UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE ECOLOGÍA

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE INSECTOS EN *Opuntia* spp. EN EL DESIERTO CHIHUAHUENSE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

GABRIEL SANDOVAL BELTRÁN

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MA. DEL CARMEN MANDUJANO SÁNCHEZ

MÉXICO, D.F FEBRERO, 2008

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

Resumen……. i

Abstract..... ii

Introducción..... 1

Objetivos..... 9

Especies de estudio..... 10

Métodos..... 12

Resultados..... 20

Discusión..... 32

Conclusiones..... 40

Bibliografía..... 41

RESUMEN

En este trabajo se determinó la estructura de la comunidad de insectos sobre *Opuntia rastrera* Weber y *O. streptacantha* Lemaire en el Desierto Chihuahuense, con este objetivo se realizaron muestreos en cuatro localidades; Mapimí, Dgo.; Zacatecas, Zac.; Salinas de Hidalgo, S. L. P. y Santiago de Pinos, Zac., muestreando la comunidad de insectos mediante la técnica de fumigación. Durante un año se realizaron censos bimestrales y se capturaron un total de 2933 organismos, con una abundancia relativa distribuida en diez órdenes: Diptera 38.3%, Hymenoptera 23.4%, Coleoptera 16%, Homoptera 6.3%, Hemiptera 6.1, Lepidoptera 3%, Dictyoptera 2.9%, Tysanura 1.9% Thysanoptera 1.6% y Neuroptera 0.5%.El índice de diversidad de Shannon-Wiener ($H^{\prime}$) y la riqueza mostraron que entre Mapimí 3.35, Zacatecas 3.39, Salinas 3.54 y Santiago 3.42 no hay diferencias. El índice de Jaccard indicó una mayor similitud entre la comunidad de insectos de Zacatecas y Santiago Zac. (0.32), y mayores diferencias entre Mapimí y Salinas (0.18). Con el índice de similitud de Czekanowski, los lugares más similares fueron Salinas y Santiago (0.65) y los más disímiles Mapimí y Salinas (0.26). En general la abundancia de insectos fue alta de septiembre a noviembre y baja en diciembre y febrero, mostrando una relación entre la fenología de la planta y la estacionalidad. En las nopaleras se observaron los siguientes gremios: fitófagos, depredadores y saprófagos. De los insectos considerados como plaga se colectaron en las cuatro localidades a los hemípteros *Nardia femorata* Stål y *Chelinidea canyona* Hamlin.

Palabras clave: Cactaceae, Comunidad, diversidad, estructura, insectos.

ABSTRACT

We describe the insect community associated to *Opuntia* species from the Chihuahuan desert. The study sites were located in four locations, Mapimi in the state of Durango, Salinas de Hidalgo in San Luis Potosi and Santiago de Pinos and Zacatecas both in the state of Zacatecas. The studied species were *Opuntia rastrera* Weber and *O. streptacantha* Lemaire which are the dominant plant species within vegetation types designated as *Opuntia* dominated scrublands or nopaleras. Bimonthly censuses were conducted at the four localities to determine the composition of the insect community as well as biodiversity indices. A total of 2,933 organisms were captured distributed in ten orders: Diptera 38.3%, Hymenoptera 23.4%, Coleoptera 16%, Homoptera 6.3%, Hemiptera 6.1, Lepidoptera 3%, Dictyoptera 2.9%, Tysanura 1.9% Thysanoptera 1.6% and Neuroptera 0.5%. Total diversity measured with the Shannon-Wiener index (H') indicated that the four studied sites were very similar (Mapimí 3.35, Zacatecas 3.39, Salinas 3.54 and Santiago 3.42). The Jaccard index suggested greater similarity between insect communities at Zacatecas and Santiago localities (0.32) and greater differences between Mapimi and Salinas (0.18). In general total abundance of insects was higher from September to November than that from December to February showing a relationship with plant phenology. In addition the following groups were characterized during the study into three main groups: predators, phytophagous and saprophagous. Among the insects that were collected and are considered important pest for *Opuntia* species the hemipteran *Nardia femorata* Stål and *Chelinidea canyona* Hamlin were recorded.

Key words: Cactaceae, community, diversity, structure, insects.

I. INTRODUCCIÓN

La flora y fauna en México se pierden por causas antrópicas, esto es alarmante porque ocurre en poco tiempo y a gran velocidad. Por ejemplo la erosión y la desertificación son resultado de la deforestación, el saqueo, la quema de la vegetación y el sobrepastoreo (Vázquez-Yanes y Btis, 1996). En las zonas áridas se presentan serios problemas de degradación del suelo, saqueo de especies nativas e introducción de especies exóticas. El Desierto Chihuahuense tiene la misma problemática, lo que pone en riesgo su gran riqueza en cuanto a flora y fauna (Gatica-Colima, 2004).

Una solución plausible para la recuperación de zonas áridas es la restauración, cuyo objetivo es llevar un ecosistema alterado o degradado a restablecer sus funciones físicas, químicas y biológicas originales previas al disturbio (Berger, 1990). Puede estar destinada a recuperar un hábitat destruido o degradado, o a crear condiciones equivalentes a las de dicho hábitat, de forma que, si no fuera posible reproducirlo fielmente, al menos se consiga corregir o compensar de modo satisfactorio los problemas originados a causa de la intervención humana o de algún desastre natural (Terradas, 2001).

La problemática ambiental se ha agudizado en las últimas décadas producto de varios factores, como son el acelerado crecimiento demográfico, la distribución desequilibrada de la población en el territorio, la pobreza, las desigualdades sociales, el bajo nivel educativo, bajos ingresos, los niveles altos de natalidad y mortalidad infantil, así como desnutrición, las pautas de acceso y uso de los recursos naturales, las tecnologías utilizadas para la explotación, así como los patrones de producción y consumo vigentes (FLACSO *et al*., 2000). Esto ha ocasionado una variedad de problemas ambientales que van de lo local a lo global, afectando a las especies desde

nivel celular hasta los grandes ecosistemas, lo cual implica que se requiere de acciones inmediatas para detener y revertir las tendencias de deterioro, entre las que se pueden mencionar la inapropiada disposición de desechos industriales y domésticos, la deforestación, el agotamiento de las fuentes hidrológicas, la contaminación del aire, suelo y agua, la saturación y agotamiento del potencial de los suelos productivos y la pérdida de suelo (FLACSO *et al*., 2000). Todas estas actividades pueden llevar a una casi irreversible degradación ambiental, como es la denominada desertificación. Más que el simple avance de las dunas, la desertificación implica una degradación del suelo tan grande que la tierra pierde la capacidad de sostener su riqueza y diversidad biológica, causando la pérdida de especies y destrucción de ecosistemas, incluidas las zonas semiáridas (Dajoz, 2002).

En México las zonas áridas y semiáridas comprenden entre el 50% y el 60% (Challenger, 1998). El matorral xerófilo ocupa aproximadamente una superficie de 575 000 km², de los cuales 70% están sobrepastoreados, de modo que únicamente el 30% de la superficie total de estos ecosistemas mantienen vegetación primaria (Challenger, 1998; SEMARNAP, 2000). El estudio de los insectos con frecuencia queda excluido de muchos de los trabajos sobre conservación de áreas y organismos, olvidando que constituyen la fracción más importante de la diversidad de un territorio (Piera, 1997), además de tener gran importancia ecológica (p. ej., polinización) y económica (p. ej., plagas). Por ello, es necesario enfocar los esfuerzos hacia la restauración de las comunidades en zonas áridas, sin olvidar el binomio planta-insectos y el conjunto de relaciones que existen entre las diferentes especies, entre sí y con el medio en el que viven (Ehrlich y Raven, 1969; Wilson, 1992).

En las regiones áridas del norte de la República Mexicana, y en particular el desierto Chihuahuense, hay varias especies de nopal silvestre que crecen en forma natural, son muy resistentes a la sequía, representan un medio para conservar la humedad y la fertilidad, detienen la erosión del suelo deforestado y dan refugio a muchos animales, entre ellos los insectos (Granados, 1996). Es por lo antes mencionado que el objetivo de este trabajo fue evaluar la estructura de la comunidad de insectos asociados con nopaleras de *Opuntia rastrera* Weber y *O. streptacantha* Lemaire en el Desierto Chihuahuense, con el fin de conocer su abundancia, fenología, diversidad y la forma en que se relacionan con las plantas. Se busca que el estudio de la estructura de comunidades sirva como herramienta para estudiar los insectos asociados a *O. rastrera* y *O. streptacantha* a través del tiempo. Asimismo, es deseable aportar parámetros de referencia para los trabajos de restauración y conservación, ya que al pretender restaurar una nopalera no es suficiente con plantar nopales, es necesario saber la cantidad de insectos que debemos tener en nuestra área restaurada, el tipo de insectos que debe haber, cuándo deben de estar y conocer sus funciones. Con esta información, se puede contribuir a evitar la llegada de plagas o introducir algunos insectos de importancia ecológica, como los polinizadores, para facilitar el restablecimiento de la estructura y las funciones de la nopalera.

1.1. Importancia del nopal

El nopal ha representado para los mexicanos en su desarrollo histórico uno de los elementos bióticos más relevantes y de mayor significado cultural (Bravo, 1978). *Opuntia* es un género muy importante en América, particularmente en México (Barbera *et al*., 1995, Soberón *et al*., 2001). Esta planta posee cualidades notables desde muchos puntos de vista, el empleo de sus pencas es particularmente interesante y

relevante, dentro de las costumbres alimenticias de México, el nopal puede ser consumido como hortaliza (nopalitos), en curtidos, guisados, mermelada de tuna, queso de tuna y bebidas alcohólicas. También se usa como leña, en la construcción, como medicina, como adhesivo, con fines ornamentales y en muchas regiones de la República Mexicana ha sido un recurso de emergencia para el ganado en la época de sequía (Bravo, 1978; Casas, 2002; Casas y Barbera, 2002; Mandujano *et al.,* 2007).

Muchos estados de la República Mexicana, principalmente los que se ubican en zonas áridas, dependen en gran parte del nopal tunero (*Opuntia amyclaea* Tenore) para su subsistencia, pues en gran medida las familias se dedican a cultivarlo para producir tunas y nopalitos o recolectar éstos de las plantas silvestres (SARH, 1990-1995; SAGAR, 1995-1998). Se señala la existencia de 3 millones de hectáreas ocupadas por las poblaciones de nopal silvestres, y alrededor de 360, 000 ha son cultivadas para obtener forraje, fruta y nopal de consumo humano (SARH, 1990-1995; SAGAR, 1995-1998).

Las principales especies de aprovechamiento son: *Opuntia streptacantha* Lemaire*, O. megacantha* Salm-Dyck*, O. amyclaea* Tenore*, O. robusta* Wendland*, O. ficus-indica* Linnaeus (Miller)*, O. leucotricha* DeCandolle*, O. cantabrigiensis* Lynch*, O. hyptiacantha* Weber *y O. lasiacantha* Pfeiffer (Bravo, 1978).

Desde el punto de vista ecológico los nopales constituyen un espléndido fijador de suelos, son un medio para conservar la humedad y la fertilidad, son resistentes a la sequía, detiene la erosión del suelo deforestado, dan refugio a muchos animales y constituyen parte de su dieta (Barbera 1995, Mandujano *et al.*, 1997; Mellink y Riojas-López, 2002). Se ha supuesto a menudo que los ecosistemas dominados por *O. streptacantha* corresponden a etapas sucesionales posteriores a la degradación de

pastizal de *Sporobolus* el cual, al ser sobrepastoreado deja territorios disponibles y susceptibles de ser invadidos y ocupados por este cacto (Marroquín *et al.*, 1964; López *et al.,* 1981).

En la actualidad, los ecosistemas dominados por nopal (*i. e*., las nopaleras) no han sido diseñados ni manejados como ecocultivos, tampoco se ha aplicado ningún operativo para mejorar el ecosistema (Marroquín *et al.*, 1964; López *et al.*, 1977; en López *et al.,* 1981). Sin embargo, en varios programas se plantan nopales en las zonas semiáridas que han sido abandonadas después del desmonte con fines agrícolas, pagando en 2007 $1000 pesos por hectárea de nopal sembrada (CONAFOR en proceso).

1.2. Importancia de los insectos

Se calcula que los artrópodos tienen una antigüedad de unos 400 millones de años, se ha considerado que son el grupo que ha tenido el mayor éxito reproductivo sobre nuestro planeta, lo cual se refleja en su abundancia y diversidad de especies, el amplio espectro de hábitats que ocupan, la gran variedad de alimentos que consumen y en sus ciclos de vida cortos (Llorente *et al.* 1996).

De las $1.025x10^6$ especies de artrópodos conocidos, los insectos han sido los más representativos con más de 950,000 especies, que representa cerca del 80% de las formas animales vivientes (Hammond, 1992). Los insectos se alimentan de casi cualquier estructura vegetal, y muchas especies completan su ciclo de vida dentro de las mismas plantas. Las plantas con flores dependen en gran medida de los servicios de los insectos para su polinización y reproducción, producto de simbiosis intrincadas (Wilson, 1992). Además, los insectos constituyen un componente de la dieta de algunos depredadores vertebrados e invertebrados (Heliövaara y Väisänen, 1993).

A los insectos se les ha considerado como bioindicadores, debido a que responden en forma significativa a cambios ambientales (Heliövaara y Väisänen, 1993). Desde el punto de vista antropocéntrico, los insectos prestan enormes servicios al hombre, ya que pueden utilizarlos como alimento o para producir sustancias útiles, algunos tienen un valor estético. Además, se utilizan en el control de plantas y animales nocivos para la especie humana, se usan como animales experimentales en las investigaciones científicas y muchas especies prestan servicios ecológicos importantes, tales como el descomponer la materia orgánica, la herbivoría y el parasitismo, que son de gran importancia en el flujo de energía y nutrientes en los ecosistemas (Llorente *et al.,* 1996).

Por otro lado, muchas especies son perjudiciales por ser plagas de cultivos, al dañar granos y productos almacenados, por producir y transmitir enfermedades que afectan al hombre, a sus animales domésticos y los de sustento (Llorente *et al.,* 1996).

La interacción entre plantas e insectos ha sido uno de los responsables principales de la generación de la diversidad biológica actual (Ehrlich y Raven, 1969). Las comunidades de insectos conforman un sistema de estudio complejo, debido principalmente a su alta diversidad y abundancia, su tamaño pequeño y a la falta de taxónomos especialistas para su determinación (Tovar, 1999).

1.3. Estructura de comunidades

La comunidad se puede definir como cualquier conjunto de poblaciones de especies vivas que coexisten y que forman conjuntos funcionales en interacción los unos con los otros en un área o un hábitat dado (Dajoz, 2002). Se puede hablar de la comunidad de los animales que viven en un tronco podrido o de comunidad de plantas

del bosque deciduo de arce y haya. La comunidad tendrá cualquier tamaño posible (Krebs, 1985).

Se han medido y estudiando tradicionalmente cinco características de las comunidades (Krebs, 1985), que se expone a continuación:

1. *Diversidad de especies*: está formada por dos elementos, el número de especies presentes denominado riqueza; y las abundancias relativas de las especies.

2. *Abundancia relativa.* Se refiere a las proporciones en que las especies contribuyen a la abundancia total en la comunidad. La abundancia absoluta puede medirse por el número de individuos, la biomasa, la producción o mediante otras propiedades.

3. *Estructura física y biológica.* Al hablar de estructura de comunidades se puede hacer referencia a la estructura física o biológica (Krebs, 1985). La estructura física describe al tipo de comunidad conforme a categorías principales de formas de crecimiento por ejemplo: árboles, arbustos, hierbas o musgos. Estas formas determinan la estratificación o la disposición vertical en capas de la comunidad. La estructura biológica, por su parte, abarca la composición y la abundancia de las especies, los cambios temporales en las comunidades y las relaciones entre las especies de una comunidad (Krebs, 1985).

4. *Dominancia*. Es posible observar que no todas las especies de la comunidad tienen igual importancia en cuanto a determinar las características de la misma. De los cientos de especies que hay en una comunidad, unas cuantas ejercen control importante por virtud de su tamaño corporal, el número de sus individuos o sus actividades. Las especies dominantes son las que determinan en gran parte las condiciones bajo las cuales crecen las especies con ellas vinculadas.

5. *Estructura trófica*. Describe las relaciones alimenticias en una comunidad, determinan el flujo de energía y materia de plantas a herbívoros, y de éstos a los carnívoros.

La estructura de la comunidad de insectos asociados a los nopales se puede definir como la composición y diversidad de especies que la conforman (Southwood *et al.,* 1982). La estructura de la comunidad de insectos se puede estudiar de tres maneras: por un lado estudiando las interacciones ecológicas (Morse *et al.,* 1988, Bassett y Kitchin, 1991), analizando la relación entre la riqueza de especies con el número de individuos y la talla corporal (Morse *et al.,* 1988, Bassett y Kitchin, 1991), y estudiando la estructura de los gremios que constituyen la comunidad (Stork, 1987).

Las comunidades funcionan por virtud de una compleja red de interacciones de especies, y la estructura y el funcionamiento de las comunidades biológicas es resultante de la suma de los tipos de interacciones de especies; al hablar de funcionamiento nos referimos a la forma en la cual trabaja la comunidad como procesadora de energía y nutrientes. Las comunidades están integradas por la coevolución de especies que interactúan (Krebs, 1985).

1.4. Estudios de comunidades de insectos

Los estudios de estructura de comunidades de insectos se han realizado básicamente en árboles de selvas y bosques, por lo que en las zonas áridas y semiáridas no hay antecedentes (Zimmermann y Granata, 2002).

Con respecto a las interacciones ecológicas planta-insecto, a la herbivoría se le ha dedicado un mayor espacio (Ehrlich y Raven, 1969; Oyama, 1986; Oyama y Espinoza, 1986; Rosenthal, 1986). En el caso de los herbívoros que atacan a los nopales, por muchos años han sido motivo de estudio en Estados Unidos y Australia, debido principalmente a que los humanos introdujeron estas plantas en hábitats ajenos

a ellas, en donde no existían enemigos naturales que controlaran el crecimiento de las poblaciones (Brailovsky y Sánchez, 1981; Brutsch y Zimmermann, 1995). Sin embargo, en nuestro país donde las cactáceas de forma natural son muy diversas, poca atención se ha prestado al estudio de las relaciones entre insectos y cactáceas, donde los primeros están conviviendo y controlando, de alguna forma, las poblaciones de *Opuntia* (Brailovsky y Sánchez, 1981; Zimmermann y Granata, 2002).

En 1969 aparece una publicación de John Mann titulada “Cactus-Feeding Insects and Mites” en la cual el autor hace una descripción de los insectos y los daños que causan en diferentes especies de cactáceas en el ámbito mundial, incluyendo a México.

El estudio de las comunidades de insectos asociados a *Opuntia* spp. en el Desierto Chihuahuense, permitirá conocer su diversidad y abundancia, su distribución a lo largo de un año, la forma en que se relacionan con las plantas y identificar las especies que se consideran como perjudiciales para el nopal, y así, contribuir al entendimiento de las comunidades de insectos sobre *Opuntia* en las zonas áridas norteñas de la República Mexicana, de tal forma que se tenga una base para comparar o evaluar los proyectos de restauración y en el manejo de nopaleras en general.

1.5. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es conocer la estructura de la comunidad de insectos en *Opuntia rastrera* Weber y *O. streptacantha* Lemaire en el Desierto Chihuahuense.

Asimismo, los objetivos particulares derivados del anterior son

1. Medir la abundancia relativa, la fenología y la diversidad de comunidades de insectos asociados a *Opuntia rastrera* y *O. streptacantha*.

2. Conocer la similitud de las comunidades de insectos asociados a *Opuntia rastrera* y *O. streptacantha*.

3. Determinar la fenología de *Opuntia rastrera* y *O. streptacantha*.

4. Determinar los gremios en la comunidad de insectos en *Opuntia rastrera* y *O. streptacantha* en el Desierto Chihuahuense.

II. ESPECIES DE ESTUDIO

Para este estudio se eligieron las especies *Opuntia rastrera* Weber y *O. streptacantha* Lemaire, porque son las especies más abundantes y de mayor importancia económica para la región (Durango, Zacatecas y San Luis Potosí).

Los nopales son plantas del género *Opuntia* de la familia de las Cactaceae; son plantas suculentas, perennes, con tallos espinosos aplanados o cilíndricos; pueden ser rastreros o arborescentes cuando los cladodios viejos toman una forma cilíndrica. Presentan hojas convertidas en espinas o bien carecen de ellas, pero en los brotes tiernos numerosas especies presentan hojas verdaderas de vida corta; por lo general las espinas son de dos tipos, unas pequeñas agrupadas en gran número (glóquidas); y las grandes son hojas modificadas. La flor es hermafrodita, hemicíclica con el eje floral frecuentemente largo, con frecuencia aparece en el canto de la penca, su color es variable, las hay rojas, blancas y amarillas, entre otros colores. El gineceo es ínfero sincárpico y tiene de tres a ocho carpelos con numerosos óvulos sobre placentas parietales. El fruto de este género es una baya polispérmica carnosa, más o menos ovoide, desnuda espinosa, normalmente es jugoso y comestible, pero es un fruto accesorio, ya que se desarrolla de un ovario ínfero (Bravo, 1978). Existen más de 669 especies reconocidas de este género para México (Guzmán, 2003).

Opuntia rastrera Weber (Fig. 1) es una planta de cladodios circulares a obovados, los más grandes de 20 cm de diámetro formando largas cadenas, espinas blancas con base oscura y varias en cada areola, glóquidas amarillas; sus flores son amarillas y sus frutos púrpuras y ácidos. Se encuentra distribuida en la porción semiárida del norte y centro de México dentro del desierto Chihuahuense (Ballesteros-Barrera *et al.*, 2003)

Figura 1. Planta del nopal rastrero *Opuntia rastrera* Weber

Opuntia streptacantha Lemaire (Fig. 2), por su parte, es un arbusto nativo del desierto Chihuahuense se distribuye principalmente en los estados de San Luis Potosí y Zacatecas (López *et al.*, 1981) con varias ramificaciones, tronco bien definido y glabro; articulaciones obovadas, de 20-30 cm de longitud, 12-13 cm de ancho y 3-4 cm de grosor de color verde obscuro-grisáceo recubierto con una capa de cera; sus aréolas están dispuestas en una serie de espiral de 10-11; sus glóquidas son marrón-amarillentas y sus espinas están en grupos de 1-4, flores amarillas con una línea media con manchones rojizos, tornándose a anaranjado en el segundo día, fruto púrpura, elipsoide, glóquidas abundantes, cortas rojizas. Funículo jugoso, dulce (Barbera *et al.*, 1995).

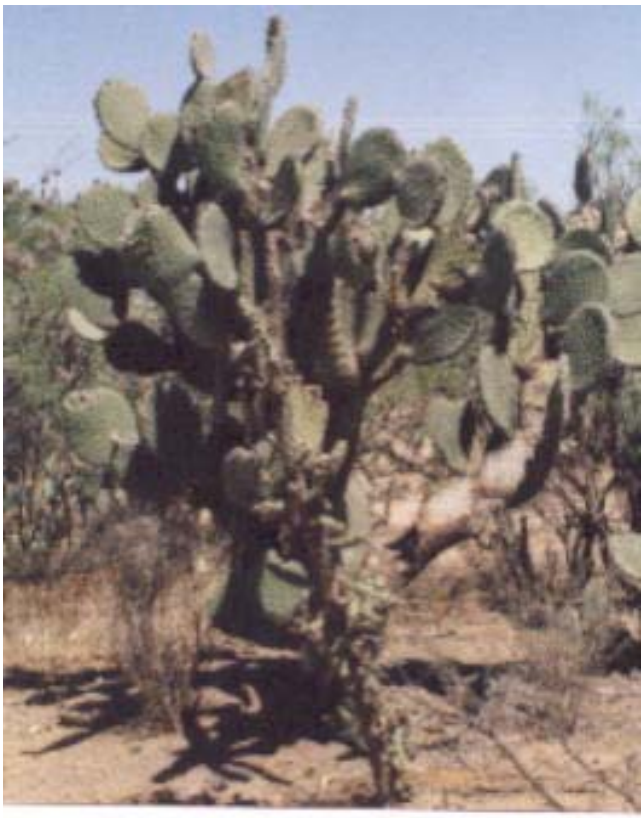


Figura 2. Nopal cardón *Opuntia streptacantha* Lemaire

III. MÉTODOS

3.1. Sitios de estudio

El desierto Chihuahuense, se ubica en la Altiplanicie Mexicana, entre las Sierras Madre Oriental y Madre Occidental comprende una pequeña porción estadounidense integrada por Nuevo México y Texas y los estados mexicanos de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Nuevo León (Shreve, 1951; Rzedowski, 1978).

El desierto Chihuahuense tiene una altitud que varía entre 1000 y 2000 m s.n.m. Debido a esto las temperaturas son bajas y la precipitación de verano es más importante que la de invierno (Briones, 1994).

Los tipos de vegetación son diversos clases de matorrales: el desértico micrófilo, el crasicaule y el rosetófilo, así como de pastizales, los cuales tienen una afinidad bien definida por tipos específicos de suelo, así en los terrenos salados de los lagos-playa se presentan comunidades halófilas con pastos, por ejemplo, las sabanetas *Hilaria mutica* y *Hilaria berlandieri* y el chamizo *Atriplex canescens*. En los lomeríos de rocas sedimentarias se presenta el matorral rosetófilo de lechuguilla (*Agave lechuguilla*), las yucas (*Yucca treculeana* y *Y. carnerosana*) y el nopal cegador *Opuntia microdasys*. Sobre los lomeríos de origen ígneo se desarrolla el matorral crasicaule formado por cardenches y nopales (*Opuntia* spp.), sangregado (*Jatropha dioica*) y gobernadora (*Larrea divaricata*). El matorral desértico micrófilo está representado por la gobernadora (*Larrea divaricata*), que suele estar asociada con cactáceas (*Opuntia* spp.), y con gramíneas como *Scleropogon brevifolius*, *Bouteloua* spp.y *Sporobolus* spp., entre otras, así como la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), el guayule (*Parthenium argetatum*), la lechugilla y la palma ixtlera o palma samandoca (*Yucca carnerosana*). Se consideran que hay por lo menos 1000 especies de plantas en la región del desierto Chihuahuense (Johnston, 1984).

Con la finalidad de tener muestras para medir, comparar y analizar la diversidad y abundancia de insectos, la fenología de *Opuntia rastrera y Opuntia streptacantha*, la interacción planta-insectos y su distribución a lo largo de un año en el Desierto Chihuahuense, se eligieron cuatro localidades de nopaleras en Mapimí en Ceballos,

Durango, en el cerro Las Antenas, Zacatecas, en Salinas, San Luis Potosí y en Santiago, Zacatecas.

Localidad 1. *Mapimí en Ceballos*, Durango. La parcela de nopal rastrero esta compuesta por una plantación de una edad de 18 años, con una altura promedio de (0.94 cm), un diámetro promedio de 218 cm, con una densidad de 46 individuos por un cuarto de hectárea, con un periodo de floración muy corto de alrededor de un mes. La vegetación esta constituida por pastizales que presentan una cobertura variable de arbustos o matorrales abiertos (Montaña y Breimer 1988), caracterizada por *Prosopis* sp., *Larrea tridentata* var*. divaricata*, *Hilaria mutica, Cordia parvifolia, Euphorbia antisyphilitica, Jatropha dioica* y *Opuntia microdasys*. En dicho lugar *O. rastrera* es abundante y es utilizada como forraje en épocas de sequía. El lugar esta localizado a 25º 50' n, a 103º 51' o y a 1,300 m s.n.m. (Montaña, 1988), el clima del sitio se define como árido, con inviernos frescos, veranos cálidos, lluvias estivales y con ocho a nueve meses de estación seca, con una temperatura media anual de 20.8°C (Montaña y Breimer 1988), (Fig.3a).

Localidad 2. Cerro las Antenas, Zacatecas: En la parcela de nopal cardón en la localidad de Zacatecas son plantas que se recuperan de las heladas de 1997, muestra de ello son los restos secos de troncos en una gran cantidad de plantas, las plantas tienen una altura promedio de 105 cm y un diámetro de 186 cm, con una densidad de 23 nopales por cuarto de hectárea, acompañados por xoconostle (*Opuntia leucotricha*), zopatle, *Jatropha dioica*, matorrales, hierbas y pastos característicos del pastizal climático de Zacatecas (Valdez-Cepeda *et al* 1999), en este lugar se utilizan los nopalitos y frutos de *O. streptacantha* para consumo humano y los nopales como forraje. El cerro está localizado a 22º 46' n, 102º 34' o y 2,420 m s.n.m. (INEGI, 1995),

(Fig. 3b).Localidad 3. Salinas, San Luis Potosí, en la localidad los nopales de *O. streptacantha* se encuentran en pequeños manchones y por lo general son robustos con unos 173 cm promedio de altura y un diámetro promedio de 253 cm, con una densidad de 57 nopales por cuarto de hectárea, acompañados de *Prosopis* sp., *Larrea tridentata* var*. divaricata*, *Jatropha dioica* y choyas. Las plantas se recuperan de una helada ocurrida en 1997 (Flores y Yeaton, 1999), lo cual causó que las actividades económicas relacionadas con la planta se perdieran al igual que las poblaciones de nopal. En dicho lugar *O. streptacantha* es utilizada como forraje y se aprovechan los frutos y cladodios tiernos. Se encuentra localizada a 22º 38' n, 101º 43' o y a 2, 070 m s.n.m. (INEGI, 1995; Figura 3c). Localidad 4. Santiago de Pinos, Zacatecas, en esta localidad las nopaleras fueron afectadas ligeramente por la helada de 1997 (Valdez et *al*. 1999, Flores y Yeaton, 1999). Hay una gran explotación de frutos para preparar queso de tuna y nopalitos de *O. streptacantha* para consumo humano y para el comercio. Se registran 325 plantas por cuarto de hectárea son medianas con una altura promedio de 0.96 cm y un diámetro promedio de 137 cm, rodeados por acacias, *Larrea tridentata* var*. divaricata*, *Jatropha dioica*, *Agave*, *Yucca*, matorrales y hierbas. El sitio esta localizado a 22º 18' n, 101º 34' o y 2,460 m s.n.m. (INEGI, 1995), (Fig. 3d).

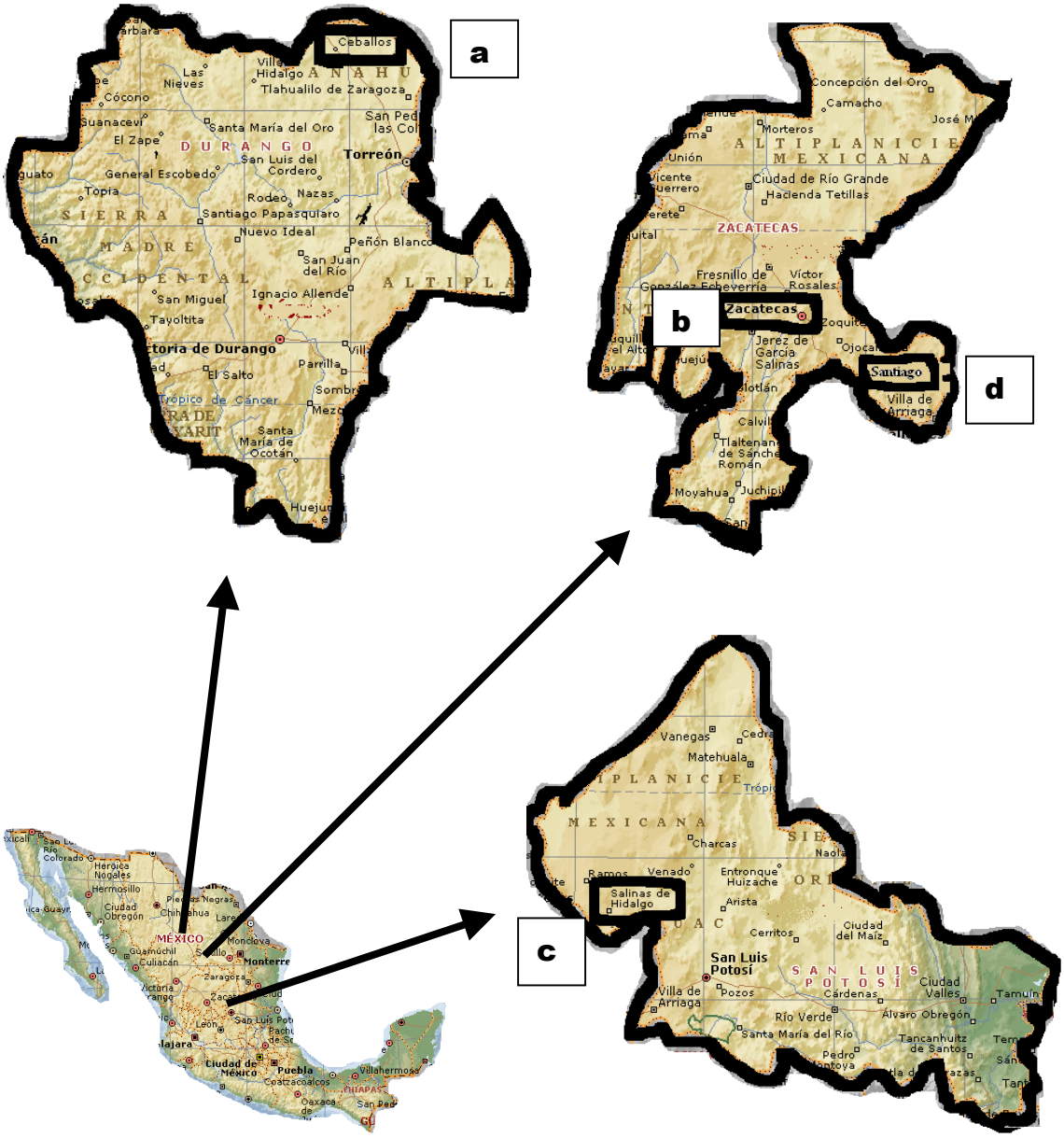


Figura 3. Localización de los sitios de estudio en el Desierto Chihuahuense; a) Mapimí, Durango, b) Zacatecas, c) Salinas, San Luis Potosí y d) Santiago, Zacatecas.

3.2. Comunidad de insectos asociados a *Opuntia rastrera* Weber y *Opuntia streptacantha* Lemaire del Desierto Chihuahuense

Para colectar las especies de insectos asociados a *O. rastrera y O. streptacantha* se realizaron seis visitas bimestrales a los cuatro sitios permanentes de estudio, de marzo de 2002 a enero de 2003. En cada sitio se estableció una parcela de 50 x 50 m y se numeraron las plantas de nopal. De forma aleatoria, por visita, se eligieron dos plantas, a las que se les aplicó insecticida AquaPy a una concentración de 10% con una bomba de fumigación a las 18 h. El insecticida es una emulsión acuosa AquaPy, que contiene 30 g/l de piretrinas naturales sinergizadas con 150g/l de butóxido de piperonilo, el cual tiene un efecto residual de 24 h, al contener piretrinas que son biodegradables y fotolábiles, que se degradan con la luz ultravioleta. Se colocaron sobre el suelo mantas de color marrón claro (para evitar atraer otros insectos) para retener los insectos muertos por el insecticida. Después de 24 h de la aplicación del insecticida se colectaron los insectos obtenidos en alcohol al 70% o en papel glassine dependiendo el tipo de insecto, rotulándolos con la fecha de colecta, el lugar, el nombre del colector y el número de colecta, también se midió la altura y su el diámetro mayor de cada planta de nopal muestreada.

Mediante la separación de individuos de las muestras colectadas en el campo y su cuantificación se obtuvieron las abundancias de insectos y sus riquezas, para ver si había diferencias entre la riquezas se realizo una prueba de chi cuadrada (X^2., Zar 1984).

La diversidad de cada comunidad estudiada fue medida con el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') (Zar, 1984; Magurran, 1988), obtenido de la ecuación:

$$H' = -\sum^{s}_{t=i} pi \ (\ln pi)$$

donde: $pi = n_i/N$, n_i es el número de individuos de la especie *i y N* es el número total de individuos.

Los índices de diversidad entre sitios se compararon utilizando pruebas de *t*-student (Zar, 1984).

Para calcular la similitud de comunidades de insectos se calculó el índice de similitud de Jaccard *(ISJ)* y el índice de similitud de Czekanowski *(ISC*).

Mediante las siguientes ecuaciones:

$$ISJ = (C/A + B - C)100$$

donde *C*= número de especies que comparten ambas comunidades, *A*= número de especies de la comunidad *A y B* = número de especies comunidad *B.*

$$ISC = \sum^{s}_{i=1} (2m_i) / \sum^{s}_{i=1} (a_i + b_i)$$

donde *a*= abundancia de la especie *i* en la comunidad A, *b*= es la abundancia de *i* en la comunidad B, m_i= es el valor mínimo para la especie *i* (de tal manera, que puede ser a_i o b_i dependiendo de cuál parámetro tenga el valor más pequeño), y *S* es la riqueza específica acumulada de las dos comunidades.

3.3 Fenología de plantas de nopal

Se realizaron seis visitas bimestrales de marzo de 2002 a enero de 2003 a las cuatro parcelas, en cada parcela se trazo un transecto de 50 m y si en ese trayecto cada 2 m había un nopal se le midió el número de flores, cantidad de frutos y cladodios con la finalidad de relacionar estos datos con la presencia y abundancia de los insectos.

3.4 Interacción planta e insecto

Se realizaron observaciones directas en cada sitio sobre individuos de nopal durante diferentes horas del día con la finalidad de conocer las interacciones entre planta e insecto, detectar plagas, los daños causados y realizar colectas; con lo cual se localizaron cúmulos de huevecillos, pequeñas larvas o adultos, a los que se les transportó al Laboratorio de Dinámica de Poblaciones del Instituto de Ecología de la UNAM en recipientes de plástico con pequeñas perforaciones y alimento de donde fueron colectados para que emergieran adultos o se determinaran estadios inmaduros.

En el laboratorio, los organismos colectados en campo se montaron con alfileres y cajas entomológicas con sus respectivos rótulos, se criaron las larvas colectadas en el campo para obtener adultos. La determinación hasta familia de los organismos colectados se realizó en el Colegio de Posgraduados en Chapingo con la consulta de claves taxonómicas (Borror *et al.*, 1970, 1989). Para la determinación de especies, los ejemplares se enviaron con los especialistas de cada grupo taxonómico; en el Instituto de Biología los hemípteros de la Familia Coreidae y en el Colegio de Posgraduados en Chapingo los coleópteros de la Familia Bruchidae.

IV. RESULTADOS

4.1 Abundancia de insectos

Los insectos asociados a las dos especies sumaron un total de 2933 ejemplares, distribuidos en diez órdenes de insectos: Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Hemiptera, Homoptera, Neuroptera, Dictyoptera Thysanoptera, Tysanura y Lepidoptera (Fig. 4). En forma general los dípteros, himenópteros y coleópteros fueron los más abundantes ya que aportaron el 78% de los ejemplares.

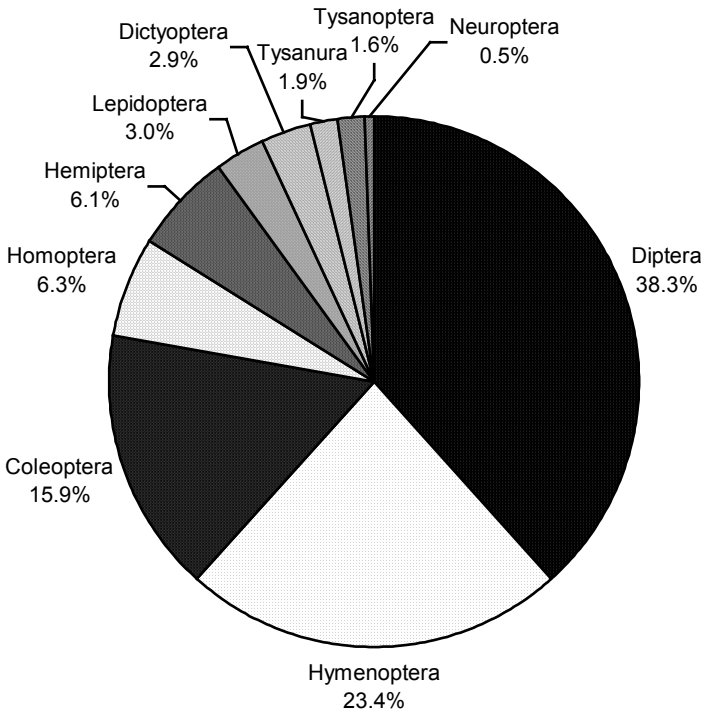


Figura 4. Abundancia relativa de insectos asociados a *Opuntia rastrera* y a *O. streptacantha* en las localidades; Mapimí, Dgo.; Zacatecas, Zac. Salinas, S.L.P. y Santiago de Pinos, Zac. durante 2002.

En forma particular en Mapimí Dgo. sobre *Opuntia rastrera* Weber se observó una mayor abundancia en los órdenes: Hymenoptera 45%, Coleoptera 26%, seguidos

por Hemiptera 12% y Diptera 11%, conformando el 94% de la muestra (Fig. 5).

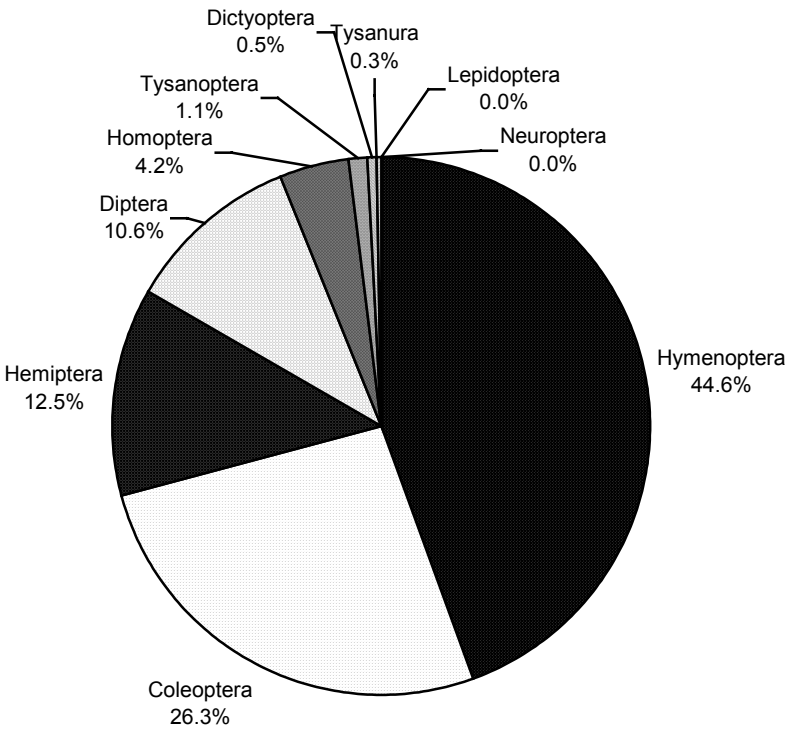


Figura 5. Abundancia relativa de insectos asociados a *Opuntia rastrera* Weber en Mapimí Dgo. durante 2002.

En la localidad de Zacatecas los dípteros conformaron el 53% del material colectado, le siguen los himenópteros con el 21% y coleópteros 10% conformando 84% de la comunidad muestreada de insectos asociados a *Opuntia streptacantha* Lamiere (Fig. 6). En Salinas de Hidalgo sobre *O. streptacantha*, son abundantes los dípteros 44%, seguidos por coleópteros 21% e himenópteros 18% (Fig. 7).

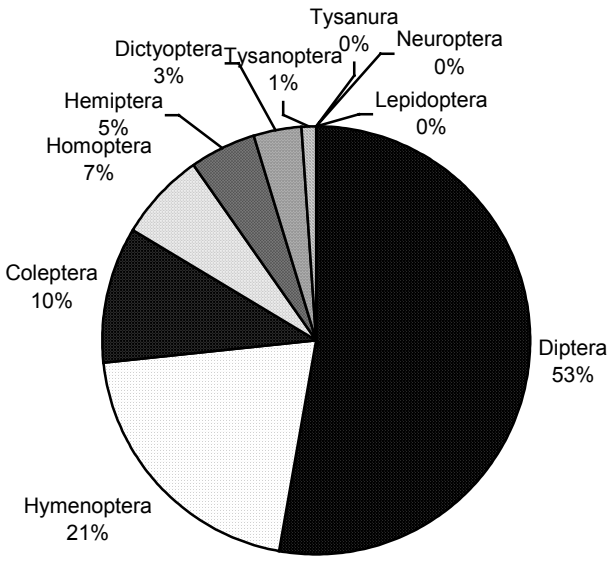


Figura 6. Abundancia relativa de insectos asociados a *Opuntia streptacantha* Lemaire en Zacatecas, Zac. durante 2002.

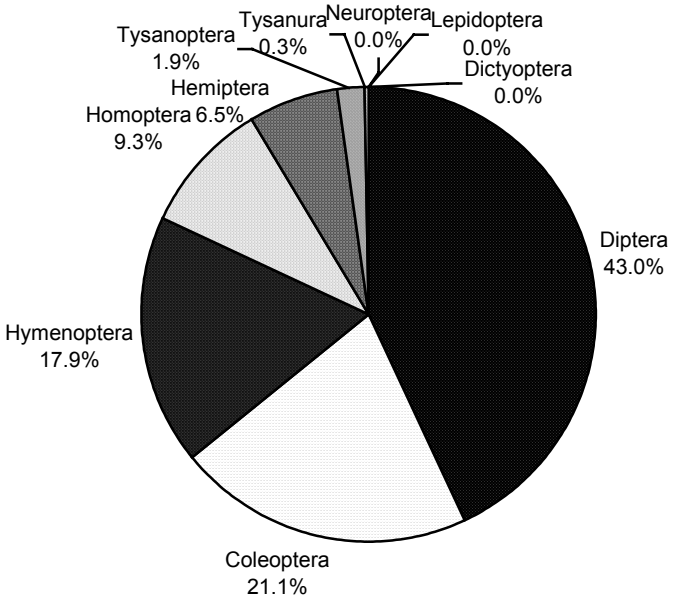


Figura 7. Abundancia relativa de insectos asociados a *Opuntia streptacantha* Lemaire en Salinas, S.L.P. durante 2002.

En Santiago de Pinos sobre *O. streptacantha,* abundan los dípteros 37%, los himenópteros 24% y los coleópteros 17% (Fig. 8).

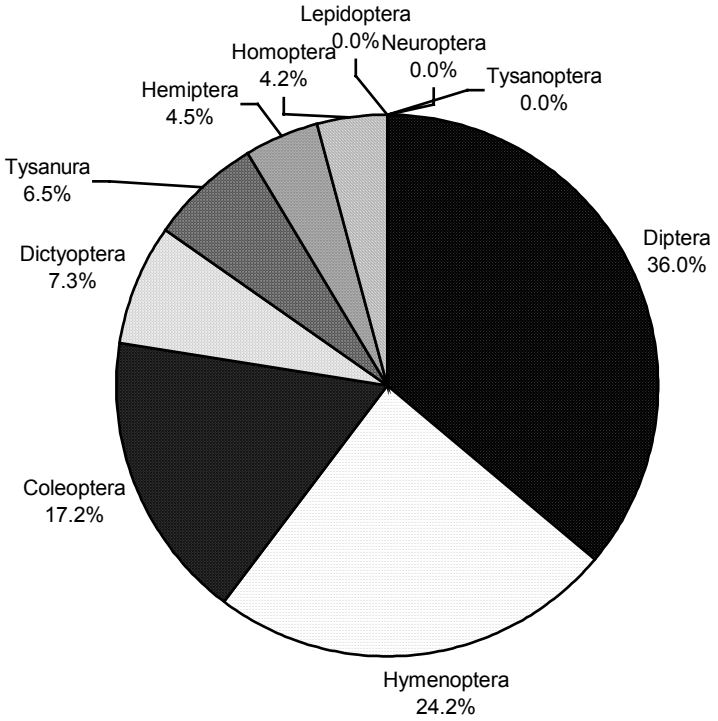


Figura 8. Abundancia relativa de insectos asociados a *Opuntia streptacantha* Lemaire en Santiago de Pinos, Zac. durante 2002.

Al hacer una comparación de la abundancia de los diez órdenes de insectos entre las cuatro localidades muestreadas, se ve como los dípteros, los himenópteros y los coleópteros son los mejor representados (Fig. 9).

4.2 Fenología de la comunidad de insectos

En Mapimí a lo largo del año 2002, los insectos más abundantes y representativos fueron los órdenes himenópteros, en julio con 64 individuos, los

coleópteros en enero con 32 individuos y hemípteros en noviembre con 32 individuos; dípteros, homópteros y dictiópteros se mantienen sin grandes cambios a lo largo del año, pero al igual que los otros ordenes disminuyen en épocas invernales (Fig. 10).

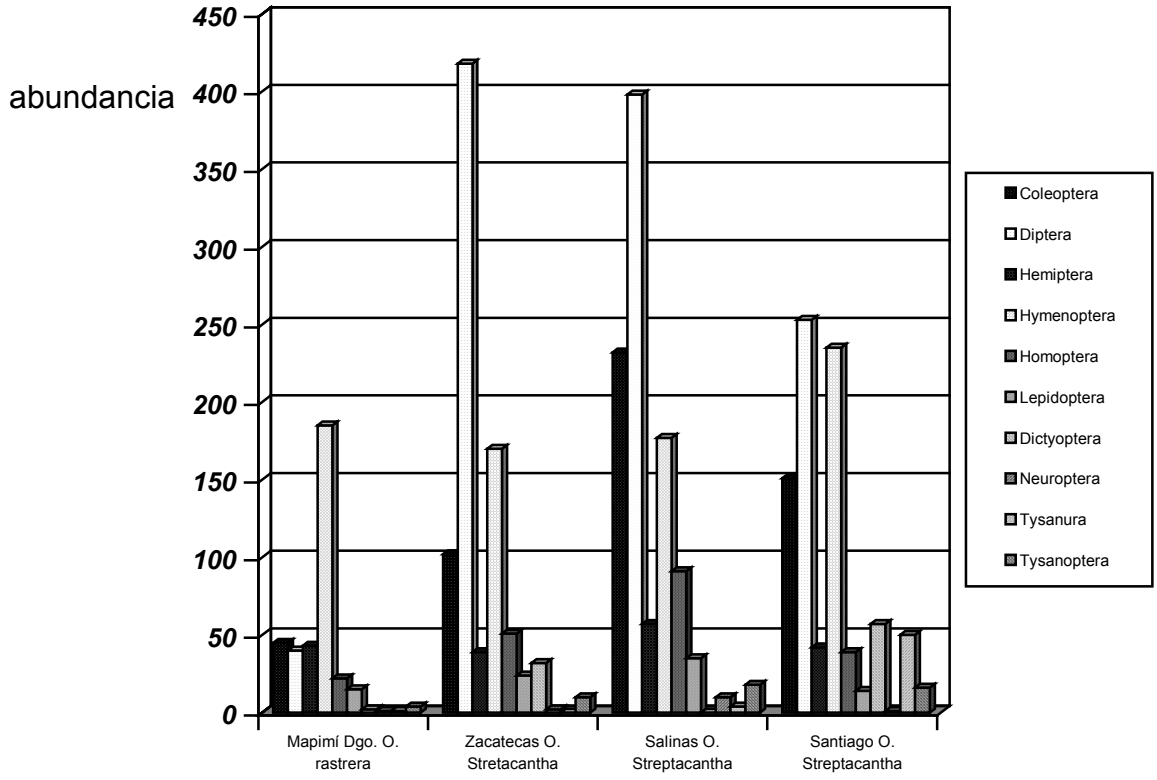


Figura 9. Riqueza de insectos asociados a *Opuntia* , en los sitios de Mapimí Dgo., Zacatecas Zac., Salinas S.L.P. y Santiago de Pinos Zac., durante 2002.

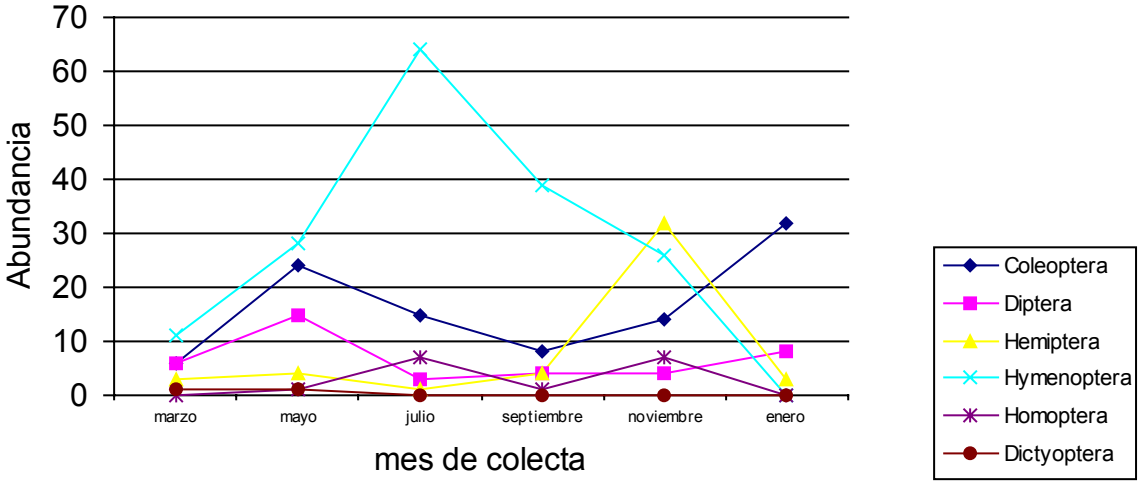


Figura 10. Variación temporal de la abundancia de insectos asociados a *Opuntia rastrera* en Mapimí, Dgo.,durante 2002, de acuerdo al orden que pertenecen .

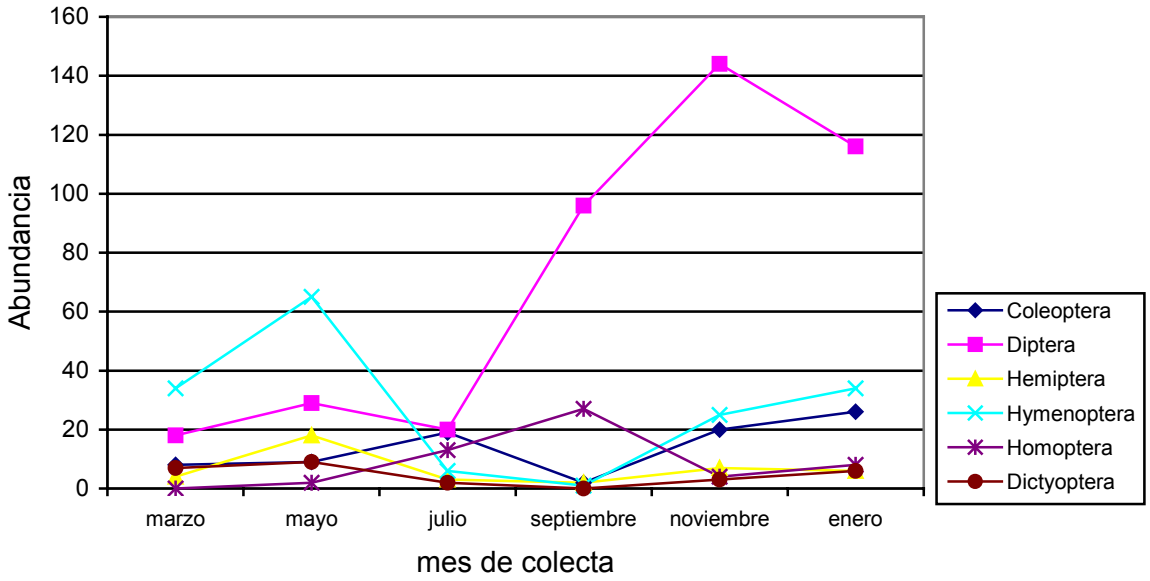
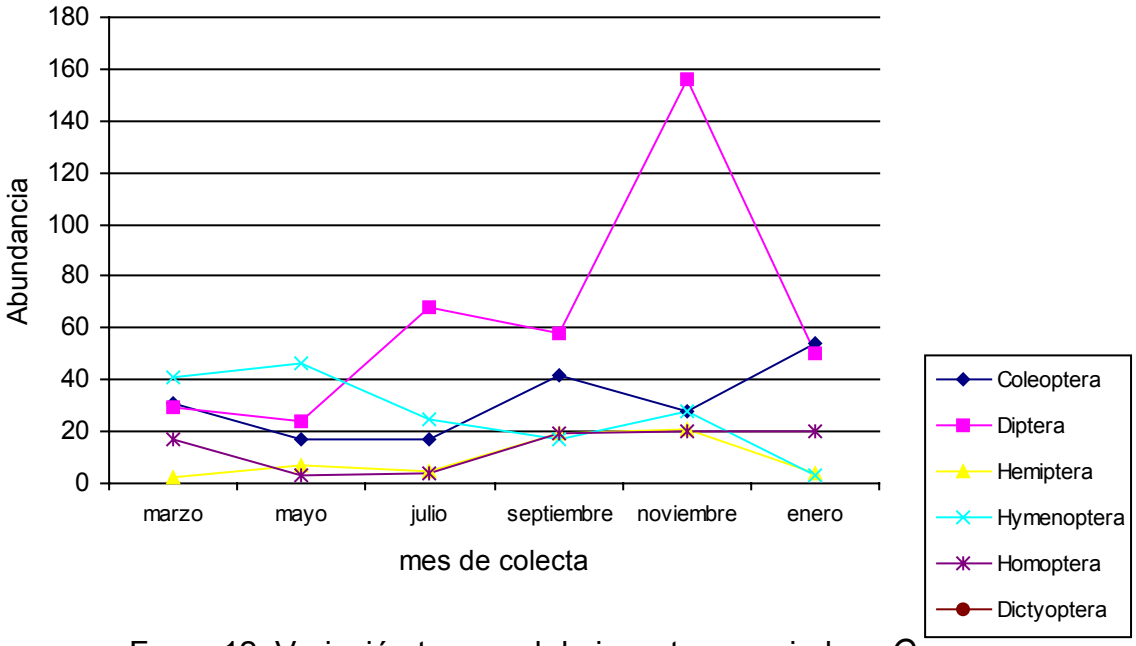


Figura 11. Variación temporal de la abundancia de insectos asociados *O. streptacantha* en Zacatecas, Zac., durante el año 2002, de acuerdo al orden al que pertenecen

En Zacatecas, los dípteros dominan en abundancia, incrementándose marcadamente en septiembre a noviembre, teniendo su máxima abundancia en este último mes con 144 individuos, los himenópteros le siguen en abundancia, teniendo el mayor número en mayo con 65 individuos. Los otros cuatro órdenes se mantienen relativamente constantes (Fig. 11). En Salinas de Hidalgo, los dípteros son los más abundantes que el resto de los insectos y presentan su mayor abundancia en noviembre con 156 individuos, seguidos por los himenópteros. Los dípteros, los hemípteros, los himenópteros y los homópteros disminuyen su densidad en los meses fríos, sólo los coleópteros y los homópteros incrementan sus poblaciones en esta época (Fig. 12). En Santiago, los dípteros son los más abundantes a lo largo del año seguidos por los himenópteros y coleópteros, los primeros abundan más en noviembre con 120 individuos, los segundos y terceros en mayo con 70 y 33 individuos, respectivamente. En general, la abundancia de cada grupo de insectos disminuye en enero (Fig. 13).

4.3 Diversidad y similitud

Los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') calculados para las cuatro localidades fueron los siguientes: Mapimí: 3.35, Zacatecas 3.39, Salinas de Hidalgo 3.54 y Santiago de Pinos 3.42. Al plantear una prueba de *t* se demostró que las diversidades entre las localidades no difiere.



Fgura 12. Variación temporal de insectos asociados a *O. streptacantha* en Salinas S.L.P., durante el año 2002, de acuerdo al orden al que pertenecen.

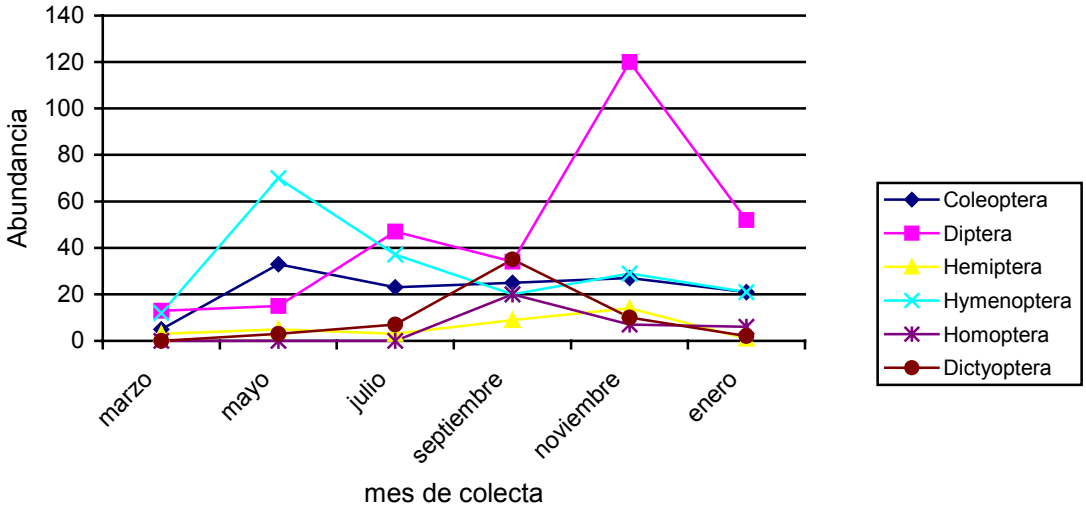


Figura 13. Variación temporal de insectos asociados a *O. streptacantha* en Santiago de Pinos, Zac. durante el año 2002, de acuerdo al orden al que pertenecen.

Cuadro 1. Matriz de valores de *P* al realizar comparaciones entre la diversidad *H´* de la entomofauna de las localidades Mapimí Dgo., Zacatecas Zac., Salinas S.L.P. y Santiago de Pinos Zac., durante el año 2002, mediante una prueba de *t*.

	Mapimí	Zacatecas	Salinas
Zacateca	0.900		
Salinas	0.052	0.0077	
Santiago	0.0001	0.00001	0.00001

La riqueza de morfoespecies de insectos asociados a *Opuntia* spp. en las cuatro localidades del Desierto Chihuahuense, durante el año 2002, fueron 87 para Mapimí, 104 para Zacatecas, 99 para Salina y 84 para Santiago.

Al realizar una prueba de X^2 cuadrada para ver si hay diferencias entre localidades. El resultado nos indica X^2=2.9, que en tablas es $X^2_{0.005,3}$=7.81, [*P*=0.407], lo cual muestra que no hubo diferencias significativas entre el número de morfoespecies de las localidades muestreadas.

Las similitudes entre sitios calculadas con el índice de Jaccard, se muestran en la matriz del cuadro 2, en el cual se aprecia una mayor similitud entre Zacatecas y Santiago con un valor de 32.3 de similitud y son menos símiles Mapimí y Salinas con un valor de 17.7 de similitud. Con respecto al índice de similitud de Czekanowski, los lugares más similares son Salinas y Santiago (cuadro 3) con un valor de 0.65 y en contraste los más disímiles fueron Mapimí y Salinas con un valor de 0.26 de similitud.

Cuadro 2. Matriz que muestra el índice de similitud de Jaccard *(ISJ*) entre localidades: Mapimí Dgo., Zacatecas Zac., Salinas S.L.P. y Santiago de Pinos Zac., durante el año 2002.

	Mapimí	Zacatecas	Salinas
Zacatecas	24.8		
Salinas	17.7	26.8	
Santiago	25.7	32.3	31.6

Cuadro 3. Matriz que muestra el índice de similitud de Czekanowski *(ISC)* entre localidades: Mapimí Dgo., Zacatecas Zac., Salinas S.L.P. y Santiago de Pinos Zac., durante el año 2002.

	Mapimí	Zacatecas	Salinas
Zacateca	0.30		
Salinas	0.26	0.59	
Santiago	0.32	0.59	0.65

El número de morfoespecies que comparten entre localidades se muestra en el cuadro 4, en donde se observa que comparten un 4.5% los cuatro sitios.

Cuadro 4. Número de morfoespecies de insectos del nopal que comparten las localidades de Mapimí Dgo.(1)., Zacatecas Zac. (2), Salinas S.L.P.(3) y Santiago de Pinos Zac.(4), durante el año 2002.

sitio de colecta	Mapimí	Zacatecas	Salinas	Santiago
Morfoespecies que comparten los 4 sitios	17	17	17	17
Morfoespecies que comparten 1,2	38	38		
Morfoespecies que comparten 1,3,4	21		21	21
Morfoespecies que comparten 1,2,3	20	20	20	
Morfoespecies que comparten 1,2,4	23	23		23
Morfoespecies que comparten 1,3	28		28	
Morfoespecies que comparten 1,4	35			35
Morfoespecies que comparten 2,3,4		18	18	18
Morfoespecies que comparten 2,3		43	43	
Morfoespecies que comparten 2,4		46		46
Morfoespecies que comparten 3,4			44	44

4.4 Fenología del nopal

Los nopales muestreados en general presentan el siguiente patrón fenológico: en marzo se presentan brotes no diferenciados en cladodios o en frutos, en mayo; cladodios tiernos y botones, en julio; cladodios tiernos, flores, frutos maduros e inmaduros, en septiembre; frutos maduros y de noviembre a enero se presenta un letargo en el cual se observan sólo los cladodios maduros (cuadro 5).

Cuadro 5. Fenología de plantas de nopal muestreados en Mapimí Dgo., Zacatecas Zac., Salinas S.L.P. y Santiago de Pinos Zac., durante el año 2002.

	marzo	mayo	julio	septiembre	noviembre	enero
Brote	———	———	———		———	———
Floración	———					
Cladodios tiernos	———					
Frutos	———	———	———			
Letargo				———	———	

4.5 Gremios asociados a O*puntia*

Dentro de la entomofauna encontrada podemos distinguir cuatro tipos fundamentales de grupos funcionales o gremios: fitofagia, depredación (parasitoidismo), comensalismo y xilofagía. En el cuadro 5 se señala el tipo de interacción observada en el campo entre los insectos más frecuentes a lo largo del año.

Cuadro 6. Insectos frecuentemente observados y su interacción con el nopal en Mapimí Dgo., Zacatecas, Zac., Salinas S.L.P. y Santiago Zac., en el año 2002.

Especie	Función	Sitios			
		M	Z	S	P
	Coleoptera				
Sp. 1 (Curculionidae)	fitófago	x	x	x	
Sp. 2 (Coccinelidae)	parasitoide	x	x	x	x
Acanthoscelides chiricahuae (Bruchidae)	xilófago	x	x	x	x
Algarobius jonsoni (Bruchidae)	xilófago	x	x	x	x
Sp. 3 (Anobidae)		x	x	x	x
Sp. 4 (Cleridae)	parasitoide		x	x	x
Sp. 5 (Cleridae)	parasitoide	x		x	x
Sp. 6 (Curculionidae)	fitófago	x	x	x	x
	Diptera				
Sp. 7 (Otitidae) adultos	comensal	x	x	x	x
Sp. 8 (Otitidae) adultos	comensal		x	x	x
Sp. 9 (Otitidae) adultos	comensal		x	x	x
	Hemiptera				
Chelinidae tabulata	fitófago	x	x	x	x
Nardia sp.	fitófago	x	x	x	x
	Homoptera				
grana cochinilla	fitófago	x	x	x	x
	Hymenoptera				
Sp. 10 (Formicidae)	comensal	x			
Sp. 11 (Formicidae)	comensal	x	x		x
Sp. 12 (Formicidae)	comensal	x	x		
Sp. 13 (Formicidae)	comensal	x	x	x	
Sp. 14 (Formicidae)	comensal		x	x	x
Sp. 15 *Leometopum* sp. (Formicidae)	comensal		x		x
	Lepidoptera				
Olycella sp.		x	x	x	x

V. Discusión

5.1 Bondad de la técnica

En general se puede considerar la técnica de fumigación empleada como exitosa, ya que los insectos que mueren y caen en la trampa son los insectos que entran en contacto directo con el químico vía aplicación o vía ingestión de alguna parte contaminada de la planta. Sin embargo esto no quiere decir que la totalidad de las

especies colectadas estén interactuando de alguna manera con la planta fumigada, pudiendo ser especies accidentales o inmigrantes temporales. Por otro lado, la técnica también tiene algunas desventajas, por ejemplo, no todos los insectos son sensibles a las mismas dosis de insecticida, ni mueren a la misma velocidad, es decir, es posible que algunos individuos no hayan muerto o que murieron lejos de la trampa, otra limitación la encontramos en los insectos endófitos y los insectos que interactúan directamente con las flores. En el caso de los primeros se encuentran en el interior de la planta y por lo tanto no se pudieron colectar, los segundos sólo visitan a la flor cuando están abiertas o es época de floración.

El tiempo entre muestreos resultó desfasado con la época de floración sobre todo en el nopal rastrero, ya que éste tuvo un periodo de floración corto, quedando sin posibilidad de muestreo y poder comparar con las otras parcelas, la floración se presenta en marzo y abril (Mandujano *et al.,* 1996). Por ésta razón principalmente no se tomó en cuenta a los polinizadores. No obstante, existen estudios como el de García (1984) que señalan una apifauna de 21 especies y Mandujano *et al.,* (1996) reportan 12 especies visitantes de los órdenes Coleoptera e Hymenoptera, con lo cual se muestra la presencia del gremio de polinizadores. Es posible que algunos insectos con ciclos de vida cortos y con diferentes estados de desarrollo no hayan sido muestreados, como por ejemplo adultos de lepidópteros.

La determinación de especies resulta inviable, debido a la falta de herramientas como claves taxonómicas que nos permitan realizar las identificaciones a nivel específico y a que los especialistas son insuficientes para la gran riqueza de insectos que existen en nuestro país y en el planeta entero (Piera, 1997); sin embargo, la destrucción de los ecosistemas es más acelerada que su conocimiento por lo que es

necesario tener la información mínima indispensable para poder restaurar áreas deterioradas y poder comparar la recuperación de su estructuran biológica.

Se argumenta que gran parte de los dilemas planteados por los insectos tienen su origen en una severa falta de conocimientos que se va acentuando por el creciente abandono de los estudios entomológicos (Piera, 1997). Sin embargo, en este estudio, como lo señala Odum (1995), no es necesario conocer las especies para poder determinar la estructura de la comunidad y su funcionamiento, dado que una característica de las comunidades naturales es que contienen comparativamente pocas especies comunes y una cantidad comparativamente grande de especies raras en cualesquiera lugar y tiempo dados, y son estas especies comunes las que participan en la mayor parte de los procesos biológicos, no obstante es deseable conocer el nombre de las especies.

5.2 Abundancia

En general los órdenes más abundantes y diversos de los cuatro sitios fueron los dípteros, con un 39%, seguidos por los himenópteros con 23% y los coleópteros con una abundancia del 16% (Fig. 4), a excepción de Mapimí donde el orden más abundante es el Hymenoptera, esto debido posiblemente a que es una plantación. Este fenómeno no es raro ya que se considera que los órdenes Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Diptera son hiperdiversos, comprendiendo en conjunto la gran mayoría de los seres vivos en el planeta (Piera *et al.*, 2000). En estudios de la entomofauna global (Hammond, 1992); los coleópteros representan el 24.9% de las especies, los himenópteros con 19.3%, los dípteros con 12.9%. Odum (1995) también señala a los órdenes anteriores como los más abundantes.

A escala de comunidades, Tovar (1999) realizó un estudio con comunidades de

insectos en encinos en donde igualmente los órdenes más abundantes son: los dípteros con 15.7% de abundancia, himenópteros 23.3% y coleópteros 10.4%.

Los ejemplos anteriores pueden estar mostrando por un lado que las especies asociadas al mismo hábitat frecuentemente están emparentadas desde el punto de vista taxonómico (Dajoz, 2002) y por otro, la posibilidad de que estas proporciones sean producto de una distribución energética a nivel trófico entre insectos. Si analizamos el papel que juegan los órdenes en su medio encontramos que de los coleópteros son los más abundantes y diversos, descritos como animales cosmopolitas, que se alimentan de cualquier clase de materiales vegetales o animales. Radicando su importancia en que muchas de sus especies son plagas agrícolas de consideración, atacando a casi cualquier parte de las plantas. En el caso de insectos que se consideran plagas de cactos, el primer lugar con casi 60 especies lo ocupan los lepidópteros (familia Pyralidae), seguidos de coleópteros con 40 especies (Cerambycidae y Curculionidae), hemípteros unas 15 especies (Coreidae) y en cuarto lugar los dípteros con cerca de 12 especies (Zimmermann y Granata, 2002).

En el caso de los himenópteros en su gran mayoría son parasitoides, afectando gran cantidad de artrópodos, especialmente otros insectos. Muchas especies de importancia económica y ecológica están reguladas por avispas. La polinización de muchas plantas con flores depende de las abejas y de otros himenópteros. Las hormigas son dominantes en ecosistemas tropicales donde influyen la estructura y dinámica de suelos y plantas (Piera *et al.,* 2000) y son abundantes en *Opuntia* pero se desconoce su función (Mandujano *et al.*, 1996). Los dípteros en su mayoría se alimentan del néctar de las flores o de materia orgánica en descomposición. Un número considerable de moscas son depredadoras y se alimentan de diversos insectos

(Richards y Davies, 1984).

Los hemípteros poseen un aparato bucal chupador, el cual permite a ciertas especies que se alimentan de líquidos internos de otros insectos. Sin embargo, la mayoría de las chinches se alimentan chupando el jugo de las plantas y algunas se encuentran entre los insectos económicamente más dañinos, en particular par Opuntia en la producción de nopal verdura (Richards y Davies, 1984; Zimmermann y Granata, 2002).

El orden de importancia de las proporciones y los órdenes más abundantes se mantienen para cada localidad, a excepción de Mapimí, pues en éste fueron más abundantes los himenópteros con un 45%, coleópteros 26% y los dípteros con el 11%. Además cabe destacar que el orden Hemiptera es igualmente abundante que los tres órdenes anteriormente mencionados con un 12%, lo cual no sucede en los otros sitios, esto puede estar indicando que las chinches están jugando un papel negativo en la interacción nopal-insecto, debido a que generalmente son fitófagas y consideradas como plaga (Mann, 1969; Brutsch y Zimmermann, 1985; Zimmermann y Granata, 2002). En la plantación de *Opuntia rastrera* en Mapimí se observó una mayor abundancia en los órdenes Hymenoptera (45%), Coleoptera (26%), Hemiptera (12%) en comparación con las otras tres localidades, y Diptera (11%) y Dictyoptera (1%) fueron menos abundantes que en las otras localidades, en el caso de Homoptera (4%) tuvo la menor abundancia del orden junto con Santiago de Pinos Zac. los restantes; Neuroptera 0%, Thysanoptera 1%, Tysanura 0% y Lepidoptera 0% las diferencias no son muy marcadas.

El cambio en el tiempo de la abundancia y composición de la entomofauna fue determinado por las condiciones medioambientales, sobre todo de lluvia y del

reverdecimiento de la vegetación acompañante. Esto nos lleva a considerar a los nopales como un refugio o albergue para la entomofauna cuando las condiciones generales del medio ambiente son adversas (Murillo *et al.,* 1983).

5.3 Fenología

En general se ha encontrado que los insectos son más abundantes y diversos en épocas de lluvia (Tovar, 1999; Sánchez, 2002), época en la cual los recursos son más abundantes que en invierno (Roos, 1978). Sin embargo, en la interacción entre nopal e insectos este patrón no se cumple del todo, pues se observó que disminuyó la diversidad y la abundancia en la época de lluvias debido posiblemente a que el alimento es más abundante en los matorrales y en la vegetación acompañante. Además, en el caso de los herbívoros oligofagos relacionados directamente con el nopal, éstos no son más abundantes en la época de lluvia sino cuando los nopales tienen tallos tiernos, es decir en los meses de marzo a mayo. En el caso de los polífagos, la época de lluvias puede influir negativamente en su diversidad y abundancia en el nopal, debido al aumento de la diversidad y abundancia de la vegetación acompañante, lo cual corrobora que la relación nopal-insecto no es muy estrecha con este grupo.

5.4 Diversidad de insectos y similitud

Los índices de diversidad de insectos para cada localidad van de 3.35 a 3.54, que al compararlos con un trabajo similar (Tovar 1999) hecho con la entomofauna de encinos en el Valle de México obtiene 4.3-4.5, lo cual nos indica que los insectos de los nopales del Desierto Chihuahuense son menos diversos que los de los encinos, pero mucho más diversos que la composición de la entomofauna de árboles del bosque del noroeste de Pennsylvania con 1.82 (Krebs 1985).

Las similitudes entre los sitios calculadas con el índice de Jaccard *(ISJ)*, muestran que Mapimí tiene una mayor similitud con Santiago (25.7 %) que con las otras tres localidades estudiadas. Lo anterior se reafirma con el índice de similitud de Czekanowski (*ISC*)=0.32 indicando que comparte más morfoespecies con Santiago que con Salinas y Zacatecas. Esto puede indicar que aunque hay una distancia considerable entre las localidades el ecosistema y el hábitat es similar, ya que en general los cuatro sitios comparten 4.5% de las morfoespecies. Esto se explica retomando a Odum (1995) quién señala que una característica de las comunidades es que comparten pocas especies comunes, llamadas dominantes ecológicos y son estos últimos los cuales podemos utilizar como indicadores de que una comunidad a restaurar recupera los elementos mínimos para recuperar su estructura biológica.

Los insectos que no se comparten son aquellos que caracterizan la entomofauna de cada localidad, de acuerdo a factores abióticos y bióticos, asimismo la heterogeneidad entre las localidades se debe por virtud del número de hábitats disponibles por unidad de área, la complejidad de su arquitectura y las características físicas y bioquímicas de la planta (Dajoz, 2002), al parecer la estructura de la vegetación también es importante en algunos grupos, en cuanto a la diversidad local, lo cual se debe tomar en cuenta en los trabajos de restauración.

5.6 Relación entre fenología del nopal y presencia de insectos

Se observó una estrecha relación entre insectos comúnmente observados en las *Opuntia* y las estructuras vegetativas y reproductoras de la planta, ya que como menciona Terradas (2001), el comportamiento fenológico implica posibles nichos diferentes en el eje temporal, producto de una diferenciación en el tipo de recurso que usan (Apablaza, 2000).

Cada especie de insecto puede utilizar diferencialmente a las partes vegetativas de *Opuntia* spp. De esta forma se observaron estratificaciones a diferentes niveles tróficos desde brúquidos que se alimentan de espinas, hormigas que consumen los exudados de los cladodios, hemípteros chupadores de cladodios tiernos y frutos y avispas alimentándose de los azúcares de los frutos maduros abiertos por las aves.

Los insectos tienen el papel ecológico de descomponedores, consumidores primarios, consumidores secundarios y consumidores terciarios, producto de un ordenamiento metabólico, contribuyendo al flujo de la energía y formando redes alimenticias (Speightr, 1999; Apablaza, 2000). A nivel trófico tenemos en este estudio: en el primer nivel trófico de "productores" a la planta de nopal; en el segundo nivel, "primer nivel consumidores" conformado por herbívoros y por ende insectos fitófagos entre los cuales hay hemípteros como *Nardia femorata* Stål y *Chelinidea canyona* Hamlin*;* el tercer nivel trófico o "segundo nivel de consumidores" abarcando insectos carnívoros que comen a los herbívoros, incluyendo también a los depredadores y parasitiodes; avispas, dípteros y coleópteros; el cuarto nivel trófico o "tercer nivel de consumidores" que incluye insectos hiperparasitoides, depredadores de entomófagos también representado por avispas y dípteros. Es por esto que es de suma importancia tomar en cuenta a los insectos en los trabajos de restauración de nopaleras ya que no basta con conocer una estructura espacial sino también una estructura trófica, de la cual dependerá el éxito del área restaurada. En particular, la localidad Mapimí presenta más fitófagos especialistas que las otras localidades estudiadas, lo que puede estar relacionado con el hecho de ser una plantación casi monoespecífica de *Opuntia*.

Figura 16. Principales especies de insectos observadas en *Opuntia rastrera* Weber en Mapimí Durando; en la izquierda *Nardia femorata* Stål, arriba derecha *Chelinidea canyona* Hamlin y abajo a la derecha *Olycella* sp.

VI. CONCLUSIONES

La comunidad de insectos en *Opuntia rastrera* y *Opuntia streptacantha* en el Desierto Chihuahuense se encuentra representada por diez órdenes: Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Hemiptera, Homoptera, Neuroptera, Dictyoptera, Thysanoptera, Tysanura y Lepidoptera.

Se observó que los dípteros, himenópteros y coleópteros fueron los más abundantes, presentando dos picos de abundancia en mayo y noviembre y disminuyeron en los meses de diciembre y febrero.

Se observó que Mapimí, Zacatecas, Salinas y Santiago fueron igualmente diversas.

La similitud entre Mapimí y Santiago es mayor que con las otras localidades muestreadas como Salinas y Zacatecas.

La fenología de los nopales mostró una estrecha relación con la presencia de insectos, en los brotes se registró a los ordenes: Hymenoptera, Diptera y Lepidoptera, en los cladodios tiernos se observó: Hymenoptera, Diptera, Hemiptera y Lepidoptera, en las flores: Hymenoptera, Coleoptera y Lepidoptera, en frutos verdes: Hemiptera, en los

frutos maduros: Hymenoptera, Diptera y Hemiptera y en cladodios maduros: Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Homoptera, Neuroptera y Lepidoptera.

Dentro de la entomofauna revisada podemos distinguir tres tipos fundamentales de hábitos alimenticios (gremios): fitofagía (Coleoptera, Hemiptera, Homoptera y Lepidoptera), parasitismo: (Coleoptera, Hymenoptera y Diptera) y comensalismo: (Coleoptera, Diptera y Hymenoptera).

De los insectos considerados como plaga se colectaron en las cuatro localidades a los hemípteros *Nardia femorata* Stål y *Chelinidea canyona* Hamlin.

Por lo que se pude aseverar, que los resultados obtenidos pueden servir como un parámetro más para evaluar los trabajos de restauración y conservación de *Opuntia rastrera* y *Opuntia streptacantha* en las zonas áridas del Desierto Chihuahuense.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Apablaza H. 2000. Introducción a la Entomología General y Agrícola. Universidad Católica de Chile. 339 pp.

Barbera G., Inglese P. y Pimienta-Barrios E. 1995. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO. Roma. 216 pp.

Berger J. 1990. Environmental Restoration. Berger J. Washington. 400 pp.

Brailovsky H. y Sánchez C. 1981. Insectos huéspedes de los cactos. Cactáceas y Suculentas de México, 4:86-92

Bravo, H. 1978. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. 743 pp.

Briones O. 1994. Origen de los desiertos mexicanos. Ciencia, 45: 263-279.

Brutsch M. O. y Zimmermann, H. G. 1985. Control and utilization of wild Opuntias. Páginas 155-166. En: Barbera G., Inglese P. y Pimienta-Barrios E. 1995. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO. Roma. 216 pp.

Borror D., Triplehorn A. y Jonson F. 1989. An introduction to the study of insects. Saunders College Publishing.

Casas A. 2002. Uso y manejo de cactáceas columnares mesoamericanas. Cactáceas y Suculentas Mexicanas, 47:11-15.

Casas A. y Barbera, G. 2002. Mesoamerican domestication and difussion. Páginas 143-162. En: Nobel, P. (ed.). Cacti Biology and Uses. University of Califronia Press, LA, USA.

Challenger A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. CONABIO. México.

Clewell A. y Rieger P. 1997. What Practitioners Need from restoration ecologists. Restoration Ecology 5:350-354.

Dajoz R. 2002. Tratado de Ecología. Mundi-Prensa. Barcelona. 600 pp.

Ehrlich P. y Raven P. 1969. Butterflies and Plants: A study in coevolution. Evolution, 18:586-608.

FLACSO, SEMARNAP y CONAPO. 2000. Población, medio ambiente y desarrollo sustentable: dos estudios de caso. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. México.
Flores J. y Yeaton R. 1999. Distribución de especies arbóreas de *Opuntia* y *Myrtillocactus* en el altiplano (en Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 1999), p. 45-46.
García S. 1984. Patrones de polinización y fenología floral en poblaciones de *Opuntia* spp. en San Luis Potosí y Zacatecas. Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
Gatica-Colima A. 2004. El desierto Chihuahuense. ¿Qué sabemos de él? Centro de Estudios Biológicos Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Cuidad Juárez, Chihuahua, México. 9 pp.
Granados D. 1996. El nopal historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Ed. Trillas. México.
Guzmán U., Arias S. y Dávila P. 2003. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. Cactáceas y Suculentas Mexicanas, 49:24-26
Hammond P. 1992. Species inventory. En World Conservation monitoring Centre. *Global biodiversity*: *Status of the Earth's living resources.* Chapman y Hall, Londres. p. 17-39.
Heliövaara K. y Väisänen R. 1993. Insects and Pollution. CRC. 393 pp.
Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 1995. Marco Geoestadístico. México.
Johnston M. 1984. Brief resume of botanical, including vegetation, features of the Chihuahua Desert region with special emphasis on their uniqueness, En: transactions of the Symposium on the biological resources of the Chihuahua Desert region. U. S. p 335-359.
Krebs, C. 1985. Ecología. El análisis experimental de la distribución y la abundancia. Harper y Row. Nueva York.
López J., Gastón C. y Nava C. 1981. Análisis cuantitativo de la arquitectura de *Opuntia streptacantha* Lemaire en poblaciones naturales. Monografía técnico-científica, serie recursos naturales, Volumen 7 número 3. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo. México. 169 p.
Llorente J., García A. y González E. 1996.Biodiversidad, Taxonomía Y Biogeografía de Artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 660 pp.
Magurran A. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton University Press, Princeton. 179 pp.
Mandujano, M. C., C. Montaña y L. E. Eguiarte. 1996. Reproductive Ecology and inbreeding depression in Opuntia rastrera (Cactaceae) in the Chihuahuan Desert: Why are sexually derived recruitments so rare? American Journal of Botany 83: 63-70.
Mandujano, M. C., J. Golubov y C. Montaña. 1997. Dormancy and Endozoochorous dispersal of *Opuntia rastrera* seeds in the Chihuahuan Desert. Journal of Arid Environments 36:259-266.
Mandujano, M. C., M. Mandujano, M. Pérez-Sandi, H. Flores Moreno, G. Aguilar-Morales y J. Golubov. 2007. Las diez plagas de Egipto y la undécima en México: la plaga del nopal. Ciencias 88:50-58.
Mann J. 1969. Cactus-feeding insects and mites. Smithsonian institution. Bulletin 256. Washington, D. C. 158pp.
Mellink E. y Riojas-López, M. E. 2002. Consumption of platyopuntias by wild vertebrates. Páginas 109-123. En: Nobel, P. (ed.). Cacti Biology and Uses. University of Califronia Press, LA, USA.
Montaña C. y Breimer R. 1988. Major vegetation and environment units. Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la Reserva de la Biosfera de Mapimí. I. Ambiente Natural y Humano. (Ed. por C. Montaña), Instituto de Ecología, A. C., México.
Murillo R. 1983. Variación estacional de la entomofauna asociada a *Tillandsia* spp. en una zona de transición biótica. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
Odum E. 1995. Ecología. Peligra la vida. McGraw-Hill
Oyama K. 1986. La coevolución. Ciencias. México. 64-73 p.

Oyama K. y Espinoza F. 1986. ¿Herbívoros y plantas ¿Cómo interactúan?. Ciencias. México. 9:38-46.

Piera F. 1997. Los Artrópodos y el Hombre. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza España 20:25-55

Piera F., Morrone J. y Melic A. 2000. PriBes 2000. Sociedad Entomológica Aragoneza. España. 326 pp.

Richards O. y Davies R. 1984. Tratado de Entomología Imms. Omega. Barcelona. 1998 pp.

Roos H. 1978. Introducción a la Entomología General y Aplicada. Omega. Barcelona. 536 pp.

Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México

Sánchez M. 2002. Insectos plaga del nopal verdura en milpa alta, D. F. Tesis de Maestría Colegio de Posgraduados, Téxcoco. Edo. Méx.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1990-1995. Anuario Estadístico de la Agricultura en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.

Secretaria de Agricultura y Ganadería. 1995-1998. Anuario Estadístico de la Agricultura en México. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 2000. La Gestión Ambiental en México. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 44p.

Schowatler T. 2000. Insect Ecology. An Ecosystem Approach. Academic Press. 221-247p.

Soberón J., Sarukhán, J. y Golubov, J. 2001. Economic importance of *Opuntia* and the routes of invasion of *Cactoblastis cactorum*. Florida Entomologist, 84: 486-492.

Southwood T. R. E., Moran V. y Kennedy C. 1982. The richness, abundance y biomass of the arthropod communities on trees. J. Anim. Ecol*., 51:635-649.*

Speightr M., Hunter D. y Watt D. 1999. Ecology of Insects: Concepts and applications. Blackwell Science. 13 p.

Shreve F. 1951. Vegetation of the Sonoran Desert. Carn. Inst. Washington. 591:1-192.

Terradas J. 2001. Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. Omega. Barcelona. 703 pp.

Tovar S. 1999. Estructura de las comunidades de Artrópodos epifitos asociados a los encinos Quercus spp. del valle de México. Tesis de Maestría Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Valdez-Cepeda R., Blanco-Macías F.; Gallegos-Vázquez C., Salinas García G. y Vázquez-Alvarado R. 1984. Daños por heladas en plantas de Opuntia spp. En condiciones de campo en Zacatecas, México. (en Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 1999) p 40-41.

Vázquez-Yanes C. y Batis A. 1996. Adopción de árboles nativos valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Bol. Soc. Bot. México 58: 75-84.

Wilson E. 1992. The Diversity of Life. Cambridge, Massachusetts: The Belknap Press of Harvard University Press.

Zar, J. 1984. Biostatystical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 718 pp.

Zimmermann H. y Granata G. 2002. Insect pest and diseases. Páginas 255-272. En: Nobel, P. (ed.). Cacti Biology and Uses. University of Califronia Press, LA, USA.