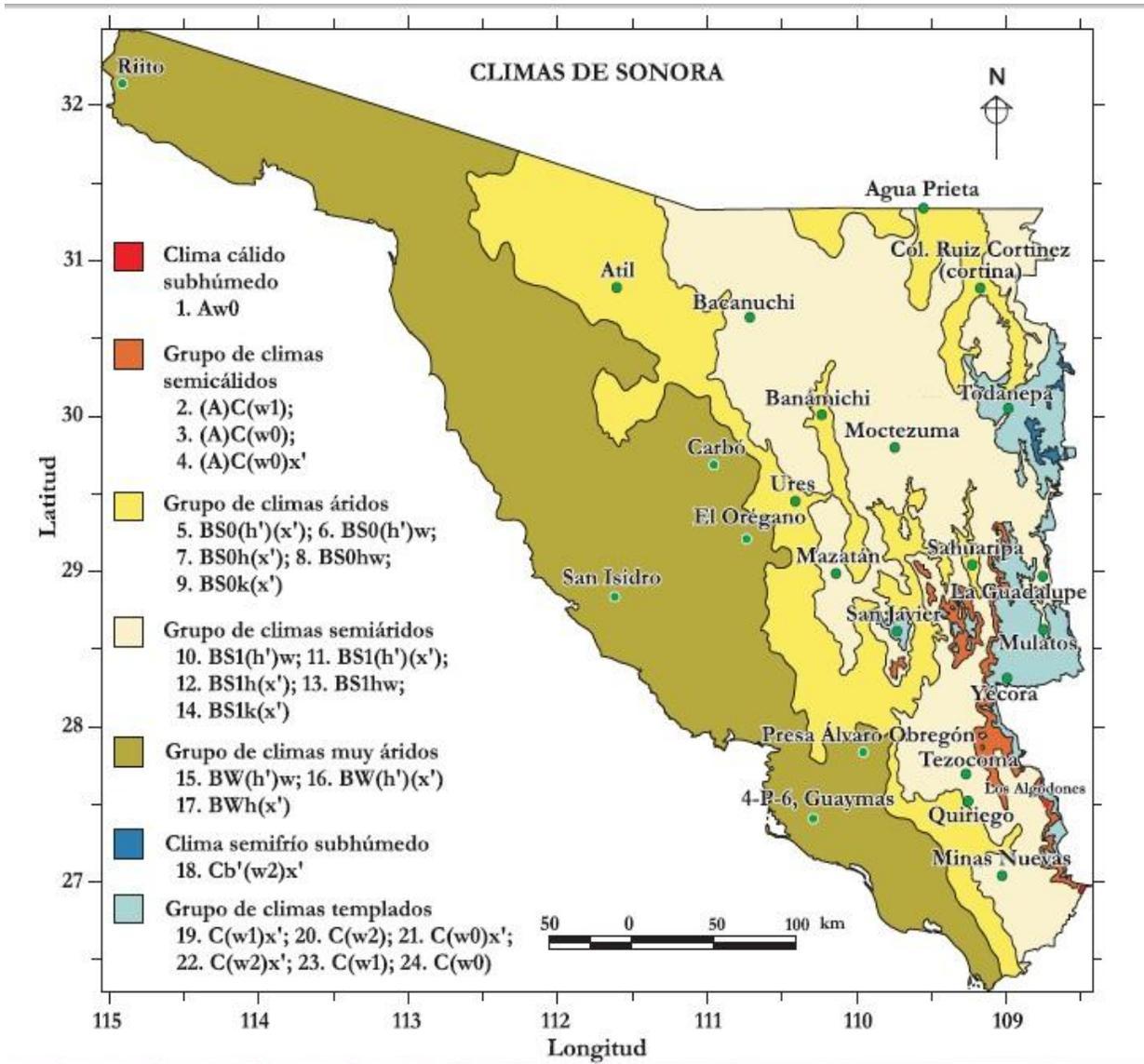


Figura 5. Climas de Sonora. Nótese el gradiente climático de oriente a poniente y la diversidad climática del Estado. Tomado de Brito-Castillo et al., 2010.

II.2.2. Ecosistemas del Desierto Sonorense presentes en el Estado

Shreve (1951) subdividió al desierto Sonorense en siete subregiones, de las cuales cuatro están representadas en el Estado de Sonora: El Altiplano de Arizona, El Valle del Bajo Río Colorado, La Costa Central del Golfo y las Planicies de Sonora (Figura 6). Las unidades cubren una enorme diversidad de hábitats que bien pueden corresponder a fronteras geomórficas, edáficas, hidrológicas, climáticas o de historia de uso de suelo. Según Martínez Yrizar (2010) Estas cuatro subdivisiones son: Altiplano de Arizona, Costa Central del Golfo, Valle del Bajo Río Colorado y Planicies de Sonora.

II.2.2.1. Altiplano de Arizona

En lo que corresponde a Sonora, el altiplano de Arizona está representado en 1.6 millones de hectáreas, al este del Valle del bajo Río Colorado entre los municipios de Sonoyta y Magdalena. Es la subdivisión del Desierto Sonorense de mayor altitud (150 a 950 msnm), la precipitación varía de 75 a 300 mm anuales y se llegan temperaturas de congelación. La vegetación consiste en un desierto crasicaulescente dominado por arbustos bajos, leguminosasy suculentas localizadas en las montañas, sobre pendientes rocosas. Los géneros de plantas más comunes que se presentan aquí y más que en cualquier otra subdivisión son algunas especies de palo verde (*Parkinsonia* spp), choyas (*Cylindropuntia* spp) y nopales (*Opuntia* spp). Una especie muy abundante y conspicua es el sahuaro (*Carnegiea gigantea*), que llega a formar bosques extensos de amplia distribución. En porciones un poco más méxicas del Valle del bajo Río Colorado se pueden encontrar paisajes similares a los del altiplano de Arizona.

II.2.2.2. Costa Central del Golfo

Está presente en ambos lados del Golfo de California, sin embargo, en el Estado de Sonora está representado por un millón de hectáreas, la subdivisión más pequeña del estado. Se le

conoce como la subdivisión *Bursera-Jatropha*, esta unidad está distribuida como una estrecha banda a lo largo de la mayor parte de la costa de Sonora. Se le considera como la tierra tradicional de la tribu comcac o seri. También se distribuye en las islas e islotes del Golfo. La precipitación es irregular de 150 mm anuales y se presentan con frecuencia años sin lluvia. En esta unidad se presenta un ecotono entre la vegetación del desierto sonorense y el matorral piedemonte con afinidades tropicales. En general la vegetación es un desierto crasicaulescente abierto de baja productividad, dominado por plantas suculentas de tallos gruesos como el cardón o sahueso, *Pachycereus pringlei* que destaca por su abundancia. Entre las especies arbóreas que se encuentran son el palo liso (*Acacia willardiana*), palo fierro (*Olneya tesota*), torote prieto (*Bursera hindsiana*), torote colorado (*B. microphylla*) y arbustivas como el sangregado (*Jatropha cinerea* y *J. cuneata*). Esta subdivisión es rica en endemismos.

II.2.2.3. Valle del Bajo Río Colorado

Tiene una superficie de tres millones de hectáreas, es nombrada la región *Larrea-Ambrosia* debido a que las especies vegetales dominantes son la gobernadora o hediondilla (*Larrea tridentata*) y la hierba del burro (*Ambrosia dumosa*) y *A. deltoidea* son las especies perennes dominantes. Esta dominancia hace que la vegetación dominante sea estructuralmente un matorral micrófilo. El Valle del bajo Río Colorado es una de las zonas más secas del estado con precipitaciones impredecibles y de baja frecuencia de menos de 75 mm anuales. La flora de plantas anuales es abundante al presentarse pulsos de agua estacionalmente. Aunque el tipo de vegetación es de estructura simple, existe una variación florística y de vegetación en diferentes hábitats.

Dentro de esta subdivisión se encuentran dos reservas de la biósfera, la reserva del Alto Golfo y la del Pinacate y Gran Desierto de Altar. La orografía de esta subdivisión consiste en sierras volcánicas, sierras graníticas, el sistema de dunas móviles más extenso de Norteamérica, amplias planicies, hábitats costeros y oasis alimentados de la cuenca del Gran Desierto de Altar.

II.2.2.4. Planicies de Sonora

Esta subdivisión tiene una superficie aproximada 3 millones de hectáreas y está ubicado en la parte central del estado entre la costa y la cadena montañosa, a una elevación entre 100 y 750 msnm. Es llamada región *Olneya-Encelia*, presenta una vegetación arbosufrutescente dominado por árboles de gran talla como el palo fierro (*Olneya tesota*) (Figura 5), el mezquite (*Prosopis* spp) y palo verde (*Parkinsonia microphylla*), además de numerosos arbustos de rama blanca (*Encelia farinosa*). Este ecosistema está amenazado grandemente por el zacate buffel y por la expansión urbana e industrial. No hay ninguna reserva formal decretada que proteja este ecosistema. Al sur de Guaymas se presenta la transición de esta subdivisión con el matorral espinoso costero y hacia el este y en las montañas con el matorral espinoso de piedemonte. Otra transición se observa en las montañas dentro de esta subdivisión, en las que se desarrolla el matorral espinoso de piedemonte, especialmente en las pendientes orientadas al norte y este con mayor humedad. Cabe destacar que esta subregión es la única exclusiva para el estado de Sonora.

II.3. Variación Estacional en las Comunidades de Artrópodos

Muchos grupos de artrópodos tienen una marcada estacionalidad, en especial los coleópteros, en la riqueza específica y la diversidad, además en el funcionamiento del ecosistema (Whitford, 2002). Se ha observado que la mayor abundancia de los individuos es en la época de lluvias y puede estar relacionada con una mayor oferta de recursos a nivel cualitativo y cuantitativo, que genera una mejor disponibilidad espacio-temporal (Huston, 1996). En las épocas secas los recursos necesarios para las especies se agregan espacialmente y eso afecta a la estructura de la comunidad, debido a que se agregan en ciertos microhábitats lo cual hace que haya mayor competencia interespecífica. Además, hay muchos tipos de recursos que solo aparecen en la época de lluvia y son recursos necesarios para algunas especies.

La baja riqueza de especies en la época seca puede obedecer a diversos factores como la existencia de grupos especializados a estas condiciones o a recursos específicos de esta época (Losos 2004; Levings y Windsor, 1996).

También es posible considerar que las familias que aparecen en esta época sean malas competidoras, las cuales estarían optando por una estrategia subóptima en una época más difícil, pero con una menor competencia. Es interesante anotar que las familias presentes en esta época son herbívoras, beneficiándose del estrés hídrico que podría disminuir los mecanismos de defensa de algunas plantas (Waterman y McKey, 1992), dándoles una ventaja sobre la calidad del recurso existente, aumentando la diversidad, pero manteniendo poblaciones bajas.

La mayor parte de los estudios que se han realizado para conocer la variación estacional en las comunidades de insectos han sido en zonas tropicales, hay muy poca información al respecto en zonas desérticas, sin embargo, en este tipo de ambiente existen adaptaciones evolutivas complejas. Los artrópodos que habitan los desiertos presentan problemas fenológicos relacionados a las condiciones bióticas y abióticas del desierto.

El crecimiento y reproducción estacional de las plantas está directamente relacionado con la precipitación y como resultado el crecimiento y reproducción de los artrópodos también están íntimamente relacionados a la precipitación (Whitford, 2002).

Los desiertos sufren de fluctuación térmica diaria y estacional extrema. Entonces, las condiciones físicas de los desiertos tienen fuertes efectos directos e indirectos en las comunidades de artrópodos (Tauber et al., 1986).

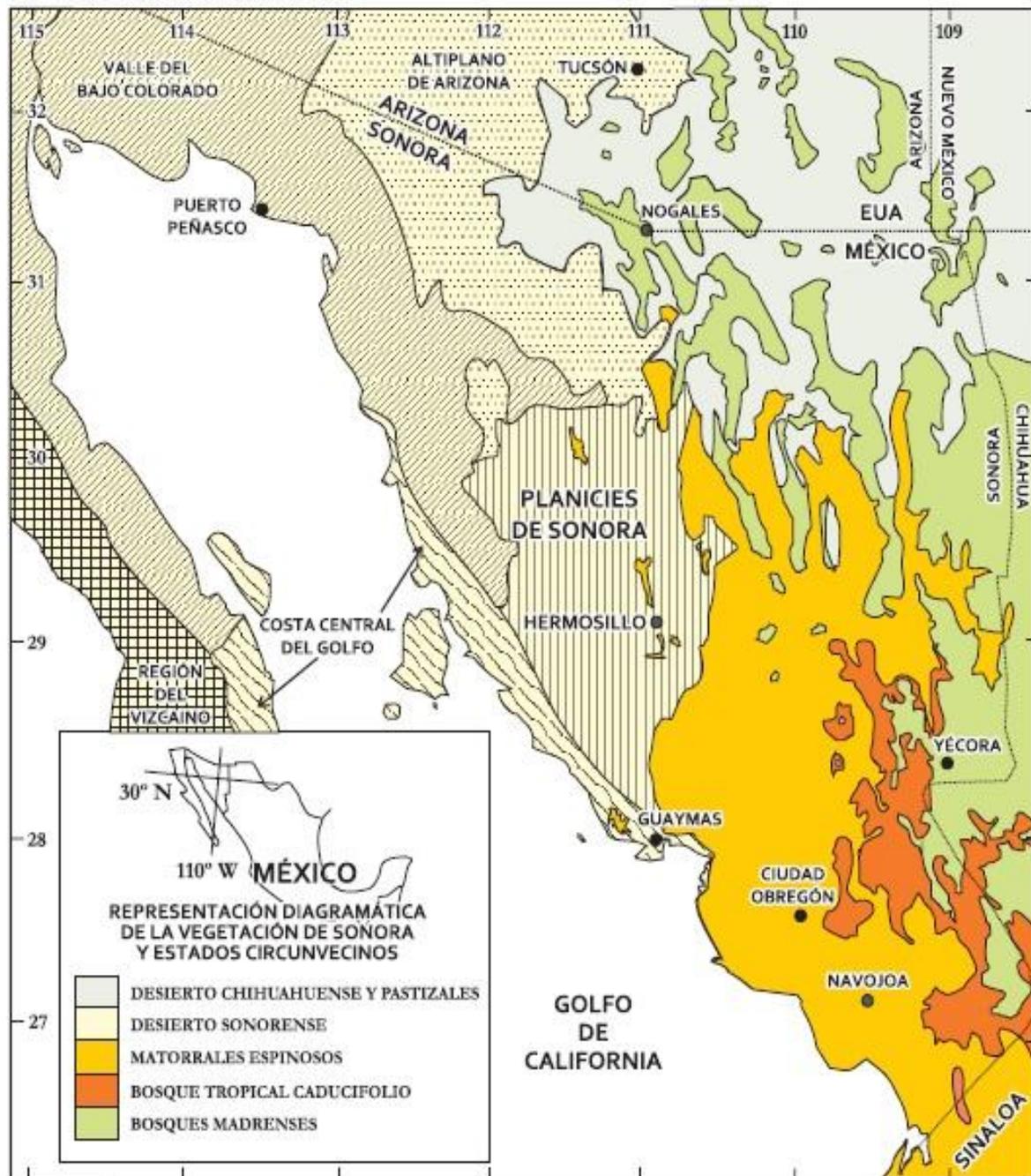


Figura 6. Subregiones del desierto Sonorense (Tomado de Martínez-Yrizaret al., 2010).

III. JUSTIFICACIÓN

Relacionar la ecología de las comunidades de los artrópodos con los modelos teóricos de la ecología de los desiertos es un análisis fundamental para el manejo integral de las zonas áridas y para comprender mejor los ecosistemas desérticos. Se conoce muy poco acerca de la diversidad y la ecología de los artrópodos de los ecosistemas desérticos de Sonora y por ello los resultados obtenidos con esta investigación servirán como un acervo biológico importante para el conocimiento de la historia natural de la región.

IV. HIPÓTESIS

Las comunidades de artrópodos epigeos asociadas a cada microambiente se verán afectadas en sus estructuras, en especial en la riqueza de especies y en la composición de gremios, debido a la variación en las condiciones microclimáticas y climáticas de verano a invierno.

V. OBJETIVOS

V.1. Objetivo General

Determinar la diversidad de artrópodos epigeos a lo largo del ciclo verano-invierno 2012-2013 en áreas silvestres al norte de la ciudad de Hermosillo, Sonora

V.2. Objetivos Específicos

Determinar la diversidad de artrópodos epigeos en cuatro diferentes microhábitats (bajo dosel de árboles, bajo arbustos, bajo hierbas y en suelo desnudo)

Comparar la diversidad de artrópodos epigeos entre microhábitats y entre las estaciones verano, otoño e invierno

Comparar la estructura trófica de las comunidades de artrópodos epigeos (saprófagos, herbívoros, depredadores y generalistas).

Identificar al mínimo taxón posible los grupos de artrópodos colectados

VI. METODOLOGÍA

Este estudio se llevó a cabo en áreas silvestres cercanas a la ciudad de Hermosillo con el fin de coleccionar artrópodos epigeos a lo largo del ciclo verano-invierno de 2012.

VI.1. Descripción del Área de Estudio

Esta investigación se desarrolló en una región del centro de Sonora, al norte de la ciudad de Hermosillo en la Sierra del Bachoco (Figura 8). El clima de la región central de Sonora se caracteriza por tener veranos cálidos con temperaturas que suelen exceder los 38 °C e inviernos benignos con temperaturas rara vez de menos de 0°C (Wiseman, 1980). La precipitación media anual es de entre 300-500 mm de lluvia/año y la vegetación está dominada por leguminosas como el palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Parkinsonia microphylla*) y mezquite (*Prosopis* spp); cactáceas columnares principalmente pitahaya (*Stenocereus thurberi*); otros árboles como *Ipomea arborescens*, *Guaiacum coulteri*, etc. y arbustos como *Encelia farinosa*.

Se seleccionaron tres sitios de estudio en las faldas de la sierra del Bachoco con una elevación aproximada de 370 metros sobre el nivel del mar (Sitio 1: 29° 9'36.72"N 110°57'15.06"O; Sitio 2: 29° 9'16.20"N 110°57'37.80"O; Sitio 3: 29°10'43.02"N 110°56'16.80"O). En cada sitio se tomaron tres puntos y en cada uno de los tres puntos se escogió al azar un árbol, un arbusto, una herbácea y un parche de suelo desnudo donde se colocarían las trampas de muestreo.

VI.1.1. Sitio 1 (S1)

Es un sitio con vegetación xerófila con estratos vegetales diferenciados (Figura 7). El estrato arbóreo está compuesto principalmente por palo fierro (*Olneya tesota*), palo blanco (*Ipomea arborescens*) y torote papelillo (*Jatropha cordata*) y cactáceas columnares, principalmente la

pitahaya (*Stenocereus thurberi*). Aunque hay otras especies de árboles menos conspicuas y abundantes como el palo verde (*Parkinsonia spp.*) y guayacán (*Guaiacum coulteri*). El estrato arbustivo está compuesto principalmente por sangregado (*Jatropha cardiophylla*), rama blanca (*Encelia farinosa*), *Lycium spp.*, guayacán (*Guaiacum coulteri*), entre otras menos abundantes. El estrato herbáceo está compuesto mayormente por pastos (familia Poaceae) de diferentes especies, entre otras hierbas anuales y perennes. El estrato inter-espacio puede tener variaciones relacionadas a las estaciones, ya que en la época de lluvias disminuye el área desprovista de vegetación debido a la aparición de hierbas anuales.

En este sitio se encuentra poca evidencia de perturbación. No existe ningún tipo de manejo agropecuario en el área ni rastros de actividad humana frecuente. En ciertas áreas se encuentran evidencias de erosión por cárcavas y marcas del paso de arroyos. A priori se puede decir que la vegetación es natural sin mucho efecto de plantas invasoras o introducidas.



Figura 7. Fotografía de Sitio 1 donde se alcanzan a apreciar los estratos arbóreo, arbustivo e interespacio. Esta foto fue tomada antes de la época de lluvias.

VI.1.2. Sitio 2 (S2)

Este sitio se encuentra en las coordenadas 29° 9'16.20"N, 110°57'37.80"O. Es un sitio con vegetación xerófila, se encuentra rodeado por cerros de baja altitud. Es un parque del municipio de Hermosillo conocido por la población como Cerro Johnson. La vegetación de este sitio está diferenciada en los estratos: arbóreo, compuesto principalmente por palo verde (*Parkinsonia microphyllum*), palo fierro (*O. tesota*) y torote prieto (*Bursera laxiflora*); el estrato arbustivo por sangregado (*J. cardiophylla*), rama blanca (*E. farinosa*), uña de gato (*Mimosa* spp), *Asclepia* spp., entre otras. El estrato herbáceo compuesto principalmente por pastos, hierbas anuales y hierbas perennes. El estrato inter-espacio puede tener variaciones relacionadas a las estaciones, ya que en la época de lluvias disminuye el área desprovista de vegetación debido a la aparición de hierbas anuales. Al ser un parque municipal, este sitio presenta evidencias de actividad humana, como caminata, ciclismo y pocos casos de tala de troncos. A este sitio entran automóviles, lo cual podría implicar algún tipo de perturbación. Se pueden encontrar obras de conservación de suelo y agua en el sitio. Ecológicamente no parece haber perturbaciones importantes en la fenología y diversidad de la vegetación.

VI.1.3. Sitio 3 (S3)

El tercer sitio 29°10'43.02"N 110°56'16.80"O, es el más alejado de la ciudad de Hermosillo. Este sitio tiene una vegetación desértica, a priori presenta mayor aridez que los otros dos sitios. Los inter-espacios son mayores en este sitio, es decir, las plantas están más alejadas entre sí. El palo fierro (*O. tesota*) es el principal componente del estrato arbóreo, aunque *S. thurberi* es una planta conspicua en el paisaje también. El estrato arbustivo compuesto principalmente por *J. cordata*, *E. farinosa* y *G. coulteri*. El estrato herbáceo es el menos representado, dominan más los inter-espacios. Sin embargo, se toma como estrato herbáceo individuos de tallas pequeñas de *E. farinosa* y de zacate buffel *Pennisetum ciliare*. Este sitio no presenta perturbación humana, con excepción de los primeros metros adyacentes a la carretera donde se encuentra un depósito de basura, no se encuentran evidencias de manejo pecuario.

VI.2. Trabajo de Campo

En cada sitio de muestreo se utilizarán 36 trampas de caída o pitfall de tamaño mediano (1 litro) con anticongelante automotriz como conservador en campo. Las trampas fueron colocadas bajo tres árboles, tres arbustos, tres hierbas y tres espacios de suelo desnudo, con tres trampas en cada uno, lo que da un total de 108 trampas por sitio. Las trampas quedarán en el campo por 14 días al mes, durante agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre de 2012 y enero de 2013, lo que da un total de 56 días de muestreo. Las trampas monitorearon bisemanalmente y fijando los especímenes en alcohol al 96% para conservar sus caracteres morfológicos. Los artrópodos colectados se recogieron en frascos de distinto tamaño y fueron almacenados en refrigeración para su posterior procesamiento.

VI.3. Identificación de Especímenes

Una vez en el laboratorio las muestras fueron limpiadas, separando los especímenes de los sobrantes de suelo y material vegetal. Se trabajó individualmente con cada espécimen y fueron determinados como morfoespecie y propiamente etiquetados para su posterior análisis. Se excluyeron del análisis aquellos especímenes que hayan estado en estado larvario y taxa que no sean de hábitos epigeos. Con los especímenes restantes se trabajó en la identificación taxonómica hasta el mínimo nivel posible utilizando las claves de identificación de Arnett (et al. 2000), Arnett (et al. 2002), Fisher y Cover (2007) y Kaston (1972). Los especímenes serán montados y estarán en una colección particular.

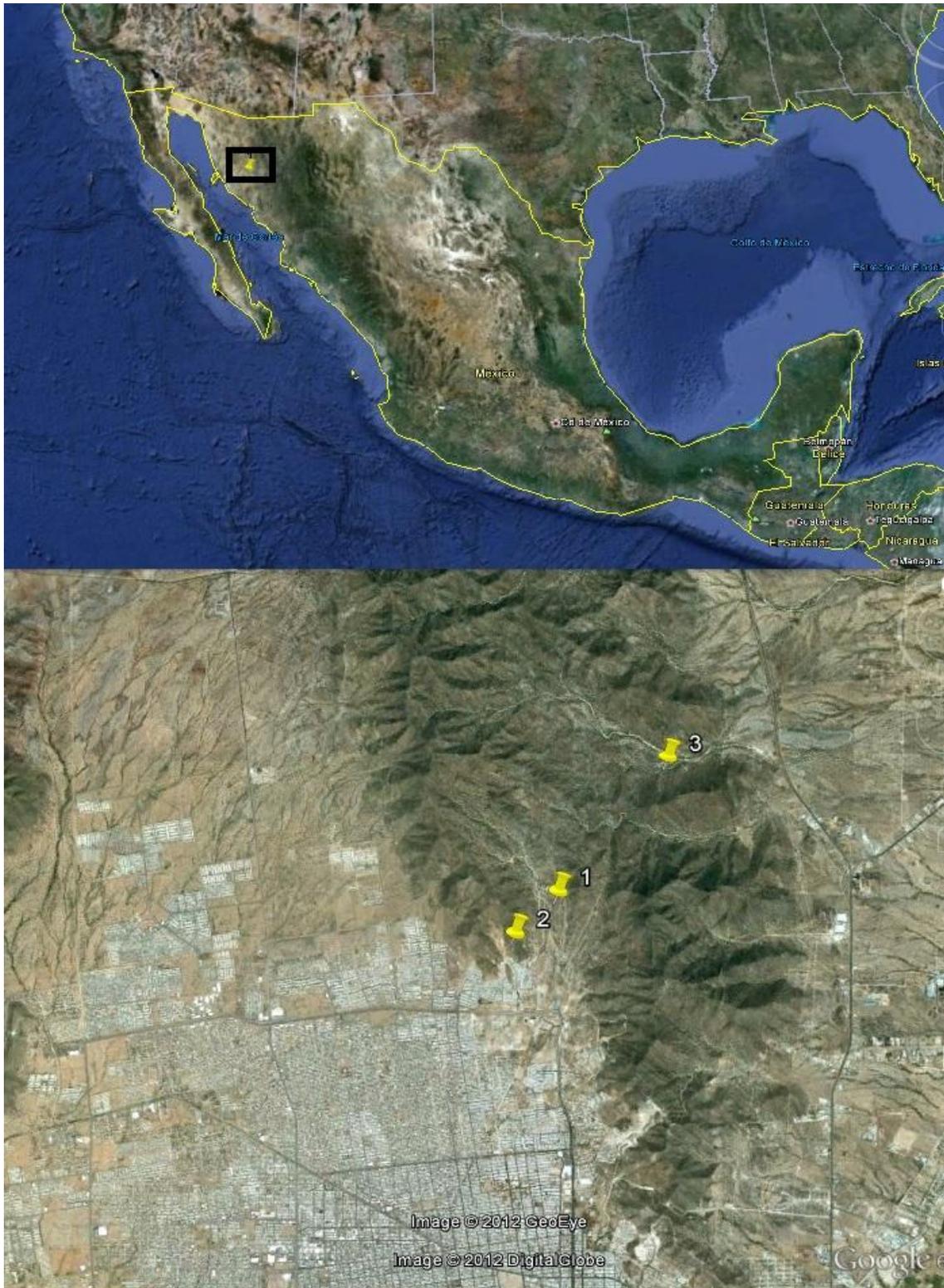


Figura 8 Sitios de estudio. Sitio 1 ($29^{\circ} 9'36.72''\text{N}$, $110^{\circ}57'15.06''\text{O}$); Sitio 2 ($29^{\circ} 9'16.20''\text{N}$, $110^{\circ}57'37.80''\text{O}$); Sitio 3 ($29^{\circ}10'43.02''\text{N}$, $110^{\circ}56'16.80''\text{O}$). Imagen de satélite por Google maps.

VI.4. Análisis de la Diversidad

Con base en la determinación de la riqueza de especies (S), que es el número de especies en un área o muestra, y la abundancia relativa (n_i/N) de cada especie, se determinaron el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (Gaston, 1996):

$$H' = -\sum (n_i/S) \log_{10} (n_i/S)$$

Donde:

S = número total de especies

n_i = número de individuos de cada especie

H' = Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

$-\sum$ = sumatoria desde N hasta especie i igual a 1

\log_{10} = logaritmo base 10

H'_{\max} = Valor máximo de H'

n = número total de individuos de todas las especies

La H' expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra y mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un organismo muestreado al azar (Magurran, 1988; Peet, 1974). La H' asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Se presentan valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988; Moreno, 2001). Para representar la forma en que las abundancias están repartidas entre las especies se utilizó el Índice de Simpson:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde

λ = Índice de Simpson

p_i = abundancia proporcional de la especie i.

Este índice da la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (Lande, 1996; Moreno, 2001).

También se determinaron las similitudes entre las zonas de muestreo a nivel de especies comunes utilizando el índice de Similitud de Jaccard, El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies., y la fórmula es:

$$I_j = c/a + b-c$$

Donde:

I_j = Similitud

c= número de especies en ambos sitios

a= número de especies en el primer sitio

b= número de especies en el segundo sitio

Para hacer las estimaciones de la riqueza de especies se utilizaron los estimadores Bootstrap y Jackknife de primer orden.

$$\text{Bootstrap} = S + (1 - p_j)n$$

Este estimador de la riqueza de especies se basa en p_j , la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j :

$$\text{Jack 2} = S + L(m-1/m)$$

Donde:

m = número de muestras

Se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra L . Es una técnica para reducir el sesgo de los valores estimados, en este caso para reducir la subestimación del verdadero número de especies en una comunidad con base en el número representado en una muestra reduciendo el sesgo del orden $1/m$ (Moreno, 2001).

Los índices de diversidad de Shannon-Wiener y de Simpson, así como los estimadores Jackknife 2 y Bootstrap fueron calculados con el software EstimateS (Colwell, 2011). Los cálculos del índice de similitud de Jaccard fueron hechos a mano.

VI.5. Estructura Trófica de la Comunidad

Para determinar cómo está estructurada la comunidad en términos de grupos alimenticios se utilizó la siguiente clasificación de grupos funcionales (Andrew y Hughes, 2005): saprófagos/detrítívoros, depredadores, masticadores de hojas, chupadores de savia/nectarívoros, hormigas y generalistas. Se comparó la estructura trófica de cada micro hábitat en términos de abundancias y biomasa.

VII. RESULTADOS

VII.1. Riqueza Total de Morfoespecies

Se recolectaron 6,228 individuos que corresponden a 102 morfoespecies, comprendidas taxonómicamente en cuatro clases: Insecta con cuatro órdenes y trece familias, Myriapoda con dos órdenes y dos familias, Arachnida con tres órdenes, y Crustacea con un orden. Para las dos últimas clases no se identificó hasta el nivel de familia.

Los órdenes que representan a la clase Insecta son: Coleoptera representado con las familias Anthicidae (con 2 morfoespecies), Buprestidae (2), Carabidae (5), Elateridae (4), Scarabaeidae (6), Tenebrionidae (13), Trogidae (1), Zopheridae (1); Hymenoptera representado con las familias Formicidae (16) y Mutillidae (3); Hemiptera representado con una morfoespecie (1); Orthoptera representado con dos familias, Acrididae (7) y Gryllidae (2). Los órdenes que representan a la clase Myriapoda son: Chilopoda con la familia Scolopendridae (1) y Diplopoda con la familia Spirostrepsidae (1). La clase Crustacea está representada con el orden Isopoda (1). La clase Arachnida la representan los órdenes Scorpionida (8), Araneae (22) y Solifugae (6).

El total de morfoespecies se clasificó ecológicamente en seis gremios tróficos (Tabla II). El gremio de saprófagos y detritívoros está compuesto por las familias de insectos Tenebrionidae, Trogidae, Scarabaeidae y Zopheridae, y por la morfoespecie del orden Isopoda. El gremio de las hormigas está compuesto por la familia Formicidae, aunque dentro de las hormigas existe una diversidad de roles ecológicos es recomendable agrupar a todas las especies dentro del mismo gremio por cuestiones prácticas y porque tienen características ecofisiológicas similares (Andrew y Hughes, 2005). El gremio de los depredadores consiste en todos los órdenes de arácnidos (Araneae, Scorpionida y Solifugae), Scolopendridae y Carabidae. El gremio de masticadores de hojas está compuesto por Elateridae, Buprestidae y por los milpiés (Spirostrepsidae). Mutillidae y Hemiptera forman el grupo de los chupadores de savia y nectarívoros. El gremio de los generalistas está compuesto por Acrididae, Gryllidae y Anthicidae.

Se calcularon los estimadores de riqueza específica Jackknife2 y Bootstrap. Jackknife2

indica que potencialmente durante el muestreo hubieran podido recolectarse 123±4 especies. Bootstrap indica que potencialmente hay 109 especies (Figura 9). Estos resultados indican que este estudio representa entre el 77% y 90% de la riqueza total de los sitios.

Tabla II. Clasificación de gremios tróficos.

Gremio	Grupo taxonómico	Número de especies
Saprófagos/detrítivos	Isopoda	1
	Tenebrionidae	13
	Trogidae	1
	Scarabaeidae	6
	Zopheridae	1
Depredadores	Araneae	22
	Carabidae	5
	Scolopendridae	1
	Scorpionida	8
	Solifugae	6
Masticadores de hojas	Buprestidae	2
	Elateridae	4
	Spirostrepsidae	1
Chupadores de savia/nectarívoros	Mutillidae	3
	Hemiptera	1
Hormigas	Formicidae	16
Generalistas	Acrididae	7
	Anthicidae	2
	Gryllidae	2

VII.2. Abundancias Relativas Totales

Las especies con la mayor abundancia relativa (mayor a 100 individuos) en todo el muestreo fueron determinadas: *Pogonomyrmex* que reúne el 52 % del total de los especímenes capturados, *Pheidole*, *Canthon*, *Cryptoglossa variolosa*, *Pseudomyrmex* y *Linepithema* que entre todos reúnen el 75.44% del total de especímenes colectados. Se consideraron especies raras las que aparecieron dos o menos veces en el total de muestras, 15 especies aparecieron

solamente una vez y 7 aparecieron dos veces, es decir, el 22% de las especies colectadas son raras. En la Figura 10 se muestra una gráfica de rango-abundancia que muestra la abundancia relativa de todas las morfoespecies. Se nota un patrón de pocas especies abundantes (más de 100 individuos), menos de tres dominantes (más de mil individuos) y relativamente muchas especies representadas con pocos individuos.

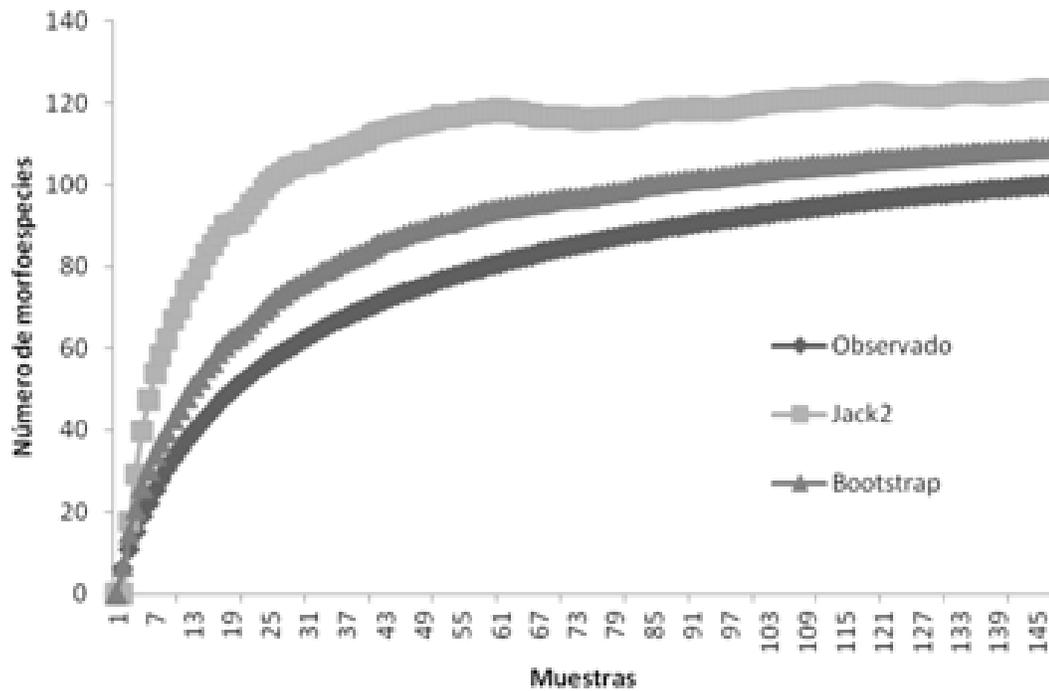


Figura 9. Curvas de acumulación de especies para los artrópodos epigeos de los muestreos entre agosto y diciembre de 2012.

VII.3. Fenología

El patrón general en la fenología es que tanto la riqueza de especies como el número de individuos desciende drásticamente en la transición verano-otoño.

El número de individuos disminuye fenológicamente entre el mes de agosto y el mes de diciembre en un rango de 2,167 a 155. El cambio más drástico en la abundancia se da entre el mes de octubre con 1499 individuos contra 247 especímenes capturados en el mes de noviembre (Figura 11).

La riqueza de especies disminuye fenológicamente. En el mes de agosto la riqueza de especies es de 86, la de septiembre de 57, la de octubre de 47, la de noviembre de 18 y la de diciembre de 13. La precipitación está aparentemente asociada a la riqueza de especies (Figura 12), así como a la temperatura (Figura 13).

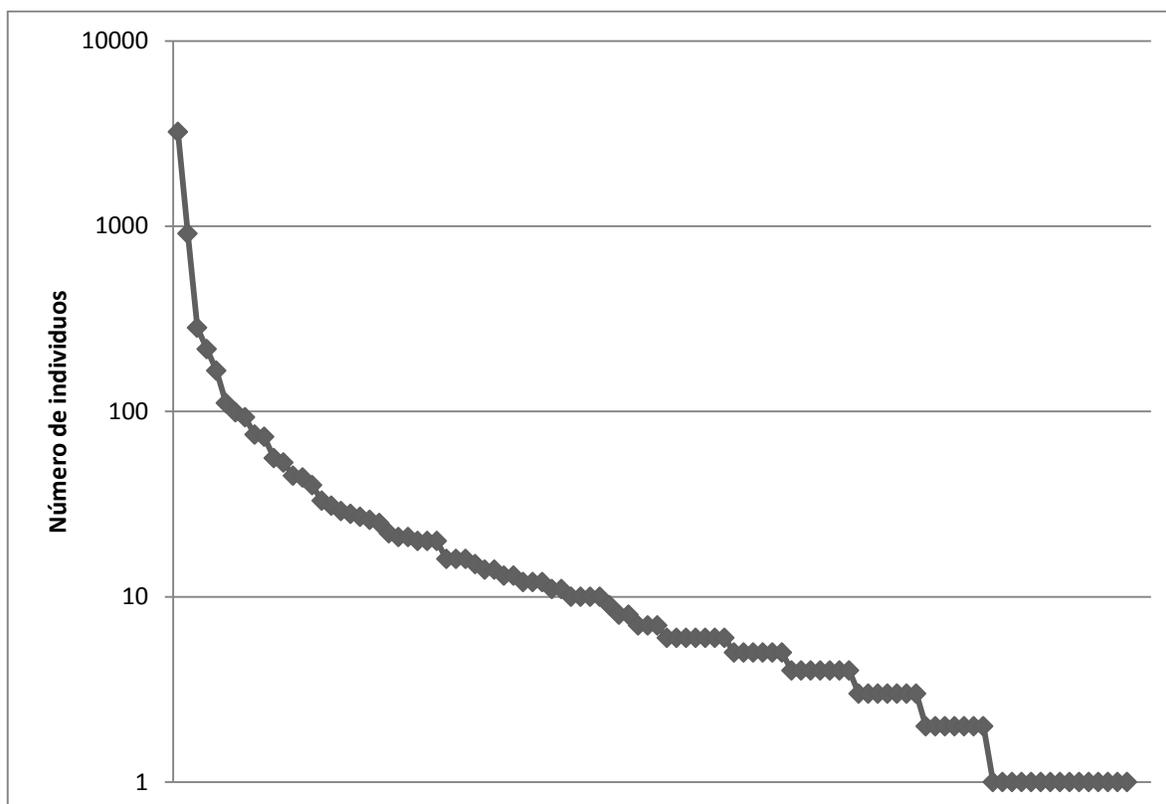


Figura 10. Gráfico que muestra el comportamiento de las abundancias relativas de cada mofa-especie recolectada.

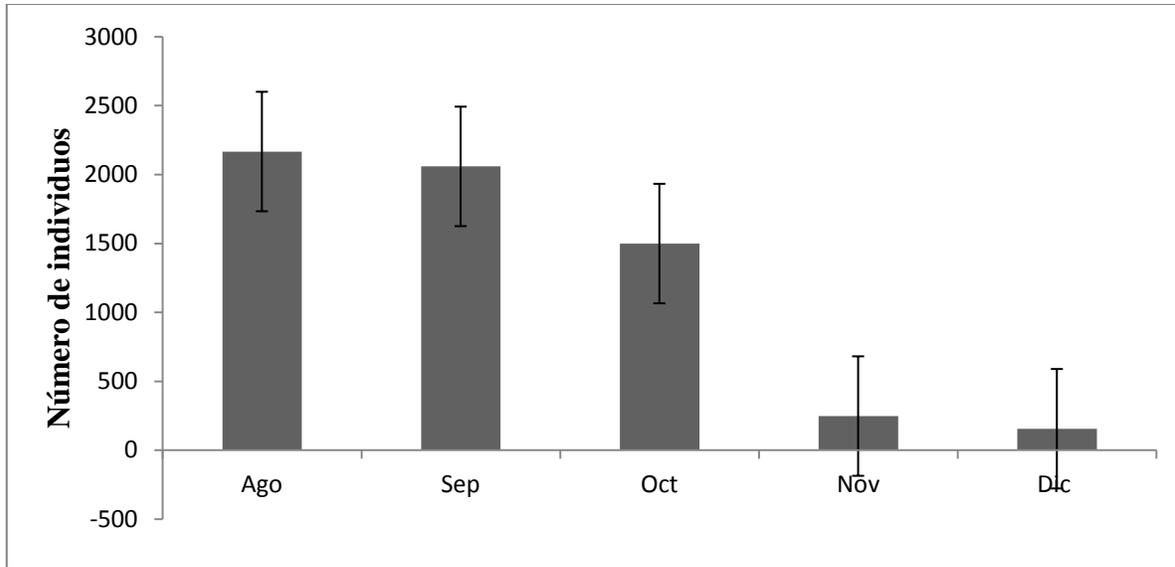


Figura 11. Fenología mensual del número de individuos recolectados.

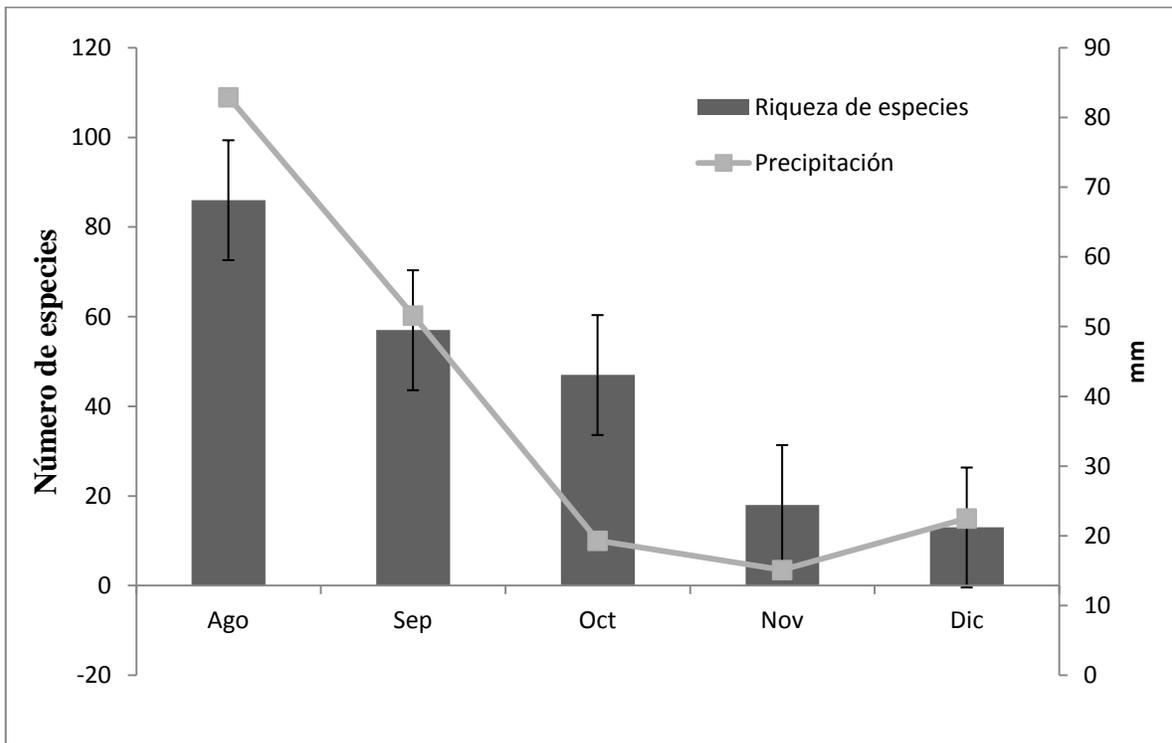


Figura 12. Fenología mensual de la riqueza de especies donde se muestra la asociación con la precipitación media mensual.

La Figura 14 representa los índices de Shannon-Wiener y de Simpson calculados para la diversidad gamma de cada mes que se muestreó. El índice de Shannon-Wiener es de 2.45 en el mes de agosto, de 1.91 en septiembre, de 1.51 en octubre, de 1.03 en noviembre y 1.49 en el mes de diciembre. El índice de Simpson es igual a 4.74 en agosto, 3.16 en septiembre, 2.36 en octubre, 1.72 en noviembre y 3.19 en diciembre. Ambos índices siguen un patrón similar de descender de manera lineal hasta el mes de noviembre e incrementar sus valores en el mes de diciembre, este mismo patrón se presenta con los datos de precipitación media.

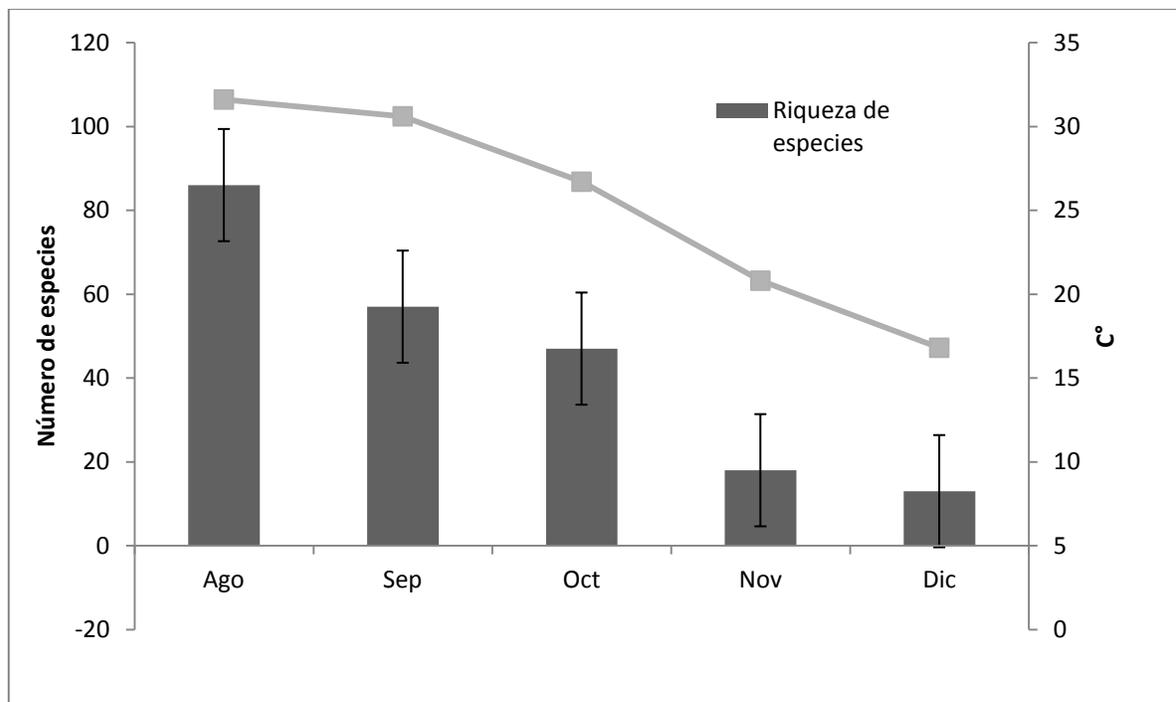


Figura 13. Fenología mensual de la riqueza de especies donde se muestra la asociación con la temperatura media mensual.

VII.4 Comparación de Abundancia y Diversidad de Microhábitats

Las gráficas de rango abundancia para todos los meses y todos los micrositios muestran un patrón. Los artrópodos que se encontraron bajo los doseles viven de forma más equitativa, es decir, es menos abrupta la diferencia entre las especies dominantes con las menos dominantes. Contrario a las muestras en hierbas e interespacios, donde se nota una diferencia mayor entre el número de individuos de las dos o tres especies dominantes con el resto.

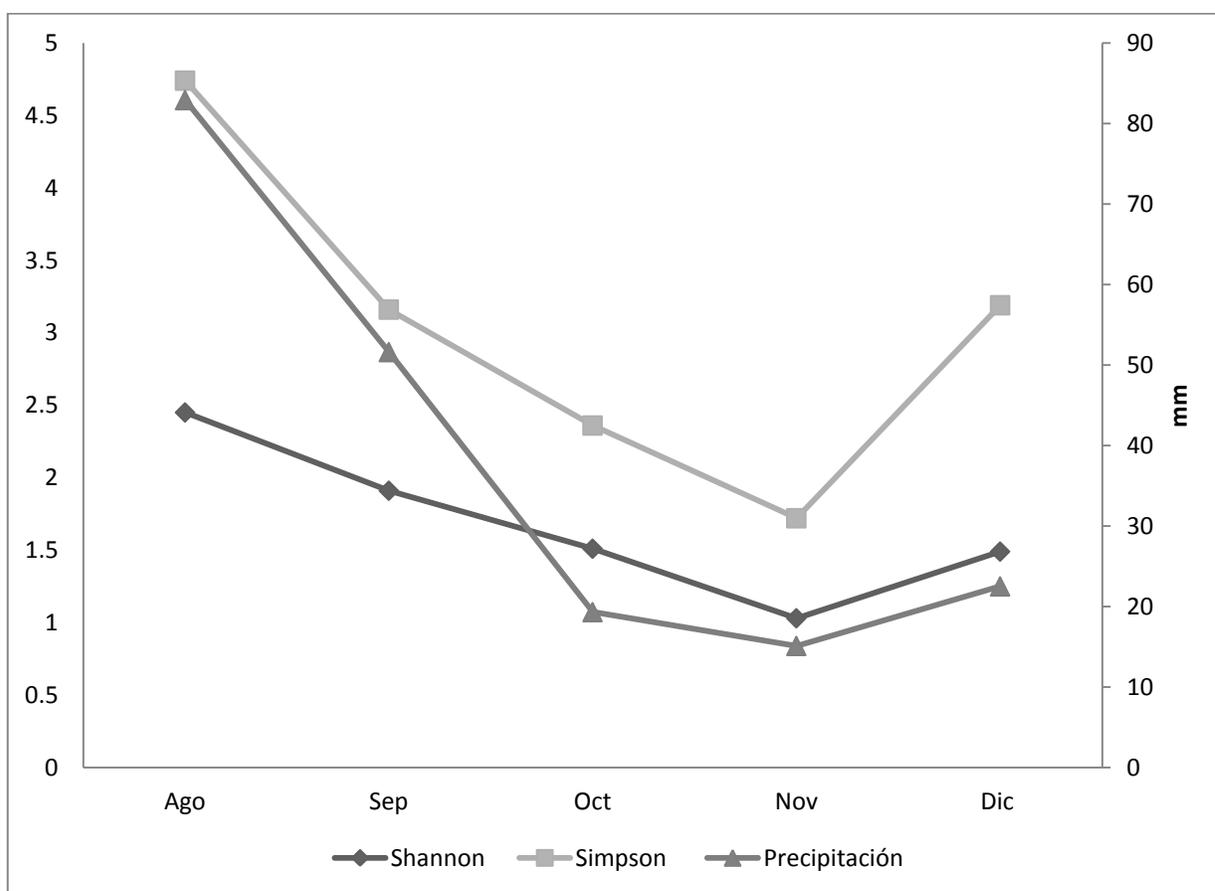


Figura 14. Índices de Shannon-Wiener y Simpson con respecto a los meses muestreados y relacionado con los valores de precipitación media mensual.

En los muestreos del mes de agosto se registraron 2,167 individuos representando a 86 morfoespecies de artrópodos epigeos. En las muestras que corresponden al microhábitat bajo

árboles se registraron 578 individuos y 51 morfoespecies; en las muestras bajo arbustos se registraron 365 individuos y 38 morfoespecies; las asociadas a hierbas registraron 575 individuos y 37 morfoespecies; y en las muestras sobre los interespacios 648 individuos y 43 especies (Figura 15).

Una morfoespecie de hormiga, *Pogonomyrmex* estuvo presente en todas las muestras y representa el 42 % de la abundancia total. 27 morfoespecies ocurrieron una sola vez (singletons) en una sola muestra y 17 especies se encontraron en todos los sitios. En los tres primeros microhábitats *Pogonomyrmex* fue la especie dominante, sin embargo, para el microhábitat de interespacio fue superada por números por otra hormiga *Pheidole*, de menor biomasa y de distribución agregada ya que el 70 % de los individuos de *Pheidole* estuvieron en una sola trampa: mientras de *Pogonomyrmex* es aparentemente de distribución más amplia.

La segunda especie más abundante (6.5 %) fue un coleóptero de la familia Tenebrionidae llamado *Cryptoglossa variolosa* (Horn) de la cual no se cuenta con mucha información ecológica sino taxonómica (Aalbu et al., 2002). Se encontraron 34 morfoespecies raras, 27 registradas una vez y 7 dos veces. Las especies raras pertenecen a varios grupos: coleópteros, hormigas, arañas, miriápodos, isópodos, algunos escorpiones y solífugos y la mayoría de los herbívoros.

En los muestreos de septiembre de 2012 se recolectaron 2,059 individuos que representan 57 morfoespecies de artrópodos de las cuales 20 son raras: 11 aparecen una sola vez en el muestreo y 9 aparecen dos. En las muestras asociadas a los árboles se registraron 229 individuos y 25 morfoespecies; la comunidad asociada a los arbustos registró 288 individuos y 31 morfoespecies.

El microhábitat bajo hierbas presentó 1138 individuos y 39 morfoespecies; mientras que en los interespacios se recolectaron 405 individuos y 34 morfoespecies (Figura 16). *Pogonomyrmex* fue la especie más abundante con un porcentaje de 53 % de abundancia sobre las demás 56 morfoespecies. La segunda especie más abundante fue un escarabajo coprófago, *Canthon* con un 13 %. La hormiga *Pheidole* fue la tercera en abundancia y *C. variolosa* fue dominante después de esas tres especies con un porcentaje de 2.7 %.

En el mes de septiembre se encontraron 20 especies raras: 11 se registraron una sola vez (singletons) y 9 se registraron dos veces (doubletons). La riqueza de especies de arañas disminuyó de 22 registradas en agosto a 5 que se recolectaron en septiembre. En septiembre

dejaron de registrarse los milpiés y algunas familias de insectos, como Buprestidae y Elateridae. Empezaron a aparecer especies grandes como ortópteros del género *Brachystola*, carábidos del género *Calosoma*, tenebriónidos del género *Eleodes* y solífugos de mayor tamaño.

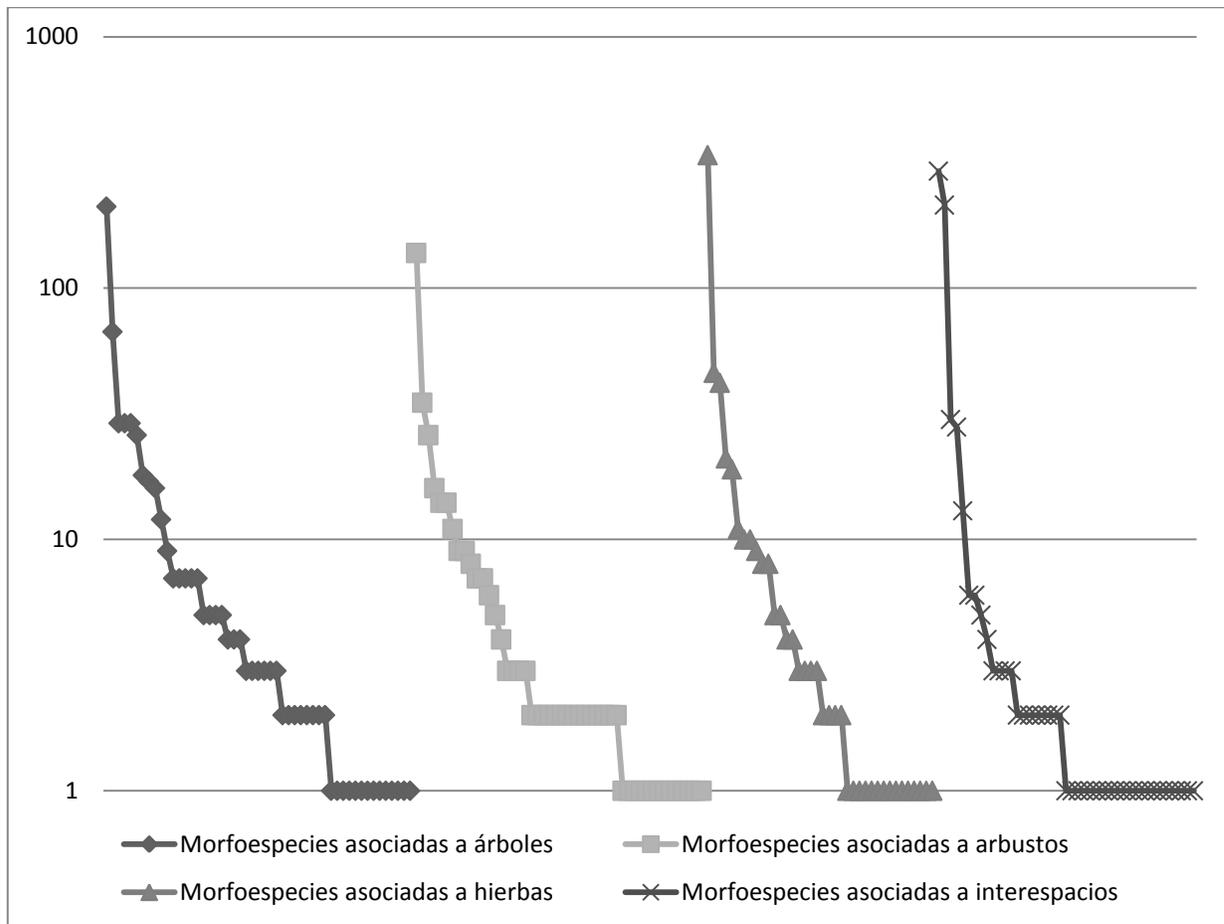


Figura 15. Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker, 1965) de las morfoespecies de artrópodos epigeos recolectadas durante el mes de agosto de 2012.

En los muestreos de octubre de 2012 se recolectaron 1,499 individuos que representan 47 morfoespecies de artrópodos de las cuales 20 son raras: 16 aparecen una sola vez en el muestreo y 4 aparecen dos. En las muestras asociadas a los árboles se registraron 103 individuos y 21 morfoespecies; la comunidad asociada a los arbustos registró 171 individuos y 31

morfoespecies; El microhábitat bajo hierbas presentó 830 individuos y 19 morfoespecies; mientras que en los interespacios se recolectaron 376 individuos y 22 morfoespecies (Figura 17). *Pogonomyrmex* fue la especie más abundante con un porcentaje de 62 % de abundancia sobre las demás 56 morfoespecies. La segunda especie más abundante fue otra hormiga, *Pheidole* con un porcentaje de 20 %. La familia Tenebrionidae tuvo un porcentaje de abundancia del 8 %. El restante 10 % lo conforman arácnidos, isópodos y otros insectos como ortópteros y otros coleópteros.

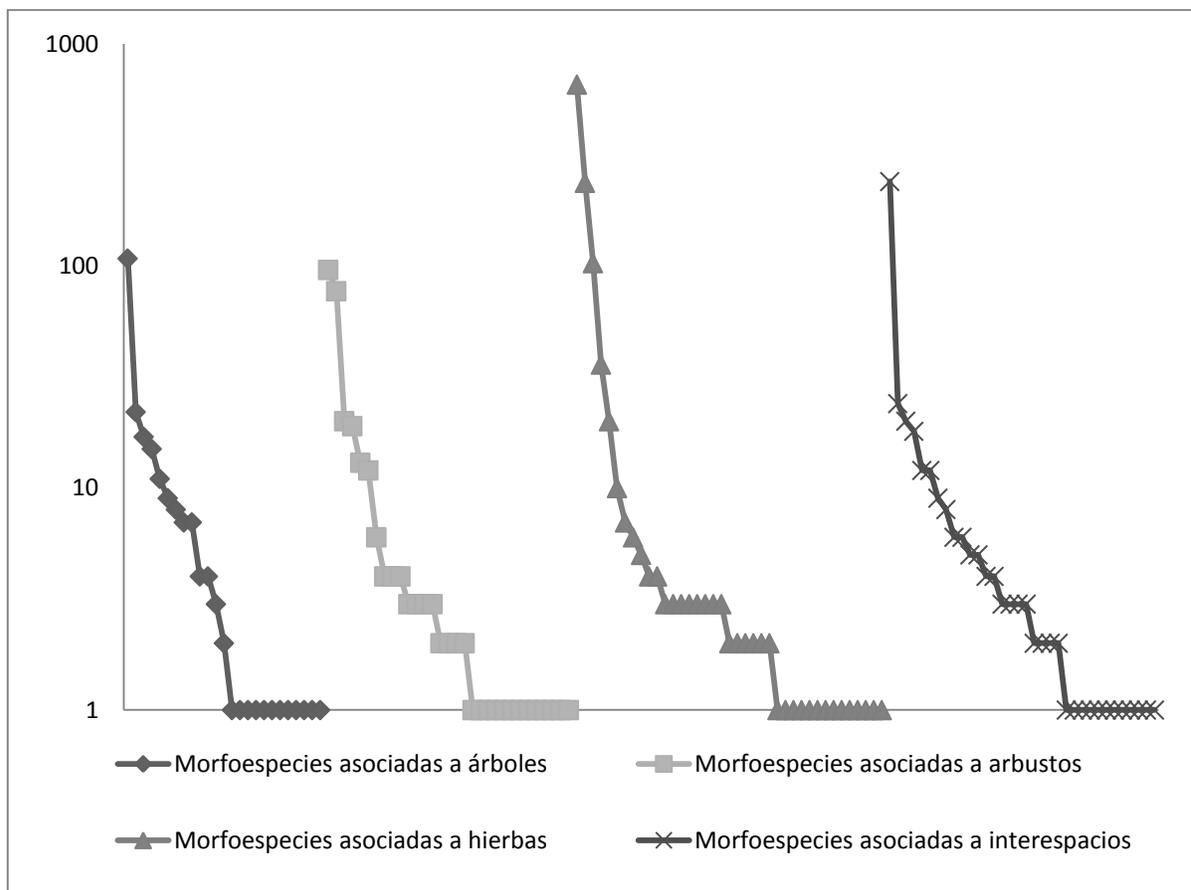


Figura 16. Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker, 1965) de las morfoespecies de artrópodos epigeos recolectadas durante el mes de septiembre de 2012.

El número de individuos disminuyó drásticamente en el mes de noviembre, donde se registraron 247 individuos representados en 18 especies. 186 individuos (75 %) pertenecen a la especie *Pogonomyrmex*, de los cuales 86 se encuentran bajo hierbas y 72 en interespacios. Hubo 13 especies raras; 11 se registraron una sola vez y 2 dos veces, las cinco morfoespecies con más de 2 individuos fueron tres morfoespecies de hormiga, un representante de la familia Mutillidae (Hymenoptera) y una especie de isópodo (Figura 18). Bajo el microhábitat de árboles se recolectaron 38 individuos y 9 especies; bajo los arbustos se recolectaron 32 individuos y 9 morfoespecies; bajo el microhábitat de hierbas se registraron 99 individuos y 7 morfoespecies; y en los interespacios fueron 78 individuos y 5 morfoespecies.

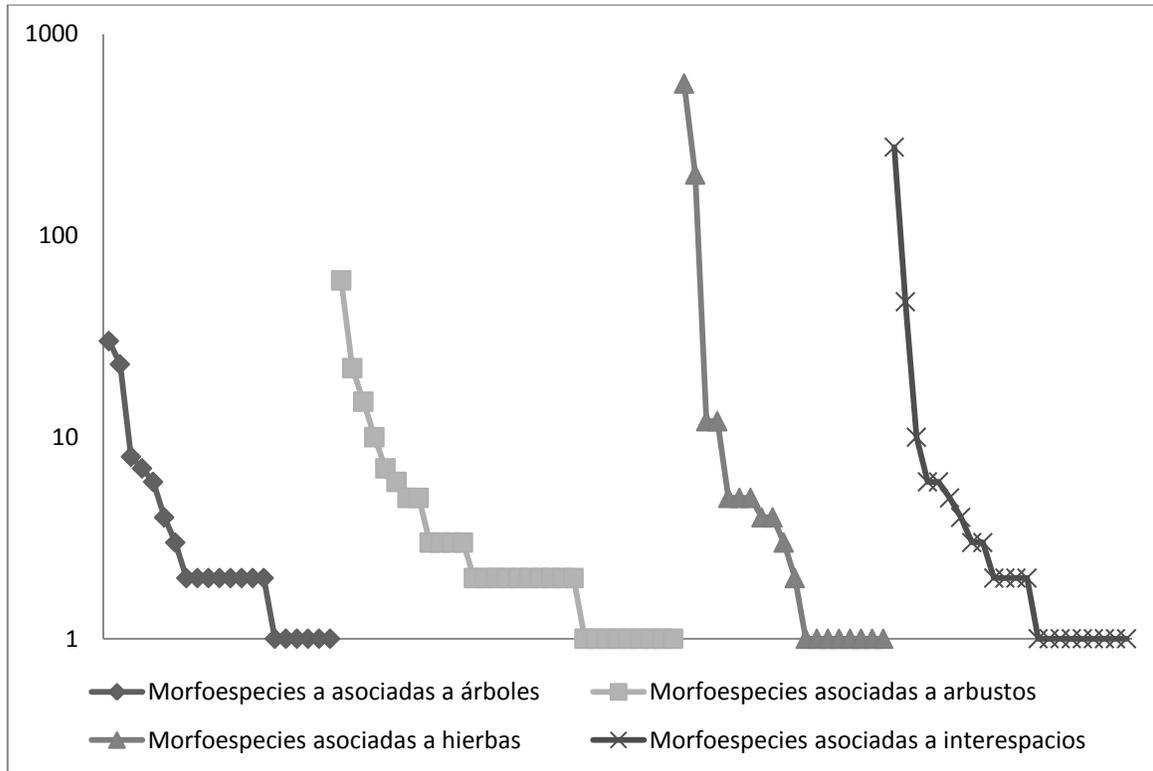


Figura 17. Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker, 1965) de las morfoespecies de artrópodos epigeos recolectadas durante el mes de octubre de 2012.

En el mes de diciembre se contabilizaron 155 individuos representados con 13 especies, de las cuales, dos morfoespecies del género *Pogonomyrmex* fueron las más abundantes con un porcentaje de 79 %. Hubo 8 especies raras; 5 registradas una vez y 3, dos veces. Coleópteros, otras hormigas y mutílidos. En el microhábitat bajo árboles la comunidad de artrópodos fue de 4 individuos y tres especies (dos hormigas y una Mutillidae); bajo arbustos se contaron 52 individuos y 7 especies; bajo hierbas se registraron 82 individuos y 7 especies; y en los interespacios se registraron 17 individuos con 7 especies (Figura 19).

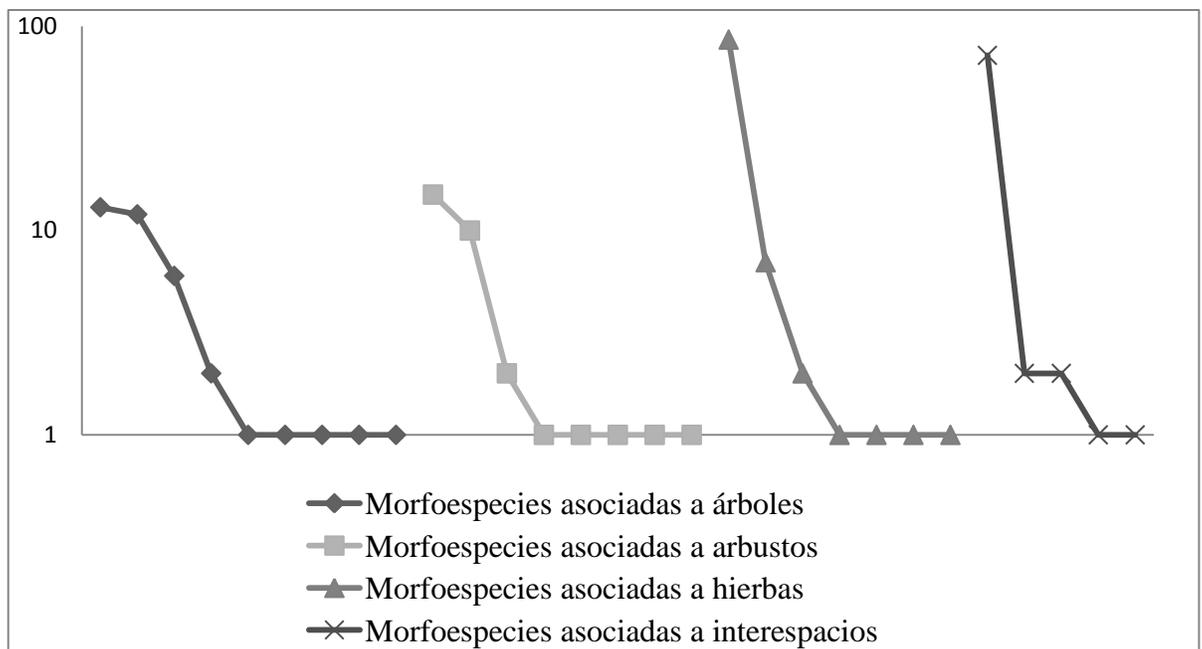


Figura 18. Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker, 1965) de las morfoespecies de artrópodos epigeos recolectadas durante el mes de noviembre de 2012

Los valores del índice de Shannon-Wiener (H') para cada mes y para cada microhábitat fluctúan en un rango de entre $H'=0.37$ para el interespacio del mes de noviembre y $H'=2.67$ para árbol y arbusto en el mes de agosto. En la tabla III se presenta el valor de H' para todos los meses y todos los microhábitats. La diversidad de los microhábitats de árboles y de arbustos tiene picos en agosto y octubre. Ambos tienden a descender después del mes de octubre y tienen el mismo valor de diversidad de $H'=1.03$ en diciembre (Figura 20). La diversidad en el microhábitat de hierbas desciende hasta el mes de noviembre de $H'=1.69$ a $H'=0.37$ e incrementa en el último mes hasta $H'=1.34$, lo cual es un comportamiento similar a la diversidad de los interespacios con la excepción de que este tiene un pico de diversidad en septiembre de $H'=1.89$. Durante casi todo el muestreo los valores más altos de diversidad estuvieron en las comunidades de los microhábitat bajo árboles y bajo arbustos, al final del muestreo los valores de H' en todos los tratamientos son parecidos.

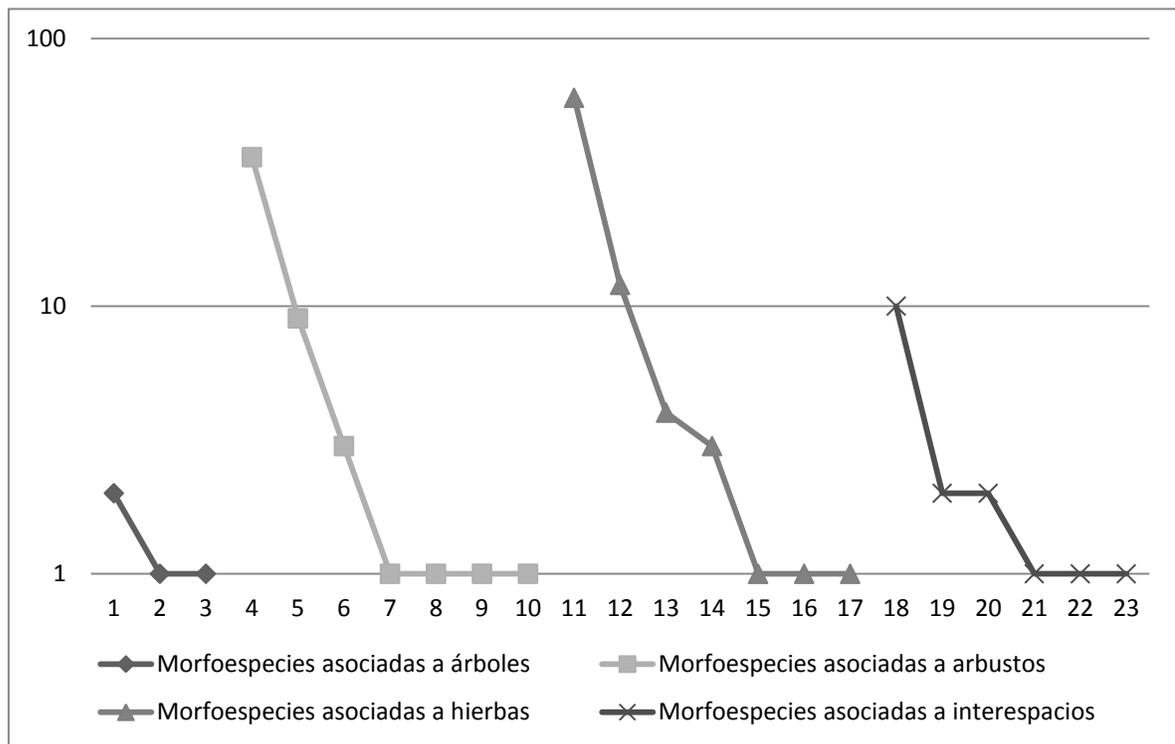


Figura 19. Curvas de dominancia/diversidad (Whittaker plots: Whittaker, 1965) de las morfoespecies de artrópodos epigeos recolectadas durante el mes de diciembre de 2012.

Tabla III. Valores del índice de Shannon-Wiener (H') para todos los meses y todos los microhábitats del muestreo.

	Árbol	Arbusto	Hierba	Inter-espacio
Agosto	2.67	2.67	1.84	1.69
Septiembre	2.08	2.2	1.48	1.89
Octubre	2.35	2.54	0.97	1.15
Noviembre	1.66	1.43	0.57	0.37
Diciembre	1.03	1.03	0.94	1.32

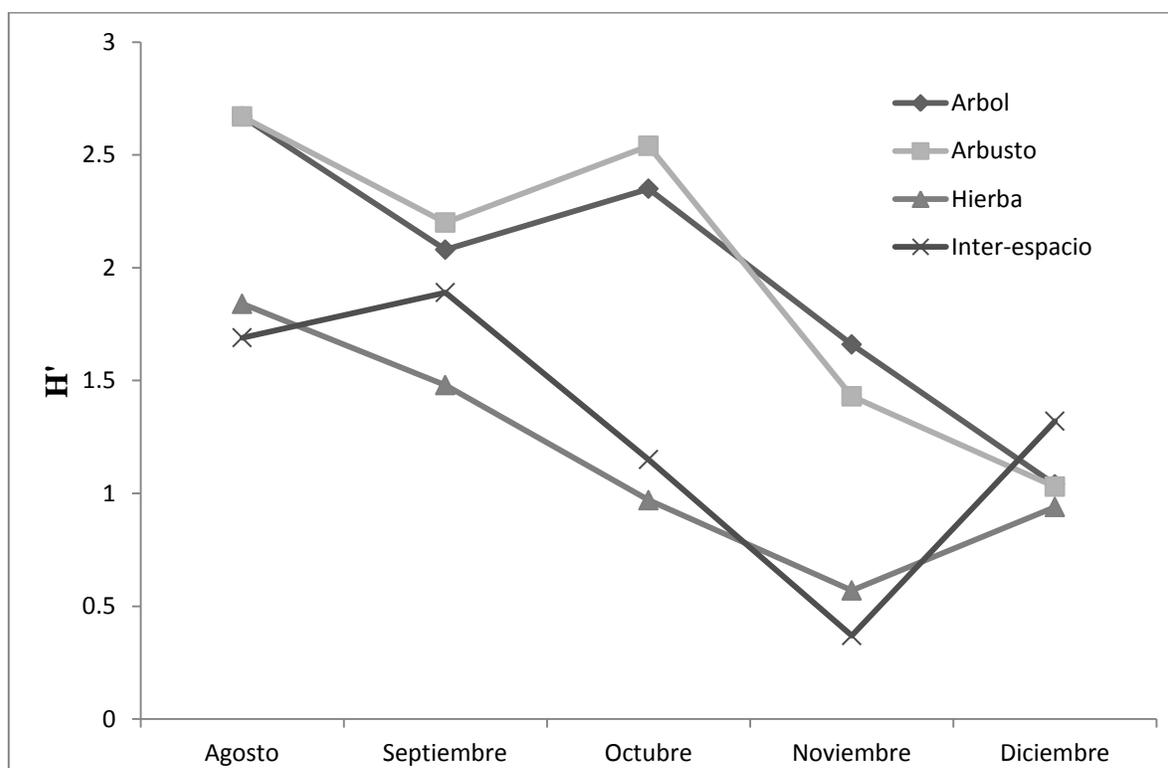


Figura 20. Índice de Shannon-Wiener con respecto a cada mes del año y a cada microhábitat.

VII.5 Similitud entre Microhábitats

Se presentan los valores de similitud según el índice de Jaccard de cada microhábitat con los demás en todos los meses de estudio en las tablas III, IV, V y VI. Sin excepción, todas las microhabitats comparados tienen un valor menor o igual que 0.5 (solamente un caso, Tabla VI). El valor más alto del índice de Jaccard se presentó en la comparación del microhábitat de árboles contra el de interespacios en el mes de diciembre con el 50 % de similitud teniendo tres morfoespecies en común; mientras el más bajo se presentó en la comparación entre microhábitat de árbol contra interespacio en el mes de noviembre con un 16 % (Tabla VI) teniendo dos morfoespecies en común. En conclusión, ninguna comunidad comparte similitud con otra.

Tabla IV. Comparación de los valores del índice de similitud de Jaccard entre los microhábitat en el mes de agosto de 2012.

	Arbusto	Hierba	Interespacio
Árbol	0.4	0.31	0.43
Arbusto	X	0.37	0.42
Hierba	X	X	0.45

Tabla V. Comparación de los valores del índice de similitud de Jaccard entre los microhábitat en el mes de septiembre de 2012.

	Arbusto	Hierba	Interespacio
Árbol	0.44	0.39	0.41
Arbusto	X	0.43	0.43
Hierba	X	X	0.4

Tabla VI. Comparación de los valores del índice de similitud de Jaccard entre los microhábitat en el mes de octubre de 2012.

	Arbusto	Hierba	Interespacio
Árbol	0.37	0.33	0.34
Arbusto	X	0.38	0.43
Hierba	X	X	0.37

Tabla VII. Comparación de los valores del índice de similitud de Jaccard entre los microhábitats en el mes de noviembre de 2012.

	Arbusto	Hierba	Interespacio
Árbol	0.21	0.33	0.16
Arbusto	X	0.25	0.18
Hierba	X	X	0.33

Tabla VIII. Comparación de los valores del índice de similitud de Jaccard entre los microhábitat sen el mes de diciembre de 2012.

	Arbusto	Hierba	Interespacio
Árbol	0.25	0.25	0.5
Arbusto	X	0.27	0.18
Hierba	X	X	0.3

VII.6 Estructura de Comunidades

Se describe la estructura de las comunidades de artrópodos en cada microhábitat en base a las generalidades de la historia natural de cada familia u orden de artrópodos. Las hormigas forman un gremio propio por sus características de abundancia y hábitos. Se tomaron los parámetros de abundancia relativa de los individuos de cada grupo taxonómico y de biomasa relativa.

VII.6.1 Estructura Trófica de la Comunidad Basada en Abundancias Relativas

En la estructura trófica de comunidad de artrópodos epigeos sumando los 6,228 individuos (Figura 21) de todo el muestreo el gremio de las hormigas está representado con 65.88 % en árboles, 67.48 % en arbustos, con 80.69 % en el estrato herbáceo y con 83.5 % en los interespacios; la proporción de hormigas tiende a incrementar a lo largo del gradiente de aridez. De manera contraria el gremio de los saprófagos/detritivoros disminuye con el gradiente microambiental, figurando el 21 % en árboles, 19 % en arbustos, 15 % en hierbas y 10 % en los interespacios. El grupo de los depredadores es más numeroso en los hábitats de dosel amplio con 6.3 % y 7.4 %, mientras que en el estrato herbáceo de 2.2 % y en interespacios de 3.8 %; los depredadores son menos activos cerca del estrato herbáceo. Los generalistas de alguna manera son parte estable de la comunidad, en orden microclimático los porcentajes son 3.2 %, 3.65 %, 1.51 % y 1.7 %. Los herbívoros representan minoría en la comunidad de artrópodos en los cuatro microhábitats: los chupadores de savia presentan los porcentajes 1.78 %, 1.22 %, 0.22 % y 0.85 %; y los masticadores de hojas 1.98 %, 1.11 %, 0.15 % y 0.33 %.

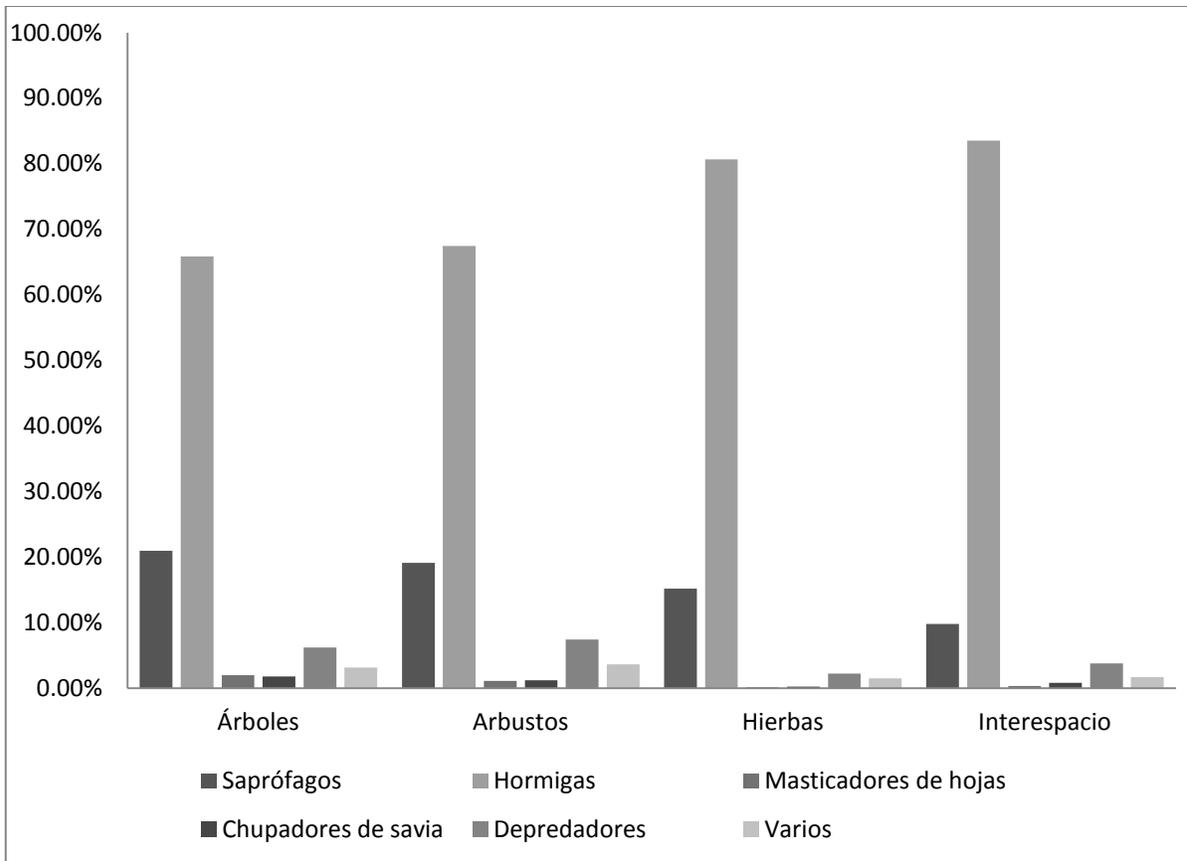


Figura 21. Gráfica que muestra la estructura trófica de la comunidad en cada microhábitat con respecto a la abundancia relativa de las morfoespecies para los individuos de todo el muestreo.

VII.6.2 Estructura Trófica de la Comunidad Basada en Biomasa

De acuerdo al peso seco de cada morfoespecie se calculó la estructura trófica de la comunidad en términos de biomasa en todo el muestreo (Figura 22). En los microhábitats bajo doseles amplios (árboles y arbustos) el gremio de los saprófagos es dominante con 43 % y 36 % de proporción. Este gremio está compuesto principalmente por escarabajos de las familias Tenebrionidae y Scarabaeidae de tamaños que van desde mediano a grande, en todos los microhábitats son conspicuos aunque aparentemente no son los más dominantes en el estrato herbáceo ni en interespacios (23 % y 26 % respectivamente).

De manera contraria, las hormigas son más importantes en, términos de biomasa, en zonas más abiertas dominando el estrato herbáceo con el 40 % y los interespacios con 26 %. Los espacios abiertos son dominados por depredadores (37 %), principalmente por

escorpiones y solífugos de tallas grandes que no se encuentran en micróhabitats bajo dosel amplio. Los generalistas se mantienen en un rango de entre 7 % y 17 %, no son dominantes bajo ninguna condición. Los herbívoros (chupadores de savia y masticadores de hojas) son los más inconspicuos, presentando proporciones entre 1 % y 3 %.

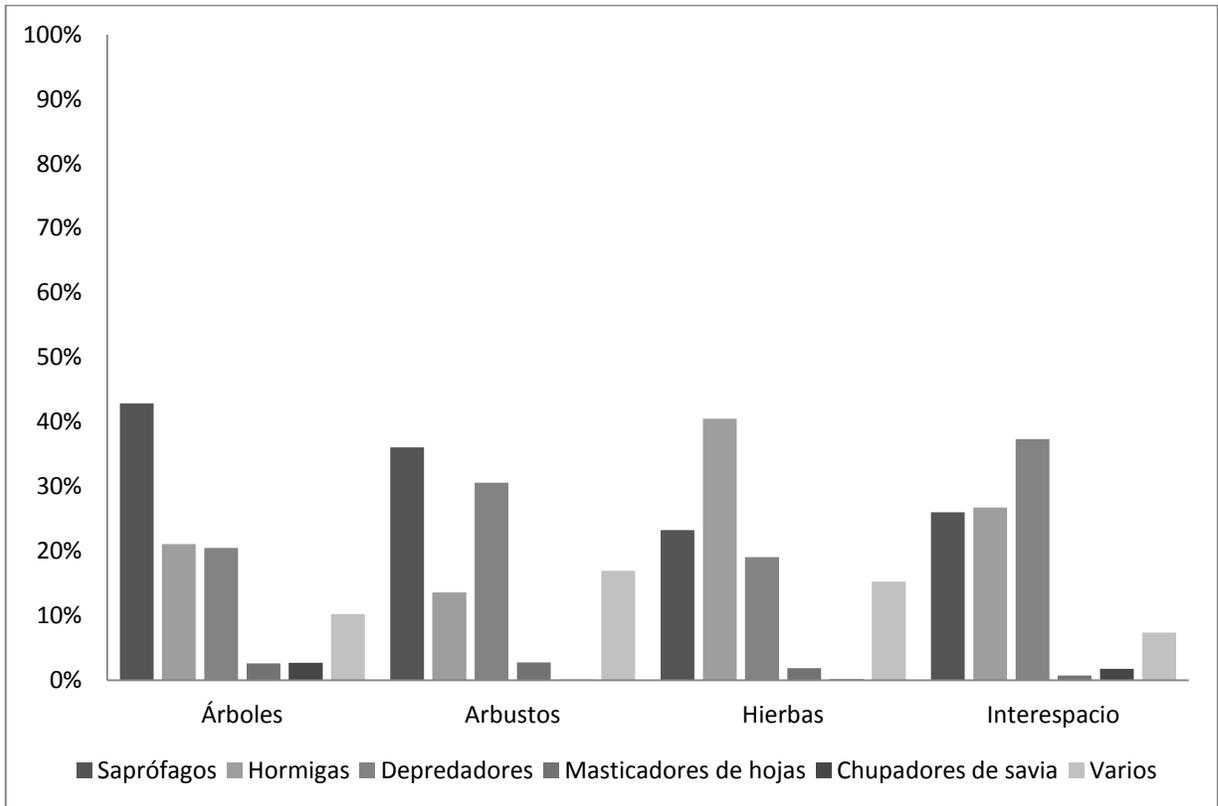


Figura 22. Representación de la estructura trófica de la comunidad con respecto a la biomasa relativa de cada gremio durante todos los meses de muestreo.

VIII. DISCUSIÓN

Las especies dominantes (*Linepithema*, *Pogonomyrmex*, *Pheidole*, *Canthon*, y *Cryptoglossa variolosa*) representan menos del 5 % de la riqueza de especies pero más de 75 % de la abundancia de individuos. Las gráficas de rango-abundancia de este estudio son típicas de zonas áridas (He y Legendre, 2002), con un gradiente empinado que significa que hay poca equidad dentro de la comunidad, muchas especies raras y pocas especies abundantes (Magurran, 2004).

El presente estudio corrobora con el estudio de Franklin (2012) que el grupo de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) presenta una resiliencia remarcable en un gradiente de temperatura y humedad dado por la diferencia del tipo de vegetación, además, este trabajo añade que las hormigas son fenológicamente más resilientes que los otros grupos de artrópodos epigeos. Las hormigas estuvieron activas a lo largo de todo el gradiente de aridez (árbol-arbusto-hierba-interespacio), sin embargo, su actividad es mayor en el estrato herbáceo y espacios abiertos. La mayoría de los nidos de hormigas se encuentran en esos sitios y los datos muestran que ahí hay mayor abundancia de formícidos que en hábitats bajo doseles. Quizá sea porque la competencia sea menor en dichos espacios o porque sus recursos alimenticios sean fácilmente encontrados cerca de hierbas e/o interespacios. Se sabe de *Pogonomyrmex* por su historia natural que es un elemento conspicuo de ecosistemas áridos y semiáridos, que sus colonias son de números moderados a grandes y que son eficientes forrajeras de semillas e insectos muertos (Fisher y Cover, 2007), esta especie es la que conforma el 52 % del total de individuos, la mayoría de las otras especies de hormigas no comparten la resiliencia y dominancia de esta.

La resiliencia ecológica se define como la capacidad de un ecosistema para responder a una perturbación resistiendo y recuperarse rápidamente e incluso ser más eficiente que antes de la perturbación (Hollings, 1973), sin embargo, este término puede aplicarse a poblaciones y comunidades. En este estudio el término resiliencia no se refiere a un evento de perturbación como tal, sino a la respuesta de los grupos a la diferencia de condiciones microambientales. En los parches con espacios abiertos las condiciones son extremas, sin embargo, hay grupos que son más exitosos (tanto numéricamente como funcionalmente) en estos que en microhábitats más mésicos.

Los escarabajos de la familia Tenebrionidae son parte conspicua de la comunidad, probablemente más en términos de biomasa, pero si se excluye el número de algunas especies de hormigas, serían dominantes. Se sabe que los miembros de esta familia (Flores et al, 2004; Aalbu et al. 2002; Phillips y Venworth, 2000) son insectos ecofisiológicamente adaptados a las zonas áridas por presentar las siguientes características: mecanismos de control de pérdida de agua, reducción de la temperatura, control de ciclos de actividad, hábitos alimenticios, etc. Tenebrionidae en este estudio está representado por 13 especies, de las cuales solo una se considera rara por haber presentado una abundancia de dos individuos en todo el muestreo.

La disminución del número de individuos está relacionada con la disminución de la entrada de agua y por la disminución de la temperatura, sin embargo, se aprecia una resiliencia al comienzo del otoño, el mes de octubre tiene un valor de precipitación del 75 % menor al que tiene el mes de agosto y presenta una alta abundancia, del orden de los meses donde la precipitación alcanza los valores más altos. En el mes de noviembre este número de individuos desciende drásticamente desde 1,499 a 247. Este fenómeno podría deberse a la suspensión de la actividad de las hormigas, de los saprófagos y depredadores causada por el cambio de condiciones ambientales. Estos resultados son similares a Flores et al (2004) donde de igual manera la mayor abundancia es en verano y disminuye en el otoño.

Las comunidades de artrópodos epigeos tienden a suspender su actividad, sin embargo, es posible que la diversidad de ellos aumente en pulsos según el modelo de pulso-reserva (Noy Meir, 1979). Los índices de Shannon y de Simpson corroboran que la diversidad y equidad en las comunidades siguen un patrón similar al de la lluvia, ambos valores descienden desde el mes de agosto hasta el mes de noviembre y hay un pequeño pulso de precipitación en diciembre, en el cual, la diversidad de la comunidad aumenta. En noviembre la riqueza de especies es de 18, pero 13 son raras (75 %) y eso hace que la diversidad disminuya, la estrategia ecológica que sigue dominando la comunidad es la resiliencia de la hormiga *Pogonomyrmex* que representa el 75% de los individuos; contrario a lo que sucede en diciembre que aunque la riqueza de especies es de 13 con 8 especies raras (62 %), con las condiciones de aumento de precipitación se le permite a otras especies, básicamente hormigas, ser más competitivas y de algún modo equilibrar la comunidad. En el mes de diciembre *Pogonomyrmex* presenta el 38 % de dominancia.

Existen microhábitats aprovechados por los artrópodos que no fueron incluidos en

este estudio, por ejemplo: bajo las rocas, donde se puede encontrar humedad y temperaturas más bajas que en la superficie, ahí pasan la mayor parte del día algunos arácnidos, coleópteros, isópodos, entre otros (observación personal); y los microhábitats relacionados al excremento de mamíferos (Halffter, 1982), los cuales son ocupados por escarabajos coprófagos (Scarabaeidae y Trogidae) por presentar mayor humedad y alimento para estos escarabajos especializados en su digestión. En los sitios de estudio no hay ningún tipo de manejo ganadero, sin embargo, este estudio corrobora que estos escarabajos se agregan al presentarse dichas condiciones, como se describe en Halffter (1982) de los hábitos gregarios de los escarabajos. La especie de escarabajo *Canthon* alcanzó una abundancia relativa de 237 (11.5 %) individuos en el mes de septiembre, lo interesante es que 230 individuos fueron colectados en una sola trampa del estrato herbáceo. Dicho fenómeno fue percibido en el campo y se hizo una exploración de las zonas adyacentes y se encontraron restos de excremento, posiblemente humanos.

Las comunidades asociadas a los microhábitats (bajo árbol, bajo arbusto, bajo hierba e interespacio) se comportan de manera similar a lo largo del año: los rangos entre especies de los que viven bajo árboles y arbustos son siempre menores que los de hierbas e interespacios, hecho que se refleja en los índices de diversidad, los primeros sostienen valores mayores de diversidad; los microhábitats del estrato herbáceo e interespacio siguen el patrón similar de una o dos especies dominantes cuyo rango con las demás especies es muy grande, lo cual, hace que disminuya la diversidad aun teniendo una riqueza de especies similar. Las condiciones microambientales (Franco y Nobel, 1989) que existen bajo los árboles y arbustos podrían permitir a las especies funcionar en un rango óptimo, lo cual hace que la competencia sea mayor bajo el dosel y se reduzca la abundancia de especies dominantes; mientras que en espacios abiertos la radiación solar, el albedo y la evaporación se reduciría el número de especies competidoras y ocurra que las especies resilientes incrementen sus números o que haya especies que sean malas competidoras pero adaptadas para sostenerse en condiciones de extrema aridez.

Ecológicamente las comunidades bajo árboles y bajo arbustos siguen el mismo patrón fenológico con respecto a su diversidad, así como el estrato herbáceo y los espacios abiertos. Las primeras dos muestran valores más altos de diversidad al principio y disminuyen drásticamente al terminar la temporada productiva; las dos últimas mantienen valores bajos de diversidad incluso en la temporada benéfica, descienden en el otoño y al principio del invierno

se ven beneficiados por el pulso de agua de esa temporada. Al final del muestreo las cuatro comunidades se mantienen con valores de diversidad similares. Se puede afirmar con este estudio que la dinámica de isla de fertilidad (Garner y Steinberger, 1989) es un elemento clave para el funcionamiento de las comunidades de artrópodos. Este fenómeno es más notable en los meses con picos de temperatura y precipitación. La presencia de árboles y arbustos es primordial para la conservación y el funcionamiento adecuado de zonas desérticas.

Con los valores del índice de Jaccard se aprecia que la similitud entre los sitios siempre es menor del 50 %, lo que significa que hay especies exclusivas de cada microhábitat, y que además no hay similitud entre ninguna comunidad. Los valores de los índices de diversidad de árboles y arbustos son similares en cuanto a que siguen el mismo patrón de comportamiento, sin embargo, tienen menos del 50 % de especies en común en los meses de agosto y septiembre; menos del 40 % de similitud en octubre; y en los últimos dos meses de muestro solamente un 21 % y 25 % de similitud. Es resaltable esta diferencia de composición de especies entre microhábitats aparentemente similares porque implica que las comunidades de artrópodos están relacionadas de manera más estrecha con cada forma de vida vegetal, se ha estudiado que los doseles crean heterogeneidad micro ambiental que favorece la diversidad de animales (Rossi y Villagra, 2001). Sin embargo, no se ha estudiado porque hay diferencias en la composición de especies de diferentes especies de árboles y arbustos.

La estructura trófica de la comunidad basada en las abundancias relativas presenta diferencias interesantes con la que está basada en biomasa. El gremio de los depredadores en términos de abundancia está mejor representado en el microhábitat de los árboles que en los interespacios; sin embargo, dicha proporción cuando la estructura está basada en biomasa los interespacios presentan una proporción del 37 % del total, esto quiere decir que en los espacios abiertos hay pocos individuos depredadores pero con mayor biomasa, como ciempiés, escorpiones y solífugos grandes. Mientras que los depredadores que están bajo árboles y bajo arbustos son más pequeños pero más numerosos: como arañas, pequeños escorpiones, insectos depredadores, entre otros.

Una razón probable por la cual se hayan recolectado depredadores de mayor tamaño en los interespacios es que estas especies suelen establecer sus madrigueras en estos espacios y son de hábitos nocturnos, esto aumenta la probabilidad de ser recolectados en este tipo de microhábitats, además de que les es más fácil la cacería de sus presas en espacios donde haya

menos escondites y mayor libertad de movimiento de estos animales grandes (Phillips y Venworth, 2000). Probablemente el hábitat de los artrópodos que se recolectaron bajo árboles y bajo arbustos sea sobre los mismos árboles o bajo la hojarasca que hay bajo el dosel (Kaston, 1972).

El gremio de los saprófagos y detritívoros disminuye en número de individuos a lo largo del gradiente de aridez a medida que el número de hormigas aumenta. Con respecto a la biomasa ocurre algo similar solo que en interespacios la biomasa total de saprófagos es mayor, es porque hay pocos individuos de especies grandes de hábitos nocturnos. El gremio de las hormigas es indiscutiblemente dominante al trabajar con la abundancia de los individuos, sin embargo, no es tan obvio cuando se compara la biomasa con especies de mayor tamaño que pertenecen a otros gremios aunque aún tienen una presencia notable. La biomasa de las hormigas es mayor cerca del estrato herbáceo, probablemente porque forrajean semillas de plantas anuales para alimentarse.

En el trabajo de Flores et al. (2004) los grupos más abundantes de artrópodos bajo el dosel de su árbol de estudio (*Prosopis flexuosa*) fueron las familias de insectos: Tenebrionidae, Scarabaeidae, Elateridae y Mutillidae; y los grupos de arácnidos: Solifugae, Scorpionida y Aranae. En dicho trabajo se excluyó la familia de las hormigas. Los árboles utilizados en este estudio fueron aleatoriamente el mezquite (*Prosopis glandulosa*), el palo fierro (*Olneya tesota*) y el palo blanco (*Ipomea arborescens*) y dado que en el presente estudio y en el que menciona Flores et al. (2004) son zonas áridas con fluctuación térmica de 42 °C en verano y -10 °C en invierno con precipitación anual entre 50 y 200 mm, podría esperarse una abundancia y composición de especies similar. En este estudio se recolectaron todos los taxa que fueron los más importantes en el estudio de Flores et al. (2004), sin embargo, hay diferencias bastante marcadas en la riqueza de especies.

Flores et al. (2004) colectaron especímenes durante dos años con un total de 228 taxa, de los cuales 137 se obtuvieron en el primer año. En el presente se colectó durante 5 meses y se omitió la estación de primavera, estación que en Flores et al. (2004) se agregó el 28 % de los taxa. En este estudio se recolectaron bajo el dosel de los árboles 76 morfoespecies (excluyendo a las hormigas), el número de especies recolectadas fue menor porque el número de doseles también es menor, sin embargo, este estudio no tiene por objetivo determinar la riqueza de especies que hay bajo los doseles, sino compararla con los espacios abiertos.

También el hecho de que la zona de estudio en Flores et al. (2004) sea una reserva ecológica puede influir en dicho número, ya que la zona de estudio del presente tiene una gran influencia humana.

La conservación de los ecosistemas desérticos es importante por los beneficios y servicios ambientales que podemos adquirir de ellos, y ecológicamente por la estructura y funcionamiento que tienen. Se conoce relativamente poco de las interacciones de la fauna con el ambiente en este tipo de sistemas, entonces la importancia de conocer el funcionamiento de la diversidad de la comunidad de artrópodos epigeos, tanto en especies como en funcionamiento, tiene peso en la conservación del ecosistema completo.

IX. CONCLUSIONES

Los órdenes que representan a la Clase Insecta son: Coleoptera representado con ocho familias; Hymenoptera representado con las familias Formicidae y Mutillidae; Hemiptera representado con una morfoespecie; Orthoptera representado con dos familias, Acrididae y Gryllidae. Los órdenes que representan a la clase Myriapoda son: Chilopoda con la familia Scolopendridae y Diplopoda con la familia Spirostrepsidae. La clase Crustacea está representada con el orden Isopoda. La clase Arachnida la representan los órdenes Scorpionida, Aranae y Solifugae.

La diversidad de artrópodos epigeos es mayor en los microhábitats bajo los doseles de árboles y arbustos que en el estrato herbáceo y espacios abiertos. El mayor número de individuos fue presentado en hierbas e interespacio.

La diversidad en los cuatro microhábitats tiene patrones fenológicos marcados: La riqueza de especies y el número de individuos disminuye con la estacionalidad, los valores de diversidad de las comunidades bajo árboles y bajo arbustos siguen el mismo patrón, así como las de hierbas e interespacio.

Los microhábitats bajo árboles y arbustos son favorables para la diversidad de artrópodos epigeos porque permiten la competencia entre mayor número de especies; en espacios abiertos se encuentran las especies más resilientes a las condiciones ambientales. Se concluye que no hay similitud entre ninguno de los microhábitats estudiados.

Los gremios más importantes con respecto a la abundancia de individuos fueron: hormigas, saprófagos/detrítvoros, depredadores, varios y herbívoros (chupadores de savia y masticadores de hojas). El primero sigue un patrón ascendente y el segundo un patrón descendente con respecto al gradiente de aridez, el gremio de los depredadores es ligeramente más numeroso bajo los doseles; los generalistas y herbívoros se mantienen al margen con pocos números.

Los gremios más importantes con respecto a la biomasa relativa fueron: saprófagos/detrítvoros, depredadores, hormigas, generalistas y herbívoros. Los primeros tres gremios son los más importantes pero son similares entre ellos. Bajo árboles los saprófagos son los más importantes, bajo arbustos los mismos más los depredadores, en hierbas las hormigas tienen la mayor biomasa y en los interespacio están los depredadores y saprófagos

de mayor tamaño más un valor grande de hormigas.

Con base a los resultados obtenidos se pueden inferir tres estrategias ecológicas principales: 1) bajo árboles y arbustos las condiciones microambientales permiten una mayor competencia entre especies y así una mayor diversidad, 2) en el estrato herbáceo y espacios abiertos las especies resilientes aprovechan para ser dominantes y 3) especies que son malas competidoras resisten en espacios abiertos.

X. LITERATURA CITADA

- Aalbu, R. L., C. A. Triplehorn, J. M. Campbell, K. W. Brown, y R. E. Somerby. 2002. Tenebrionidae. En: Thomas en Arnett, R. H., M. C. Thomas, P. E. Skelley y J. H. Frank, eds. American beetles. CRC Press. United States of America.
- Andrew, N. R. y L. Hughes. 2005. Arthropod community structure along a latitudinal gradient: Implications for future impacts of climate change. *Austral Ecology* 30:281-297.
- Arnett, Jr. R. H. 2000. American Insects. Segunda edición. CRC Press. USA.
- Arnett, R. H., M. C. Thomas, P. E. Skelley y J. H. Frank. 2002. American beetles. CRC Press. United States of America.
- Asner, G. P., Elmore, A. J., Olander, L. P., Martin, R. E., Thomas Harris, A. 2004. Grazing systems, ecosystem responses and global change. *Annual Revision of Environmental Resources* 29:261-299.
- Bailowitz, R. A. y J. Palting. 2010. Biodiversidad de los insectos con especial énfasis en Lepidoptera y Odonata. En: F. E. Molina-Freaner y T. R. Van Devender, eds. Diversidad biológica de Sonora. UNAM, México.
- Borror, D. J., C. A. Triplehorn y N. F. Johnson. 1985. An introduction to the study of insects. Sexta edición. Brooks Cole. USA.
- Briese, D. T. y B. J. McCauley. 1977. Physical structure of an ant community in semi-arid Australia. *Australian Journal of Ecology* 2:107-120.
- Brito-Castillo, L., M. A. Crimmins y S. C. Díaz C. 2010. Clima. En: F. E. Molina-Freaner y T. R. Van-Devender, eds. Diversidad biológica de Sonora. UNAM, México.
- Bueno-Villegas, J., P. Sierwald y J. E. Bond. 2004. Diplopoda. En: J. Llorente, J. J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas, eds. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. IV. UNAM, CONABIO, México.
- Castrezana, S. J. 2010. Artrópodos terrestres no hexápodos. En: F. E. Molina-Freaner y T. R. Van Devender, eds. Diversidad biológica de Sonora. UNAM. México.
- Chambers, N., Y. Gray y S. Buchmann. 2004. Polinizadores del desierto Sonorense. Arizona Sonora Desert Museum. Tucson, Arizona, E. U. A.
- Colwell, R. K. 2011. *EstimateS*, Version 8.2: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide). Freeware for Windows and Mac OS.
- Crawford, C. S. 1988. Surface-active arthropods in desert landscape: Influences of microclimate, vegetation, and soil texture on assemblage structure. *Pedobiologia* 32:373-385.
- Franco, A. C. y P. S. Nobel. 1989. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth on cacti. *Journal of Ecology* 77:870-886
- Flores, G. E., S. J. Lagos y S. Roig-Juñent. 2004. Artrópodos epígeos que viven bajo la copa del algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en la Reserva Telteca (Mendoza, Argentina). *Multequina* 13:71-90.
- Franklin, K. 2012. The remarkable resilience of ant assemblages following major vegetation change in an arid ecosystem. *Biological Conservation* 148:96-105.
- Gaston, K. J. 1996. Species richness: measure and measurement. In: Biodiversity: a biology of numbers and difference. K. J. Blackwell Science, Cambridge.
- Gaston, K. J. y J. I. Spicer. 1998. Biodiversidad: introducción. Acribia, España.

- Garmer, W. y Y, Steinberger. 1989. A proposed mechanism for the formation of “fertile islands” in the desert ecosystem. *Journal of Arids Environments* 16: 173-177.
- Halfpter, G., Edmonds, D. 1982. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). An Ecological and Evolutive Approach. Instituto de Ecología A. C. México.
- He, F. y Legendre, P. 2002. Species diversity patterns derived from species-area models. *Ecology* 83:1185-1198.
- Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1-23.
- Huston M. A. 1996. Biological diversity. The coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jones, R. W. 2012. What do we know of the insects of Sonora, México? Biodiversity and management of the madreanarchipiélago III. Tucson, AZ.
- Kaston, B. J. 1972. How to know the spiders. San Diego State University. Tercera edición.
- Krebs, J. 1985. Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. Segunda edición. ED. Harla. México.
- Konstantinov, A. S., B.A. Korotyaev y M. G. Voldcovitsh. 2009. Insect biodiversity in the palearticregión. En Foolit, R.G. y P.H. Adler: Insect biodiversity Science and Society. Wiley Publishers. UK.
- Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos* 76:5-13.
- Losos, E. C. 2004. Habitat specialization and species rarity in forest dynamics plots. Introduction. En: Losos, E. C.; Egbert Jr., G. L. (eds.). Tropical forest diversity and dynamism. Findings from a large-scale plot network. The University Chicago Press, Chicago.
- Levings, S. C. y Windsor, D. M. 1996. Seasonal and annual variation in litter arthropod populations. En: Leight, E. G. Jr.; Rand, A. S.; Windsor, D. M. (eds.). The ecology of a tropical forest. Seasonal rhythms and long-term changes. Smithsonian Tropical Research Institution.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell.
- Noy Meir, I. 1979. Structure and function of desert ecosystems. *Isr. J. Botany* 12:108-118.
- Odum, P. E. 1972. Ecología. Ed. Interamericana. México.
- Peet T, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5:285-307.
- Phillips, S. J. y P. Ventworth. 2000. A natural history of the Sonoran desert. Arizona-Sonora desert museum. Tucson, AZ.
- Ramírez-González A. 2006. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Bogotá: editorial pontificia Universidad Javariana.
- Roig-Juñent, S., G. Flores, S. Claver, G. Debandi, A. Marbaldi. 2001. Monte Desert (Argentina): insect biodiversity and natural areas. *Journal of Arid Environments* 47:77-94.
- Rossi, B y E. Villagra, 2001. Efecto de *Prosopis flexuosa* sobre los estratos arbustivo y herbáceo

- y las condiciones microambientales, pp. 77-83. En: Claver, S. y Roig-Juñent, s. (eds.): el desierto del monte: la reserva de la biósfera de ñaculián. Editorial triunfar, Córdoba.
- Tauber, M. J., C. A. Catherine y S. Masaki. 1986. Seasonal adaptations of insects. Oxford. New York, EUA.
- Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 2005. Borror and Delong's introduction to the study of insects. 7th edition. Thomson, Brooks/Cole. USA.
- Shreve, F. 1951. Vegetation of the Sonoran Desert. Carnegie Institution of Washington, Publication No. 591. Washington, D. C.
- Sokal, R y F. J. Rohlf. 1995. Biometry, 3rd Ed. W.H. Freeman. New York.
- Walker, H. M. y Lev, J. 1969. Elementary statistical methods. Third Ed. International Series in Decision Processes. Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York.
- Waterman, P. G; McKey, D. 1992. Herbivory and secondary compounds in rain-forest plants. En: Lieth, H.; Werger, M. J. A. Tropical rain forest ecosystems. Biogeographical and ecological studies. Elsevier, New York.
- Wiseman, F. M. 1980. The edge of the tropics: the transition from tropical to subtropical ecosystems in Sonora, Mexico. Geosci. Man 21:141-156.
- Whitford, W. G. 2002. Ecology of desert systems. Academic Press, Elsevier Science. USA.
- Zar, J. F. 1984. Bioestadistical Analysis. ED. Prentice-Hall. 2da. Edición, New Jersey, USA.