



CLAVE: 13DI T0001E

Titulación Integral

Tesis Profesional

“Diversidad de las Hormigas en Cultivos Agroforestales y Monocultivos de Nopal ubicados en la Zona Sur de Tamaulipas.”

Para obtener el Título de
Licenciatura en Biología

Presenta
María Natividad Medina Hernández.

Directora
M.C. Alejandra López Mancilla

Co-Directora
Dra. Madai Rosas Mejía

Noviembre 2019



DEDICATORIAS

A Dios por brindarme la salud necesaria, guiarme en el camino, darme fuerzas por seguir adelante y no caer ante las adversidades que se presentaban.

A mi mamá Minerva Medina Medina que siempre será papá y mamá para mí por su incesante apoyo, consejos, regaños para bien, su comprensión en los momentos difíciles y por apoyarme con los recursos necesarios para obtener este nuevo logro ya que sin ella hubiera sido difícil conseguirlo.

A las personas que me dieron la vida y por haberme forjado como la persona que soy, por sus más apreciables consejos y que nunca dudaron de mí a mis papás Miguel Medina Medina y a Teresa Hernández Meza.

A mis hermanos que siempre estuvieron presentes acompañándome con sus buenos consejos para superarme día a día, Alejandro, Francés, Oswaldo, Álvaro, y mi a apreciable Hermanita Otilia Guadalupe.

A mis abuelitos Álvaro Medina Martínez y su afortunada esposa Julia Medina Higerón por sus buenos consejos y por qué me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis tíos y a mis primos que siempre estuvieron presentes para hacerme reír y deseando lo mejor de mí.

AGREDECIMIENTOS

Al proyecto de investigación de “Diversidad de las hormigas y sus asociaciones con áfidos escamas y piojos harinosos (Hemíptera: Aphidoidea, Coccoidea y Sternorrhyncha) en cultivos agroforestales y monocultivos de nopal ubicados en la zona sur de Tamaulipas”

Al apoyo de PRODEP (PROMET UAT-PTC 238/2019) oficio No. 511-6/18/9249 por la beca estudiantil que se me fue otorgada.

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos y con un cariño especial a mi Co-directora de tesis Dra. Madai Rosas Mejía primero por creer en mí, por aceptarme estar bajo su dirección, por aprender de ella un sin número de enseñanzas, le agradezco todo el tiempo invertido en este trabajo, fue difícil para mí pero gracias a ella llegué a su culminación, siempre apoyándome en momentos difíciles escuchándome cada vez que fuera necesario y no solo al desarrollo de esta tesis sino también como profesional y de la importancia que tenemos las mujeres en la ciencia gracias por todas las oportunidades y facilidades para aprender y mejorar en este proyecto.

Agradezco de antemano a la M.C. Alejandra López Mancilla mi directora de tesis por todo el apoyo brindado y la dedicación hacia mi trabajo, por haberse tomado el tiempo y hacer las revisiones pertinentes para que este trabajo sea mejor, por su valiosa amistad en todo momento y por haber transmitido sus enseñanzas hacia a mí.

Al Dr. Itzcóatl Martínez Sánchez por iniciarme en este trabajo por brindarme esa oportunidad de trabajar en este proyecto deseo darle las gracias por que aprendí a mejorar y a conocer muchas cosas maravillosas y una de ellas es como saberme a desenvolver ante este trabajo.

A la Dra. Griselda Gaona García por su valiosa amistad por sus enseñanzas por asistirme en casa y brindarme los mejores servicios por sus consejos y sus grandes motivaciones hacia a mí.

Un agradecimiento especial para aquellas personas que me apoyaron en el trabajo de campo para realizar de este trabajo de investigación: A Cristian Daniel Mares López, Axel Alejandro Romero Medellín gracias a estos “Chamacos” gracias por el apoyo, su amistad y por motivarme en salir adelante.

Al Ing. Manuel Yáñez Pacheco, al Médico Veterinario: Leonardo Corral Pérez, Dra. Griselda Gaona, Dra. Madai, Martin, quienes me estuvieron acompañando en las salidas a campo gracias por todas sus enseñanzas y de su gran apoyo.

A mis amigos que siempre estuvieron ahí para motivarme y no rendirme, por sus regaños, por aguantar de mi desesperación, y por hacerme reír cuando más lo necesitaba los quiero mucho Abel Guerrero, Carlos Sáenz y Marisol.

Agradezco también al (IEA) Instituto de Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por haberme facilitado las instalaciones de laboratorio donde se desarrolló esta investigación y a todos los profesores y compañeros de esta institución que aportaron algo en mí y por darme y recibimiento placentero muchas gracias.

Mis más sinceros agradecimientos a ellos y a los que me faltaron gracias por haberme apoyado en este camino “GRACIAS POR TODO”.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
I INTRODUCCIÓN.....	5
II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Generalidades de las hormigas.....	7
2.2 Las hormigas como componentes del suelo.....	7
2.2.3. Efecto del uso del suelo sobre los gremios tróficos de hormigas.....	8
2.3. Desarrollo y reproducción de la hormigas.....	10
2.3.1. Taxonomía y evolución de las hormigas.....	10
2.3.2. Morfología de las hormigas.....	12
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	17
4.1 Hipótesis.....	17
4.1.2. Objetivos generales.....	17
4.1.3. Objetivos específicos.....	17
V. JUSTIFICACIÓN.....	18
VI. METODOLOGÍA.....	20
6.1. Área de estudio.....	20
6.2. Trabajo de campo.....	21
6.2.1. Ubicación y delimitación de los puntos por sitio.....	21
6.2.2. Técnicas de muestreo.....	23

6.3. PROCEDIMIENTOS DE LAS TECNICAS.....	23
6.3.1. Captura directa (manual).....	23
6.3.2. Trampas de caída o pitfall.....	25
6.3.3. Muestras de hojarasca.....	26
6.4. Trabajo de gabinete.....	28
VII. RESULTADOS	30
7.1. Abundancia relativa.....	32
7.1.1 Diversidad α	37
7.1.2. Diversidad β	38
7.3. Curvas de acumulación de especies.....	39
7.3.1. Listado de gremios alimenticios de hormigas.....	43
VIII. CONCLUSIONES.....	45
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES.....	47
X. ANEXOS.....	52

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Listado de gremios tróficos de hormigas considerados en el presente estudio (Delabie, Agosti, & do Nascimento, 2000; Silvestre *et al.*, 2003).....9

CUADRO 2. Morfoespecies colectadas en los 6 sitios de muestreo en Gómez Farías Tamaulipas México.....31

CUADRO 3. Índice de Dominancia (D) e índice de Shannon de los 6 sitios de estudio.37

CUADRO 4. Índice de Jaccard (IJ) para los seis sitios de estudio.....38

CUADRO 5. Listado de gremios alimenticios de hormigas considerados en el presente estudio de muestreo (Brandao *et al.*, 2012).....43

CUADRO 6. Listado de gremios alimenticios de hormigas considerados en el presente estudio de muestreo (Brandao *et al.*, 2012).....44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Filogenia de las subfamilias de hormigas (Baroni Urbani <i>et al.</i> 1992).....	11
Figura 2. Filogenia de las grandes divisiones de Hexápoda, mostrando la posición de Hymenoptera (Basado en Kristensen, 1991).....	12
Figura 3. Principales caracteres de la morfología de las hormigas.....	13
Figura 4. Morfología (a, b, c) de especímenes colectados y montados para la colección entomológica.....	15
Figura 5. Área de estudio y puntos de muestreo.....	20
Figura 6. Ubicación y limitación del sitio de palmilla, en Gómez Farías Tamaulipas México.....	21
Figura 7. Ubicación y limitación del sitio de Nopaleras, en Gómez Farías Tamaulipas, México.....	22
Figura 8. Ubicación y limitación del sitio de Frutales, en Gómez Farías Tamaulipas, México.....	22
Figura 9. Procedimiento y recolecta de la hojarasca y manejo del cernidor para la técnica de recolecta con saco MiniWinkler.....	27
Figura 10. Medición de un metro cuadrado para la obtención de la muestra de saco MiniWinkler en palmilla.....	27
Figura 11. Material de laboratorio.....	28
Figura 12. Muestras recolectadas por cada tipo de muestreo transportados al laboratorio.....	28
Figura 13. Muestras de hormigas transportados al laboratorio para limpieza y para identificación de cada espécimen.....	29
Figura 14. Especies por subfamilia del análisis de diversidad de Formícidos.....	30

Figura 15. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio palmilla 1.....	32
Figura 16. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio 2 palmilla.....	33
Figura 17. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio frutal 1.....	34
Figura 18. Abundancias relativa de las morfoespecies en el sitio frutal 2.....	35
Figura 19. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio nopal 1.....	36
Figura 20. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio nopal 2.....	36
Figura 21. Curvas de especies observadas y esperas para el sitio palmilla 1.....	40
Figura 22. Curvas de especies observadas y esperas para el sitio palmilla 2.....	40
Figura 23. Curvas de especies observadas y esperas para el sitio frutal 1.....	41
Figura 24. Curvas de especies observadas y esperas para el sitio frutal 2.....	41
Figura 25. Curvas de especies observadas y esperas para el sitio nopal 1.....	42
Figura 26. Curvas de especies observadas y esperas para el sitio nopal 2.....	42

RESUMEN

Las hormigas son un grupo de himenópteros sociales abundantes de gran diversidad tanto taxonómica como funcional, se ha hipotetizado que fueron los primeros insectos con hábitos depredadores ocupando el suelo. Se estima que se tienen registradas 16,151 especies (incluyendo las subespecies) y 283 géneros. Se considera que las hormigas presentan una alta proporción de la biomasa, alrededor de un 15%, realizan funciones importantes en todo el ecosistema como dispersión de semillas, polinizadoras y depredadoras. Cumplen con variados papeles ecológicos debido a que pueden anidar en diversos lugares, tienen amplio espectro de alimentación y asociaciones con numerosas especies de plantas y animales. Las hormigas han sido utilizadas como un grupo modelo para evaluar ambientes con características contrastantes y para identificar señales de cambio en el uso del suelo. En agroecosistemas el análisis de la diversidad de hormigas puede ser una herramienta en el conocimiento de la influencia del hombre en la conservación de la diversidad biológica. En el presente trabajo se estudió la diversidad de formícidos en cultivos agroforestales y monocultivos de nopal así como los patrones de abundancia en los sitios ubicados en el municipio de Gómez Farías en la zona sur de Tamaulipas. Los tipos de cultivos analizados fueron los siguientes: huertas de frutales, cultivo agroforestal de palmilla y monocultivo de nopal. Para cada tipo de cultivo se marcaron dos sitios de estudio, teniendo en total 6 sitios. En cada sitio se realizaron 2 muestreos mensuales en temporada de lluvias (octubre-noviembre). En todos los sitios de muestreo se limitó el perímetro del área cultivada, para lo cual se utilizó un GPS y se trazaron tres transectos paralelos de 50 m (distanciados aproximadamente 15 m entre sí). En cada transecto se establecieron cinco estaciones de muestreo separadas cada 10 m y se emplearon tres técnicas de muestreo: captura directa (manual); trampas pitfall y muestreo de hojarasca, en el caso de monocultivos de nopal se excluye esta técnica debido a que en el suelo no se genera hojarasca en la población del género *Opuntia*.

Se colectaron 812 ejemplares en el mes de octubre y para el mes de noviembre se obtuvo 983 individuos. Se colectaron 1,795 individuos pertenecientes a 7 subfamilias, 27 géneros, 49 morfoespecies (1 especie), la subfamilia Myrmicinae presentó el mayor número de especies (27), en contraste con Pseudomyrmecinae (2) que obtuvo el menor número de especies. Los géneros con mayor número de morfoespecies fueron *Pheidole* (3), *Octostruma* (3), *Ectatomma* (3) y *Mycocepurus* (2). Los géneros de las morfoespecies *Adelomyrmex*, *Brachymyrmex*, *Cephalotes*, y *Apterostigma* solo fueron representados por una especie. Debido a que en monocultivos de nopal la generación de hojarasca es poca o nula, esto puede estar impactando en la diversidad de especies de hormigas. La información ecológica y de diversidad generada puede contribuir en la toma de decisiones en cuanto a la conservación de la diversidad en agroecosistemas.

ABSTRACT

Ants are a group of abundant social hymenoptera of great diversity both taxonomic and functional, it has been hypothesized that they were the first insects with predatory habits occupying the ground. It is estimated that 16,151 species (including subspecies) and 283 genera are registered. Ants are considered to have a high proportion of biomass, around 15%, perform important functions throughout the ecosystem such as seed dispersal, pollinators and predators. They fulfill various ecological roles because they can nest in various places, have a wide spectrum of food and associations with numerous species of plants and animals. Ants have been used as a model group to evaluate environments with contrasting characteristics and to identify signs of change in land use. In agroecosystems the analysis of the diversity of ants can be a tool in the knowledge of the influence of man in the conservation of biological diversity. In this work we studied the diversity of formic acids in agroforestry and monoculture cultivation of prickly pears as well as abundance patterns in the sites located in the municipality of Gómez Farias in the southern zone of Tamaulipas. The types of crops analyzed were the following: fruit orchards, palm tree agroforestry cultivation and nopal monoculture. For each type of crop, two study sites were marked, with a total of 6 sites. In each site, 2 monthly samplings were carried out during the rainy season (October-November). In all the sampling sites the perimeter of the cultivated area was limited, for which a GPS was used and three parallel transects of 50 m were drawn (approximately 15 m apart). In each transect, five separate sampling stations were established every 10 m and three sampling techniques were used: direct capture (manual); pitfall traps and litter sampling, in the case of nopal monocultures this technique is excluded because the soil does not generate litter in the *Opuntia* genus population.

812 copies were collected in the month of October and for the month of November 983 individuals were obtained. 1,795 individuals belonging to 7 subfamilies, 27 genera, 49 morphospecies (1 species) were collected, the Myrmicinae subfamily presented the largest number of species (27), in contrast to Pseudomyrmecinae (2) that obtained the least number of species.

The genera with the highest number of morphospecies were *Pheidole* (3), *Octostruma* (3), *Ectatomma* (3) and *Mycocepurus* (2). The genera of the *Adelomyrmex*, *Brachymyrmex*, *Cephalotes*, and *Apterostigma* morphospecies were only represented by one species. Because in nopal monocultures the generation of litter is low or zero, this may be impacting the diversity of ant species. Ecological and diversity information generated can contribute to decision-making regarding the conservation of diversity in agroecosystems.

I. INTRODUCCION

Las hormigas son un grupo de himenópteros sociales abundantes de gran diversidad tanto taxonómica como funcional (Andersen, 1997; Brown, 1997; Alonso & Agosti, 2000; Andersen *et al.*, 2002). Se ha hipotetizado que fueron los primeros insectos con hábitos depredadores ocupando el suelo (Rojas Fernández 2001). Desempeñan funciones importantes en todos los ecosistemas, en sistemas agroecológicos manifiestan una alta abundancia y diversidad e importantes servicios ecológicos (Lavelle & Kohlman 1984, Camacho 1995, Delable & Fowler 1995). Por sus características se han utilizado como bioindicadores en zonas alteradas por el ser humano o por cualquier agente natural (Armbrecht y Ulloa-Chacón, 2003). En México se han realizado estudios en agroecosistemas, como por ejemplo cultivos de milpas, sistemas agroforestales y cultivo de café enfocados como reservorio de la biodiversidad (Campos-Salas *et al.*, 2016; Fischersworing y Robkamp, 2001). En Tamaulipas se han realizado pocos estudios sobre la Mirmecofauna asociada en agroecosistemas (Jussino & Phillips, 1992; Flores-Maldonado *et al.*, 2002). En el ejido San Lorenzo, municipio de Jaumave, estado de Tamaulipas, México se estudió la estructura de la comunidad que permitió detectar diferencias de la respuesta de los insectos ante distintas actividades agrícolas, como en cultivos de plantío de sábila, área de vegetación secundaria (área sin cultivo) y de maíz, para los muestreos se utilizaron 30 trampas pitfall por sitio con cuatro repeticiones y con una distancia de 15 mts, los resultados mostraron 32 especies de hormigas. La riqueza mayor fue en el área sin cultivo, la diversidad más alta en el cultivo de maíz y una abundancia mayor en el de sábila (Peck *et al.*, 1998; Tejeda-Cruz *et al.*, 2008; Chanatásig-Vaca *et al.*, 2011). Dos especies resultaron indicadoras del cultivo de sábila, y cuatro especies lo fueron en el área no cultivada (Lachaud & García, 1999; Phillips *et al.*, 2005). En el 2005 Flores-Maldonado & González-Hernández realizaron estudios en la Reserva “El Cielo” con el grupo Formicidae en huertos de mango y reportaron 32 especies, de las cuales *Pseudomyrmex gracilis*, *Strumigenys subdentata* y *Paratrechina fulva*, (Mayr, 1862) fueron nuevos registros para el estado.

En esta investigación se presenta la diversidad de formícidos en cultivos agroforestales y monocultivos de nopal así como los patrones de abundancia en sitios ubicados en el municipio de Gómez Farías en la zona sur de Tamaulipas obteniendo información ecológica, de abundancia y diversidad que contribuirá a la información requerida para la toma de decisiones en cuanto a la conservación de la diversidad en agroecosistemas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de las hormigas

Las hormigas son pequeños insectos del orden Hymenoptera pertenecientes a la familia Formicidae (Brothers & Carpenter 1993), son comunes en diversos ecosistemas y presentan características únicas, como un par de antenas, tres pares de patas y dos pares de alas. Es un grupo con alta diversidad en el mundo, se estima que se tienen registradas 16,151 especies (incluyendo las subespecies) y 283 géneros sin embargo existen especies que aún no han sido descubiertas y estas podrían incrementar el número total a más de 30 000 especies según (Fisher, 2010; Ward 2010). Se considera que las hormigas presentan una alta proporción de la biomasa, alrededor de 10% y realizan funciones importantes en todo el ecosistema como dispersión de semillas, polinizadores, depredadoras (Wilson 2010), cumplen con los señalados papeles ecológicos debido a que tienen una gran variedad de estratos de anidación, amplio espectro de alimentación y asociaciones con numerosas especies de plantas y animales (Dauber & Volters 2000)

2.2. Las hormigas como componentes del suelo

Estos organismos habitan en todos los ambientes desde el subsuelo hasta en los estratos arbóreos, la mayoría de las especies viven en nidos subterráneos, así como en hojarasca o en madera descompuesta sobre el suelo. Cumplen con funciones de importancia en este estrato, como por ejemplo (Bestelmeyer *et al.* 2000):

- ❖ Dispersar semillas, esto permite que salgan nuevas plantas y árboles.
- ❖ Se encargan de alimentarse de la materia orgánica en descomposición esto ayuda a limpiar y aprovechar los residuos orgánicos
- ❖ Ayudan a mejorar la textura y estructura del suelo. Se ha propuesto diversas formas de manipular especies de formícidos y comunidades en

agroecosistemas para un aprovechamiento de sus hábitos de forrajeo y sus preferencias alimenticias (Levey & Byrne 1993, Passos & Oliveira 2002).

a) Comportamiento de las hormigas

Las hormigas se comunican utilizando las feromonas, sonidos y el tacto, la mayoría utilizan el ámbito del suelo para dejar rastros de feromonas y así puedan ser seguidos por otras hormigas. Varios formícidos incluso utilizan las feromonas de difusión para abatir a las hormigas enemigas y hacerlas combatir entre ellas (Alonso *et al.*, 2004, p. 4).

b) Hormigas y su alimentación

La mayoría de las hormigas son omnívoras y las diferentes especies comen alimentos distintos. La dieta básica de las hormigas incluye semillas, hongos, néctar e insectos, pero son capaces de comer alimentos que varían desde productos vegetales hasta presas animales, otras se especializan en líquidos azucarados como el néctar, la melaza y otros de insectos, animales pequeños y carne muerta (Rojas, 2001). Ciertas especies de hormigas establecen una relación con las plantas y fungen como depredadoras de las semillas, de foliadoras, dispersoras o polinizadoras (Hernández, 2005). Por ejemplo, las hormigas de la tribu *attini* cortan partes de la vegetación o se encargan de coleccionar insectos muertos (Rojas, 2001).

2.2.3. Efecto del uso del suelo sobre los gremios tróficos de hormigas:

Las hormigas constituyen un grupo de himenópteros sociales de gran diversidad, taxonómica como funcional y se ha considerado que su éxito biológico fue debido a que fueron los primeros insectos sociales con hábitos depredadores que ocuparon el suelo, algunas de las especies se han descrito como depredadoras de

especies plagas, como carroñeras y otras como problemáticas o que causan daños económicos teniendo asociación con insectos plagas como: áfidos, psílidos y cóccidos (Wilson, 2003). Wetterer (2010) y Dubois (1986) mencionan que *Monomorium floricola*, *Solenopsis geminata* y *Tapinoma minutum* están en lista como depredadores de huevos de lepidópteros nativos y causan una reducción en la población. Las especies de hormigas se caracterizaron en gremios tróficos con base a la literatura (Delabie, Agosti, & do Nascimento, 2000; Silvestre *et al.*, 2003) (**cuadro 1**). Con esta información se construyeron los modelos lineales generalizados mixtos de distribución, para determinar el efecto de cada uso del suelo sobre la abundancia de hormigas de cada gremio, este procedimiento se realizó con el paquete *multcomp* (Hothorn *et al.*, 2016) de R (R Development Core Team, 2017).

CUADRO 1. Listado de gremios tróficos de hormigas considerados en el presente estudio (Delabie, Agosti, & do Nascimento, 2000; Silvestre *et al.*, 2003).

Código	Descripción del gremio	Especies
A	Omnívoras de suelo y hojarasca.	<i>Pheidole</i> spp., <i>Solenopsis</i> spp., <i>Wasmannia</i> spp., <i>Linepithema</i> spp., <i>Cardiocondyla</i> spp., <i>Nesomyrmex asper</i> , <i>Temnothorax subditivus</i>
B	Depredadoras poneromorfas generalistas de suelo y hojarasca	<i>Odontomachus chelifer</i> , <i>Ectatomma ruidum</i> , <i>Neoponera verena</i> , <i>Neoponera aenescens</i> , <i>Pachycondyla impressa</i> , <i>Gnamptogenys striatula</i>
C	Oportunistas de suelo y vegetación	<i>Camponotus</i> spp., <i>Nylanderia</i> spp., <i>Brachymyrmex</i> spp., <i>Dorymyrmex brunneus</i>
D	Cultivadoras de hongo a partir de hojas cortadas	<i>Atta cephalotes</i>
E	Cultivadoras de hongo a partir de detritus de artrópodos	<i>Cyphomyrmex</i> spp., <i>Mycocepurus smithii</i> , <i>Apterostigma pilosum</i>
F	Myrmicinas crípticas depredadoras especializadas	<i>Strumigenys</i> spp., <i>Acanthognathus ocellatus</i> , <i>Octostruma balzani</i>
G	Depredadoras poneromorfas crípticas	<i>Hypoponera</i> spp., <i>Heteroponera inca</i> , <i>Rasopone ferruginea</i> , <i>Neoponera crenata</i> , <i>Discothyrea denticulata</i>
H	Especialistas crípticas del suelo	<i>Acropyga</i> spp., <i>Tranopelta gilva</i>
I	Especies nómadas	<i>Eciton burchellii foreli</i> , <i>Labidus</i> spp., <i>Neivamyrmex adnepos</i>
J	Omnívoras arbóreas que ocasionalmente forrajea en estratos más bajos	<i>Crematogaster</i> spp., <i>Azteca</i> sp., <i>Myrmelachista zeledoni</i> ,

2.3 Desarrollo y reproducción de las hormigas

La vida de la hormiga comienza a partir de un huevo, si el óvulo es fecundado, la descendencia será hembra (diploide); si no, será macho (haploide) (López & Ramón 2010, Kaspari 2003) una de las características importantes en su haplodiploidía debido a los huevos no fertilizados se desarrollan en machos haploides y los huevos fertilizados en hembras diploides el modo que se determina el sexo favorece la selección por parentesco para eso la proporción de genes compartidos por las obreras condicionan del cuidado de la progenie de sus hermanas de forma tal que aseguran indirectamente a través de sus parientes una mayor representación o inversión futura de sus genes en la población, en comparación así estos individuos produjeran su propia descendencia (Hamilton 1964, Trivers & Hare 1976, Krebs & Davies 1993). Las hormigas se desarrollan por metamorfosis completa; las etapas de larva pasan por una fase de pupa antes de emerger como adultos. La larva es en gran parte inmóvil y es alimentada y cuidada por los trabajadores. Las larvas también pueden estar provistas de alimentos sólidos, como huevos tróficos, piezas de presa, y semillas traídas por los trabajadores y pueden incluso ser transportados directamente a la presa capturada, en algunas especies los trabajadores en el momento de eclosionar son débiles, pero comienzan a servir a la colonia de inmediato (Hölldobler & Wilson 1990).

2.3.1 Taxonomía y evolución de las hormigas

La familia Formicidae pertenece al orden de los himenópteros, que también incluyen las moscas sierra, las abejas y las avispas. Las hormigas evolucionaron de una ascendencia dentro de las avispas (Véspidos) (Brothers 1999). Bolton (1990) ha manifestado agrupaciones y un nuevo esquema, parte de la cual posee o se deriva de apreciaciones filogenéticas. Los grupos dorylina (Aenictogitoninae, Aenictinae, Dorylinae, Ecitoninae, Leptanilloidinae, Cerapachyinae) se presentan como una de las agrupaciones monofiléticas más fuertes dentro de las hormigas (Brady & Ward 2003). Numerosos rasgos evolutivos demuestran la monofolia de

Hymenoptera orden que se conoce desde el triásico superior (Ronquist 1999; Fernández 2000 Figura 1.) (Rasnysin 1988). Kristensen (1991, 1999), propone que Hymenoptera es el grupo hermano de Mecoptera (Lepidóptera, Díptera, Trichoptera y Siphonaptera) dentro de Endopterygota (Holometabola). Sin embargo, la perspectiva de Hymenoptera entre los holometábolos es ambiguo (Kristensen 1999; Vilhelmsen 2001). En el grupo de Vespoidea Brothers y Carpenter (1993) y Brothers (1999) explican que las hormigas son el grupo semejante de Scoliidae + Vespidae como se muestran en la Figura 2. Filogenia de las subfamilias de hormigas según Baroni Urbani *et al.* (1992). Estas tres familias, a su vez, forman un grupo monofilético, de Bradynobaenidae. Esta propuesta simplemente no ha sido modificada y aparentemente refleja el ascenso actual sobre esta agrupación. Por otra parte, Hashimoto (1996) estudiando la estructura del primer tergo abdominal en hormigas, mutílicos y tílicos, sugiere que las hormigas pueden tener otra unión.

SISTEMATICA Y FILOGENIA DE LAS HORMIGAS.

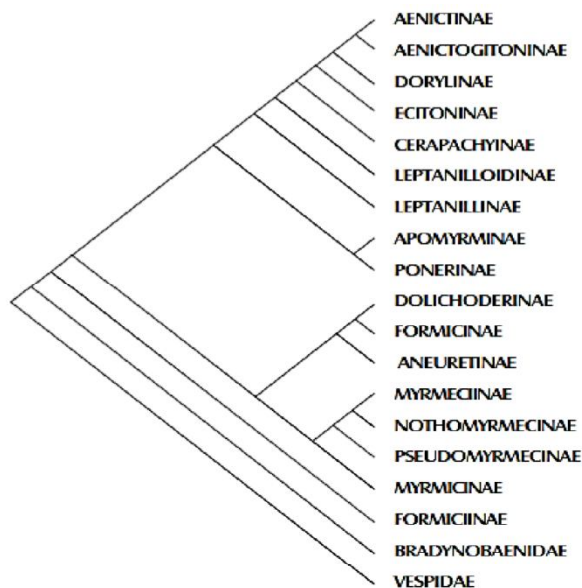


Figura 1. Filogenia de las subfamilias de hormigas (Baroni Urbani *et al.* 1992)

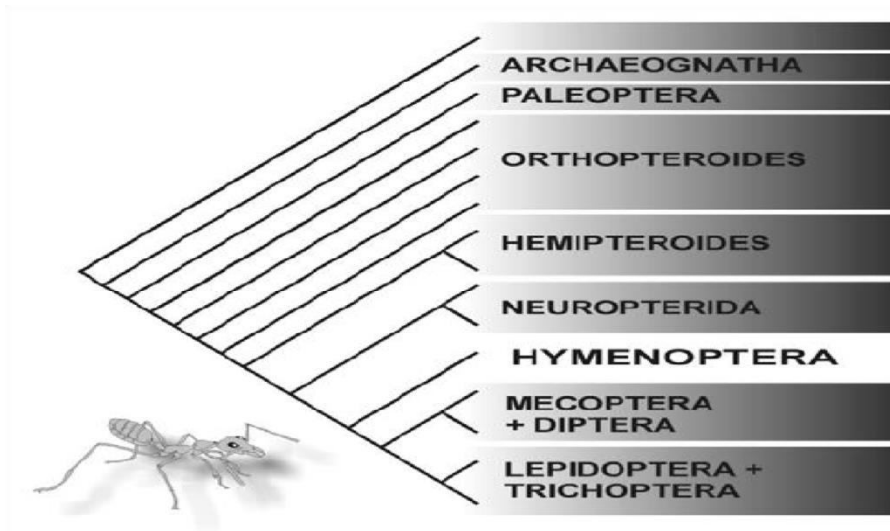


Figura 2. Filogenia de las grandes divisiones de Hexápoda, mostrando la posición de Hymenoptera (basado en Kristensen, 1991).

2.3.2 Morfología de las hormigas

La morfología externa de los insectos es de fundamental importancia para la entomología agrícola y particularmente en el manejo de plagas ya que nos permitirá una correcta identificación de las mismas, reconociendo las principales estructuras externas y sus funciones (Apablaza & Urra, 2010). Las hormigas tienen características morfológicas distintas a otros insectos como las antenas en codo, glándulas metapleurales y una fuerte constricción de su segundo segmento abdominal en un peciolo en forma de nodo (Fig. 3). La cabeza, mesosoma (el tórax más el primer segmento abdominal, fusionado a éste) y metasoma o gáster (el abdomen menos los segmentos abdominales del peciolo) son sus tres segmentos corporales claramente diferenciados. El peciolo forma una cintura estrecha entre su mesosoma y el gáster. El peciolo puede estar formado por uno o dos nodos (Fernández, 2003). Forman colonias perennes altamente sociales (eusociales), con algunas formas secundariamente parásitas. Obreras (hembras ápteras) y reinas (hembras aladas/reinas) con la cabeza prognata, antenas entre 4 y 12 segmentos, escapo presente, glándula metapleural

normalmente presente, pecíolo presente, pospecíolo presente en algunos grupos, aguijón presente y funcional o secundariamente ausente o atrofiado. Las hembras pierden sus alas después del apareamiento. Machos con ojos y ocelos desarrollados, mandíbulas simples, antenas entre 9 y 13 segmentos, siempre alados, tórax con escleritos asociados al vuelo (Hanson & Gauld, 1994, 1995; Ronquist, 1999).

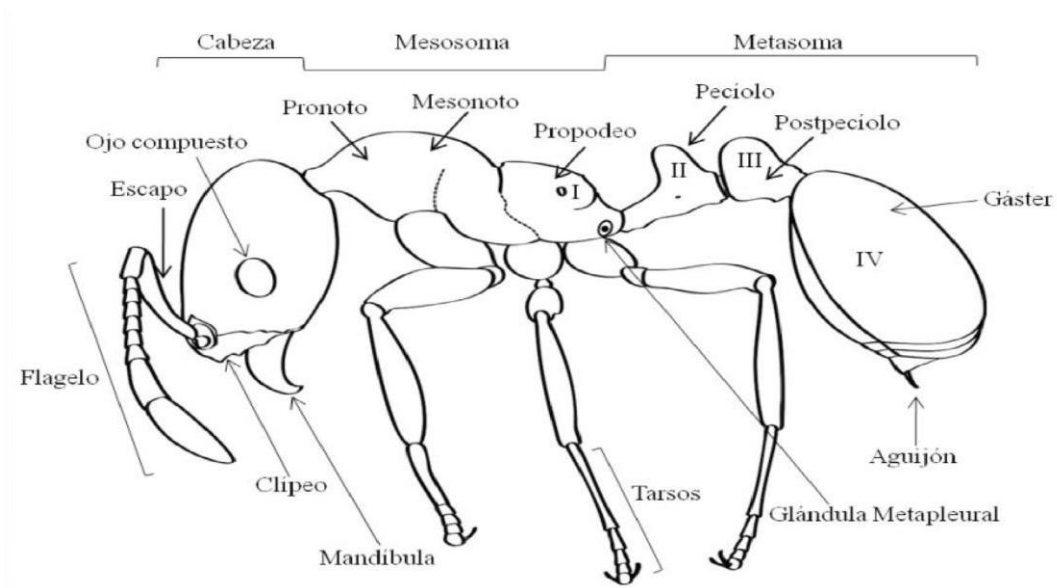


Figura 3. Principales caracteres de la morfología de las hormigas.



a) *Ectatomma sp1*



b) *Odontomachus sp.*



c) *Pachycondyla* sp.

Figura 4. Morfología (a, b, c) de especímenes colectados y montados para colección entomológica.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los formícidos se consideran como indicadores de calidad ambiental y presentan una serie de características deseables a este fin, la mayoría de especies tienen requerimientos similares de recursos, el concepto trófico de los gremios no es demasiado útil (Andersen 1991). Por lo tanto, las agrupaciones funcionales para las plantas, se basa en caracteres ecológicos, que son apropiadas para la agrupación funcional de las hormigas. (Andersen 1995). A diferencia del concepto de gremio del "grupo funcional": según Gitay & Noble (1997) un grupo funcional, que podemos considerar, se define y se diferencia del resto de conceptos mencionados, y agrupa a los organismos que responden a una perturbación de la misma manera y mediante el mismo mecanismo. Se consideran importantes indicadores ecológicos (Andersen *et al.*, 2004), de igual forma manifiestan una extensa gama de gremios tróficos y prácticos que intervienen en casi todos los estratos de los agroecosistemas (incluido el café), presentando los servicios ecosistémicos, como el control posible de plagas, polinización o la materia orgánica del suelo (Silvestre, Brandão, & Rosa da Silva, 2003; Días *et al.*, 2013). Por tal razón, se ha considerado como una herramienta importante para obtener mediciones rápidas y comparar la diversidad y abundancia relativa y así analizar la conservación de las especies de hormigas en sistemas simples (monocultivos) y complejos (sistemas agroforestales). En relación al problema es obtener información ecológica, de abundancia y diversidad que contribuirá a la información requerida para la toma de decisiones en el manejo de plagas y la conservación de la diversidad en agroecosistemas en el municipio de Gómez Farías en la zona sur de Tamaulipas.

IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis

Los patrones de abundancia y el estudio de la diversidad de hormigas hacen posible identificar y establecer patrones de conservación de las especies de hormigas en sistemas simples (monocultivos) y complejos (sistemas agroforestales), dando respuesta a la identificación de las hormigas como plagas secundarias e insectos benéficos o como organismos depredadores de plagas.

4.1.2 Objetivo general: Analizar la diversidad de formícidos en cultivos agroforestales y monocultivo de nopal, así como los patrones de abundancia en la Zona Sur de Tamaulipas.

4.1.3 Objetivos específicos:

- Comparar la diversidad y abundancia relativa de las hormigas en sistemas agroforestales y monocultivos.
- Realizar la curva de acumulación de especies por cada sitio
- Estudiar el rol ecológico de cada especie mediante los gremios alimenticios, en cada uno de los sitios

V. JUSTIFICACIÓN

Se ha observado que algunas especies de hormigas favorecen las propiedades físicas y químicas de los suelos en cultivos por el hecho de construir nidos subterráneos (Fortanelli & Servín, 2002), por ejemplo en los pastizales, las hormigas cumplen también con funciones sobresalientes como consumidores primarios, tomando partes de las plantas y en menor grado secundario, al depredar pequeños invertebrados (Hölldobler & Wilson, 1990). Las hormigas se consideran como indicadores convenientes de calidad ambiental para diferentes ecosistemas ya que presentan una serie de características deseables como (Brown, 1989):

- Alta fidelidad ecológica
- Son funcionalmente importantes en los ecosistemas
- Su respuesta a las perturbaciones es predecible, rápida, analizable y generalmente lineal
- Son especies abundantes, no furtivas, fáciles de encontrar en el campo
- Existe un buen conocimiento de su Taxonomía
- Su identificación es relativamente fácil
- Por ello, las hormigas son y han sido utilizadas en diferentes estudios como insectos indicadores de perturbación y con fines de manejo conservacionista (Kremer, 1994; Read, 1996) y como indicadores de riqueza en sistemas agroforestales (Perfecto, 1991; Power, 1996) ante este contexto en esta investigación se estudió la diversidad de especies de hormigas, en monocultivos de nopal y sistemas agroforestales ubicados en el Municipio de Gómez Farías, obteniendo información ecológica, de abundancia y diversidad que contribuirá a la información requerida para la toma de decisiones en el manejo integrado de plagas y la conservación de la diversidad en agroecosistemas. En Tamaulipas se han realizado pocos

estudios sobre la Mirmecofauna asociada en agroecosistemas. Se dará a conocer a la comunidad para que ellos puedan tener un mejor manejo de sus cultivos además de observar la baja diversidad de organismos en los monocultivos y gestionar policultivos de acuerdo a sus beneficios.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Área de estudio

El municipio de Gómez Farías se localiza al suroeste del estado de Tamaulipas, al sur del Trópico de Cáncer entre 22'48 'y 23' 30 'N. y 99 'y 99' 30 'W en una porción de la Sierra Madre Oriental conocida como Sierra de Guatemala. Se presentan tres importantes tipos de vegetación: Bosque trópic subcaducifolio, bosque tropical siempre verde y bosque mesófilo de montaña. Es una región de transición, donde la fauna, flora tropical y los climas afectan y dan paso a ambientes templados. A pesar de la actividad agrícola en las tierras bajas y las cuencas interiores, la intensidad de la presión humana en la región se mantiene un ecosistema conservado. Los principales cultivos temporales son Maíz, frijol, calabaza, nopal verdura y cúrcuma, también se manejan huertos familiares con frutales como guayaba, durazno, mango y por último el cultivo agroforestal de las hojas de palmilla *Chamaedorea radicalis* (Gobierno de Tamaulipas y TNC, 2011).

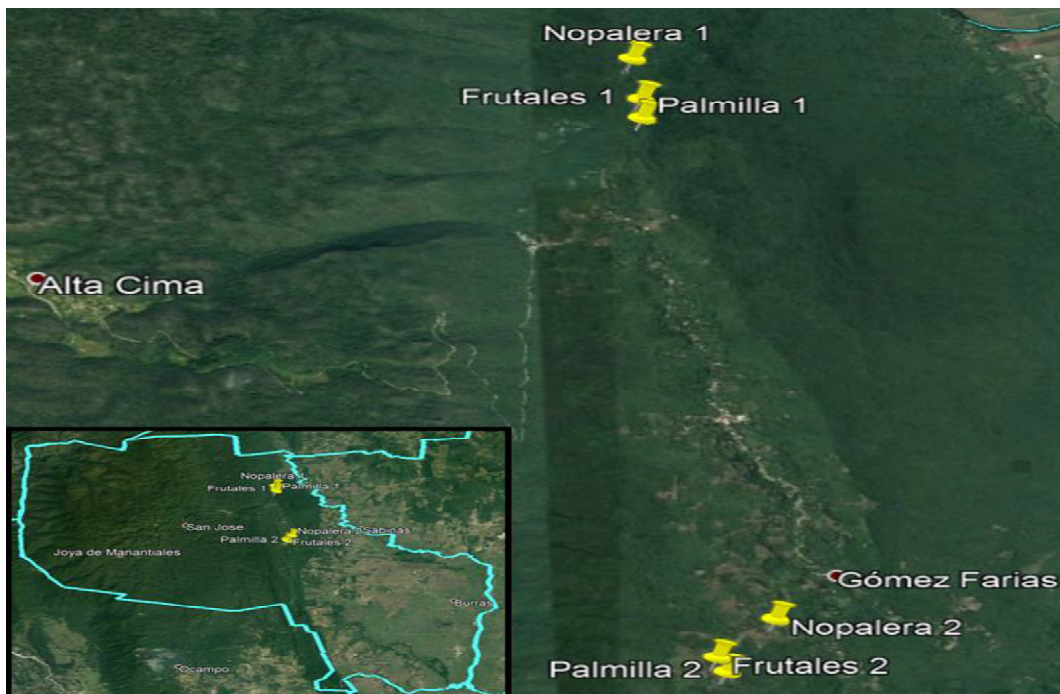


Figura 5. Área de estudio y puntos de muestreo.

6.2. Trabajo de campo.

Los sitios de estudio se encuentran entre los 900 y 1,300 m.s.n.m. Los cultivos que se seleccionaron fueron: Huertas de frutales, cultivo agroforestal de palmilla y monocultivo de nopal. Para cada tipo de cultivo se marcaron dos sitios de muestreo, teniendo en total 6 sitios de muestreo. En cada sitio se realizó 1 muestreo mensual en temporada de lluvias (octubre-noviembre). En todos los sitios de muestreo se limitaron el perímetro del área cultivada, para lo cual se utilizaron un GPS y se trazaron tres transectos paralelos de 50 m (distanciados aproximadamente 15 m entre sí).

6.2.1. Ubicación y delimitación de los puntos por sitio.

Se delimitaron los puntos de recolecta mediante coordenadas geográficas (Fig. 4, 5, 6 y 7). Se presentan los datos obtenidos localizados dentro de la “Reserva de la Biosfera El Cielo”: Sitio 1 Palmilla: 23.113909, -99.146672, Sitio 1 Frutales: 23.114301, -99.146222, Sitio 1 Nopalera: 23.114299, -99.145513. Sitio 2 Palmilla: 23.024455, -99.148627. Sitio 2 Frutales: 23.024339, -99.148639, Sitio 2 Nopalera: 23.024339, -99.148639.



Figura 6. Ubicación y limitación del sitio de palmilla en Gómez Farías, Tamaulipas, México.



Figura 7. Ubicación y delimitación de sitios de Nopaleras, en Gómez, Farías, Tamaulipas, México.



Figura 8. Ubicación y delimitación de sitios de Frutales, en Gómez Farías, Tamaulipas, México.

6.2.2. Técnicas de muestreo.

En cada transecto se establecieron cinco estaciones de muestreo separadas cada 10 m y se emplearon tres técnicas de muestreo: captura directa (manual); trampas pitfall y muestreo de hojarasca, con un total de 45 unidades de recolecta (UR) por sitio por muestreo (en el caso de los sitios de monocultivo de nopal ver explicación de muestras de hojarasca).

PROCEDIMIENTO DE CADA TÉCNICA:

6.3.1. Captura directa (manual). Se recolectaron individuos de manera directa que se encontraron en vegetación, revisando activamente en ramas, troncos y hojarasca para detección de nidos. El tiempo de búsqueda fue de 40 minutos por estación. El material que se utilizó fueron frascos con alcohol absoluto, pinceles, pinzas entomológicas y materiales para etiquetas (Figuras a, b, c, d).



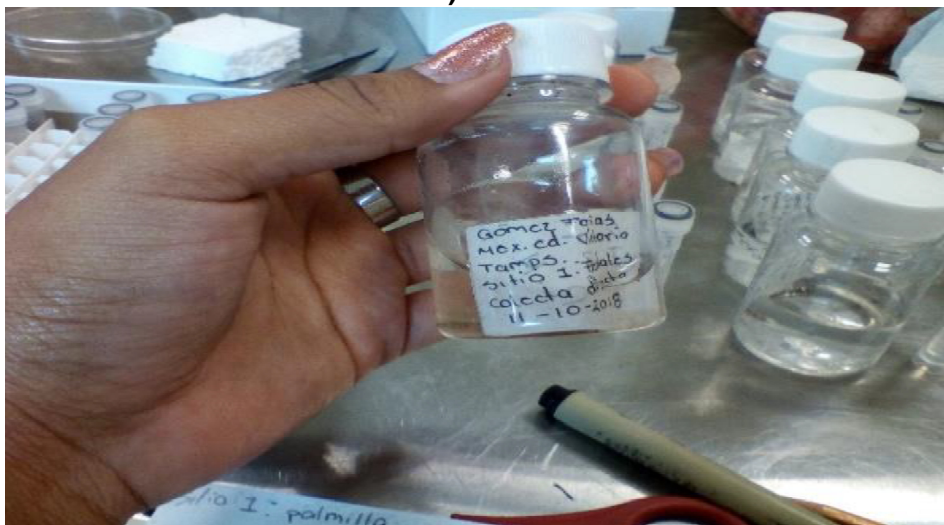
a) Sitio 1



b) Sitio 2



c) Sitio 3



d) Muestras de colecta directa

6.3.2. Trampas de caída o pitfall: Se recolectaron individuos de manera directa que se encontraron en vegetación, revisando activamente en ramas, troncos y hojarasca para detección de nidos. El tiempo de búsqueda fue de 40 minutos por estación. El material que se utilizó fueron frascos con alcohol absoluto, pinceles, pinzas entomológicas y materiales para etiquetas (Figuras a, b, c, d).



a) Sitio 1



b) Sitio 2



c) Sitio 3

6.3.3. Muestras de hojarasca. Se realizó la recolección de hojarasca por sitio que luego se procesó en sacos Mini Winkler por 48 horas para la extracción de las hormigas presentes en la hojarasca, el área del perímetro fue de un metro cuadrado por estación. En el caso de los sitios de monocultivo de nopal se excluye esta técnica debido a que en el suelo no se genera hojarasca en la población del género *Opuntia*. (Figuras, 9 Y 10).





Figura 9. Procedimiento y recolecta de la hojarasca y manejo del cernidor, para la técnica de recolecta con Saco Mini Winkler.



Figura 10. Medición de un metro cuadrado para la obtención de la muestra de Saco MiniWinkler en Palmilla.

6.4. Trabajo de gabinete

Las hormigas se preservaron en viales con alcohol absoluto y se etiquetaron de manera adecuada. Se montaron algunos especímenes para formar una colección de referencia, estos fueron determinados mediante el uso de las claves taxonómicas especializadas con la ayuda del estereomicroscopio hasta el nivel taxonómico de especie (Figs. 10, 11 y 12). Se ratificaron la identidad de las especies de hormigas por comparación de ejemplares en la Sección Formicidae de la Colección Entomológica, del Centro de Estudios en Zoología, Universidad de Guadalajara (CZUG). También se registraron el número de obreras y reinas por cada trampa, (Figuras a, b, c, d).



Figura 11. Material de laboratorio.



Figura 12. Muestras recolectadas por cada tipo de muestreo transportadas al laboratorio



Figura 13. Muestras de hormigas transportadas al laboratorio para limpieza y para identificación de cada espécimen.

VII. RESULTADOS

Del análisis de la diversidad de formícidos en cultivos agroforestales y monocultivo de nopal, así como los patrones de abundancia en la zona de estudio.

Se colectaron 1,795 individuos pertenecientes a 7 subfamilias, 27 géneros, 49 morfoespecies (1 especie) (Cuadro 2), la subfamilia Myrmicinae presentó el mayor número de morfoespecies (27), en contraste con Pseudomyrmecinae (2) que obtuvo el menor número de especies (Figura 12). Los géneros con mayor número de morfoespecies fueron *Pheidole* (3), *Octostruma* (3), *Ectatomma* (3) y *Mycocepurus* (2). Los géneros de las morfoespecies *Adelomyrmex*, *Brachymyrmex*, *Cephalotes*, y *Apterostigma* solo fueron representados por una morfoespecie.

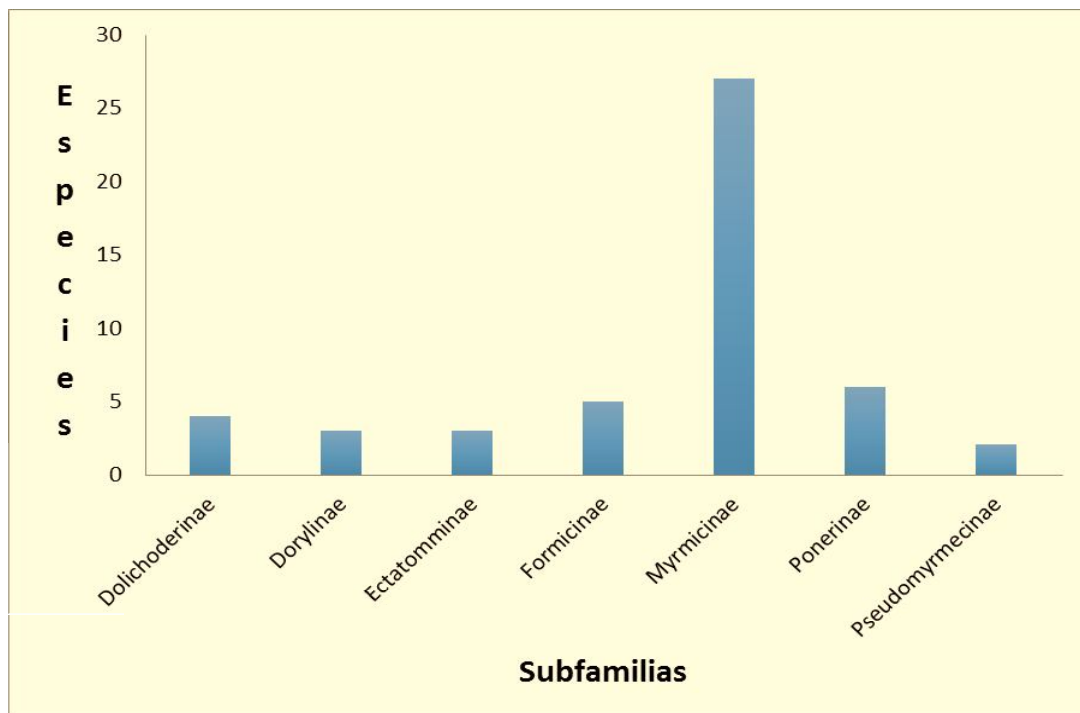


Figura 14. Especies por subfamilia del análisis de diversidad de Formícidos.

Cuadro 2. Morfoespecies colectadas en los 6 sitios de muestreo en Gómez Farías Tamps. Mex.

<i>Adelomyrmex sp.</i>	<i>Monomorium sp.1</i> <i>Monomorium sp.2</i>
<i>Apterostigma sp.</i>	<i>Mycocepurus sp.1</i> <i>Mycocepurus sp.2</i>
<i>Azteca sp.1</i> <i>Azteca sp.2</i>	<i>Myrmicocrypta sp.</i>
<i>Brachymyrmex sp.</i>	<i>Octostruma sp.1</i> <i>Octostruma sp.2</i> <i>Octostruma sp.3</i>
<i>Camponotus sp.1</i> <i>Camponotus sp.2</i>	<i>Odontomachus sp.1</i> <i>Odontomachus sp.2</i>
<i>Cephalotes sp.</i>	<i>Pachycondyla sp.1</i> <i>Pachycondyla sp.2</i>
<i>Crematogaster sp.1</i> <i>Crematogaster sp.2</i> <i>Crematogaster sp.3</i>	<i>Pheidole sp.1</i> <i>Pheidole sp.2</i> <i>Pheidole sp.3</i>
<i>Cyphomyrmex sp.1</i> <i>Cyphomyrmex sp.2</i>	<i>Pseudomyrmex sp.1</i> <i>Pseudomyrmex sp.2</i>
<i>Dorymyrmex sp.</i>	<i>Solenopsis sp.1</i> <i>Solenopsis sp.2</i> <i>Solenopsis sp.3</i>
<i>Ectatomma sp.1</i> <i>Ectatomma sp2</i> <i>Ectatomma sp3</i>	<i>Strumigenys sp.1</i> <i>Strumigenys sp.2</i>
<i>Forelius sp.</i>	<i>Syscia sp.</i>
<i>Hypoponera sp.1</i> <i>Hypoponera sp.2</i>	<i>Trachymyrmex sp</i>
<i>Labidus sp.1</i> <i>Labidus sp.2</i>	<i>Wasmannia auropunctata</i>
<i>Nylanderia sp.1</i> <i>Nylanderia sp.2</i>	

7.1. ABUNDANCIA RELATIVA

Abundancia de las morfoespecies de hormigas en los 6 sitios en sistemas agroforestales y monocultivos de nopal.

Las morfoespecies con mayor abundancia en el sitio Palmilla 1 fueron *Ectatomma* sp.1 (17), *Wasmannia auropunctata* (15) *Ectatomma* sp.2 (13), *Pachycondyla* sp.1 (7), *Odontomachus* sp.1 (6), *Strumigenys* sp.2 (5). Las morfoespecies con menor abundancia fueron *Pseudomyrmex* sp.1 (1), *Crematogaster* sp.3 (2), *Crematogaster* sp.2 (4), *Crematogaster* sp.1 (3), *Nylanderia* sp.1 (1), *Cyphomyrmex* sp.1 (4), *Pachycondyla* sp.2 (2), *Cephalotes* sp.1 (1), *Solenopsis* sp.1 (1) y *Solenopsis* sp.2 (1), *Solenopsis* sp.3 (3), *Strumigenys* sp.1 (1), *Pheidole* sp.2 (2), *Pheidole* sp.3 (1), *Cyphomyrmex* sp.2 (4), *Octostruma* sp.1 (3), *Hypoponera* sp.1 (2), *Syscia* sp. (1), *Octostruma* sp.2 (2), *Azteca* sp.1 (3), *Azteca* sp.2 (1). (Figura 14).

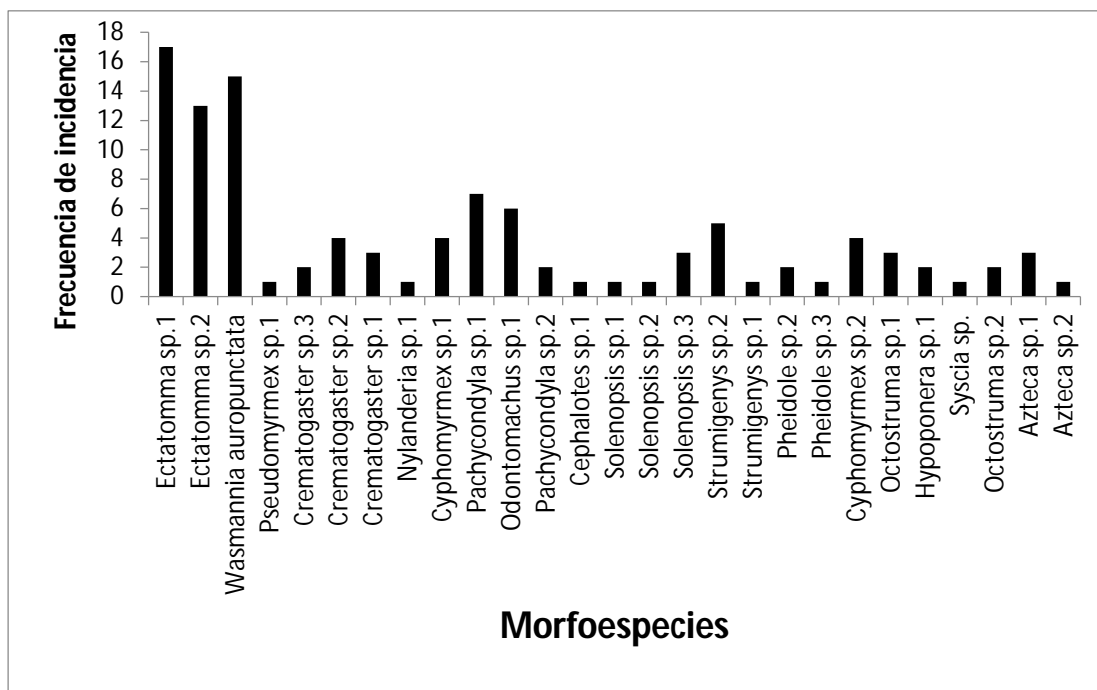


Figura 15. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio Palmilla 1.

Las morfoespecies con mayor abundancia en el sitio Palmilla 2 fue *Wasmannia auropunctata* (5), en contraste las morfoespecies con menor abundancia fueron *Solenopsis sp.1* (2), *Strumigenys sp.1* (2), *Pheidole sp.1* (2), *Odontomachus sp.1* (1), *Solenopsis sp.2* (1), *Strumigenys sp.2* (1), *Octostruma sp.1* (1), *Octostruma sp.2* (1), *Labidus sp.1* (1), *Adelomyrmex sp.* (1), *Myrmicocrypta sp.* (1) (Figura 15).

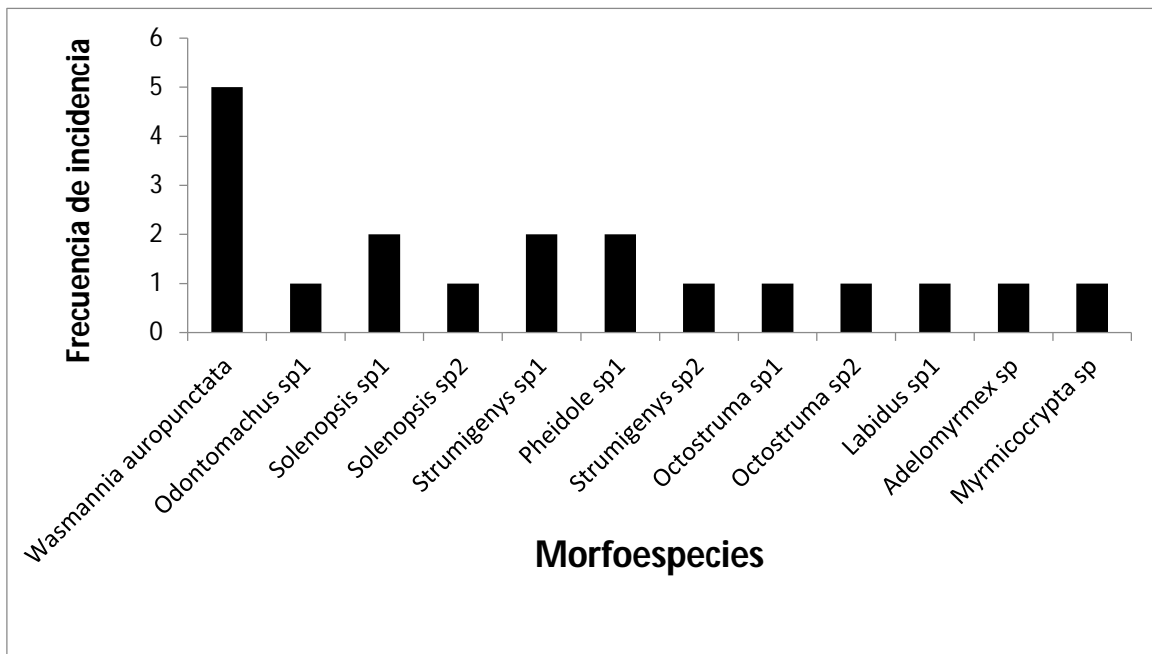


Figura 16. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio 2 Palmilla.

En el sitio Frutal 1 las morfoespecies con mayor abundancia fueron *Wasmannia auropunctata* (15), *Ectatomma* sp.1, *Ectatomma* sp.2, *Solenopsis* sp.2 y *Odontomachus* sp.2 (6), *Pachycondyla* sp.1, *Pachycondyla* sp.2, *Mycocepurus* sp.1, y las morfoespecies con menor abundancia fueron *Nylanderia* sp.2, *Solenopsis* sp.3, *Strumigenys* sp.1 (3), *Nylanderia* sp.1, *Solenopsis* sp.1, *Camponotus* sp.2, *Pheidole* sp1, *Pheidole* sp.3, *Strumigenys* sp.2 (2), *Crematogaster* sp.2, *Crematogaster* sp.3, *Cyphomyrmex* sp.1, *Apterostigma* sp., *Camponotus* sp.1, *Trachymyrmex* sp.1, *Cyphomyrmex* sp.2, *Hypoponera* sp.1, *Octostruma* sp.2, *Mycocepurus* sp.2, *Hypoconera* sp.2, *Octostruma* sp.3, y *Adelomyrmex* sp. (1) (Figura 16).

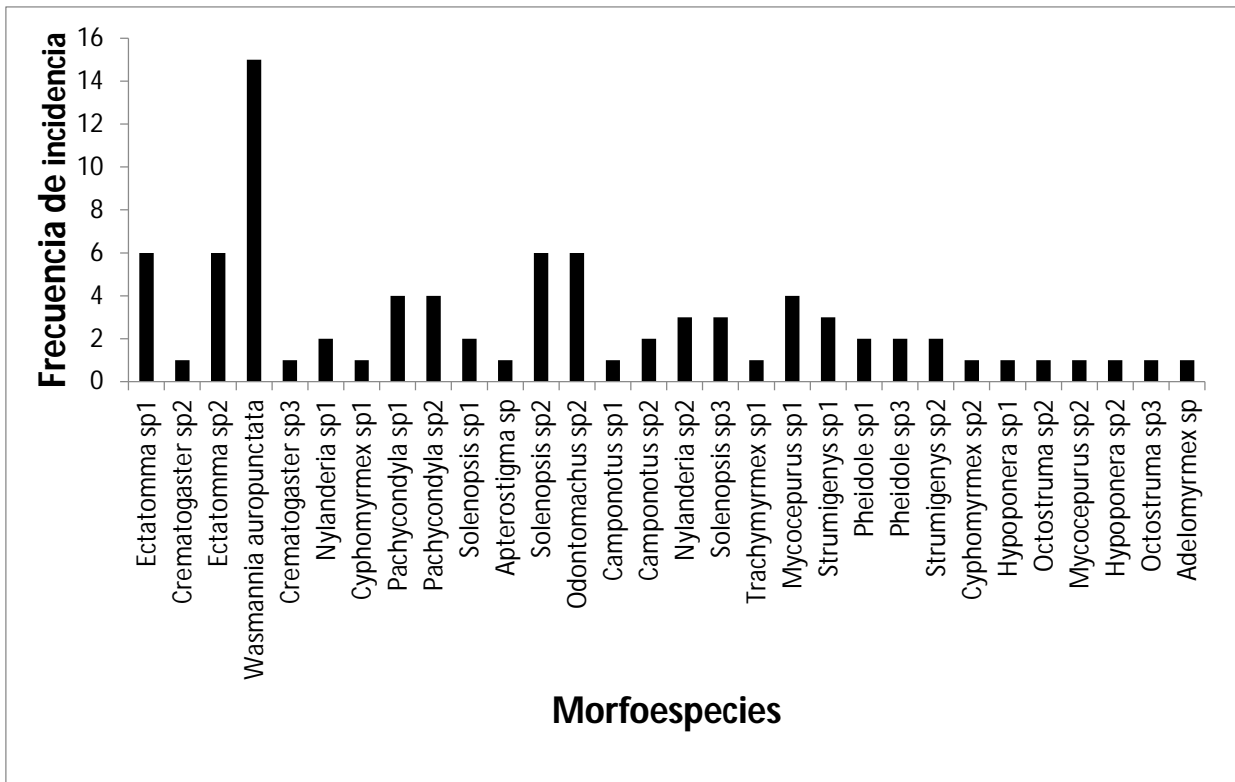


Figura 17. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio Frutal 1.

Las morfoespecies con mayor abundancia en el sitio Frutal 2 fueron *Ectatomma* sp.1 (4), *Wasmannia auropunctata* (3), *Pheidole* sp.1 (3), *Forelius* sp. (3) y las morfoespecies con menor abundancia *Pheidole* sp.2, *Solenopsis* sp.2, *Solenopsis* sp.1 y *Ectatomma* sp.2 (2), *Cyphomyrmex* sp.1, *Camponotus* sp.1 *Camponotus* sp.2, *Trachymyrmex* sp.1, *Mycocepurus* sp.1, *Cyphomyrmex* sp.2, *Labidus* sp.1 y *Ectatomma* sp.3 (1) (Figura 17).

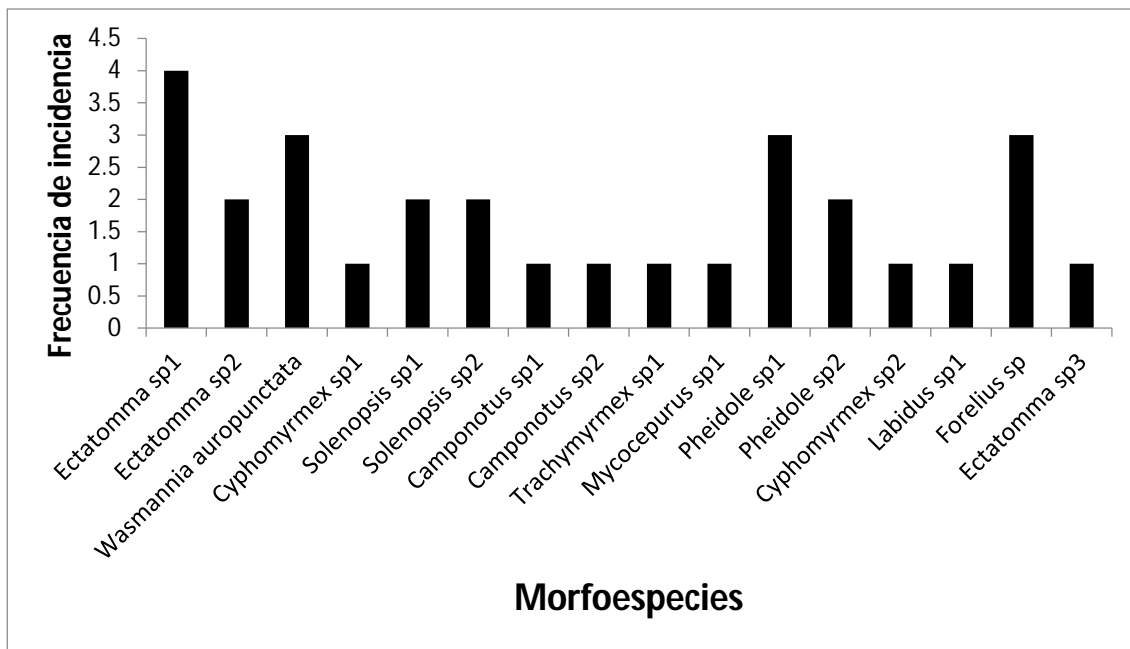


Figura 18. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio frutal 2.

En el sitio Nopal 1 las morfoespecies con mayor abundancia fueron *Pheidole* sp.2 (9), *Pheidole* sp.1 (4) y *Pheidole* sp.3 (3) en cambio las morfoespecies con menor abundancia relativa fueron *Solenopsis* sp.1 (2), *Solenopsis* sp.2 (2), *Camponotus* sp.2 (2), *Solenopsis* sp.3 (2), *Odontomachus* sp.2 (1), *Pseudomyrmex* sp.2 (1), *Brachymyrmex* sp. (1), *Labidus* sp.2 (1) (Figura 18).

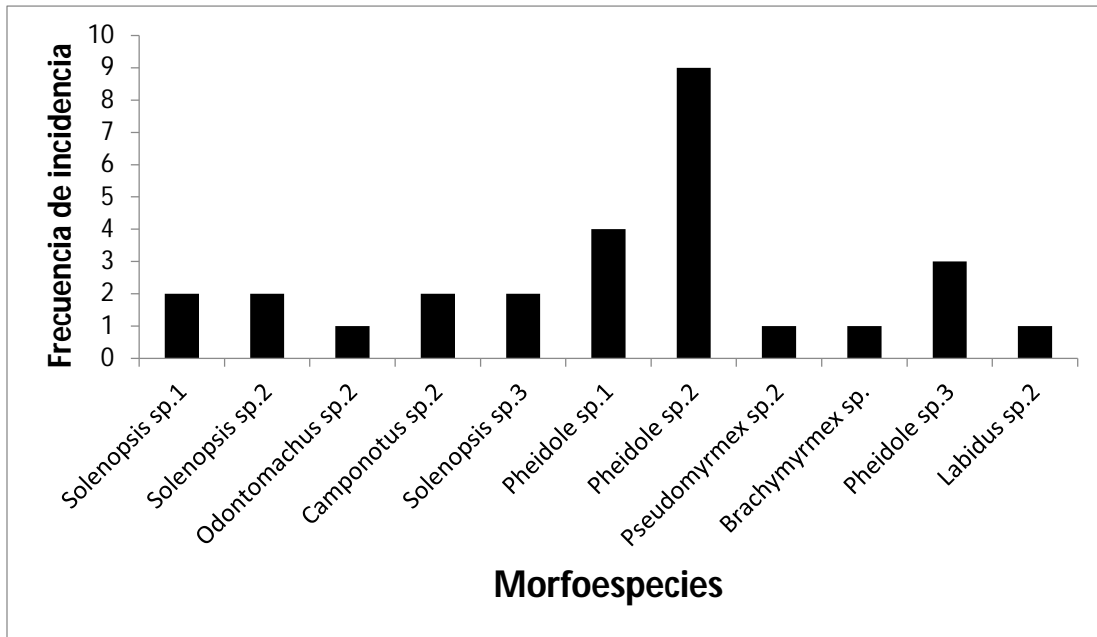


Figura 19. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio Nopal 1.

En el sitio Nopal 2 las morfoespecies con mayor abundancia fueron *Ectatomma* sp.1 (5), *Pheidole* sp.3 (4), *Ectatomma* sp.2 (3), *Solenopsis* sp.2 (3), *Camponotus* sp.2 (3), y las morfoespecies con menor abundancia fueron *Pheidole* sp.1 (2), *Pheidole* sp.2 (2), *Dorymyrmex* sp. (2), *Forelius* sp. (2), *Nylanderia* sp.1 (1), *Azteca* sp.1 (1), *Solenopsis* sp.3 (1), *Solenopsis* sp.1 (1), *Brachymyrmex* sp. (1), *Labidus* sp.1 (1), *Monomorium* sp.1 (1), *Monomorium* sp.2 (1) (Figura19).

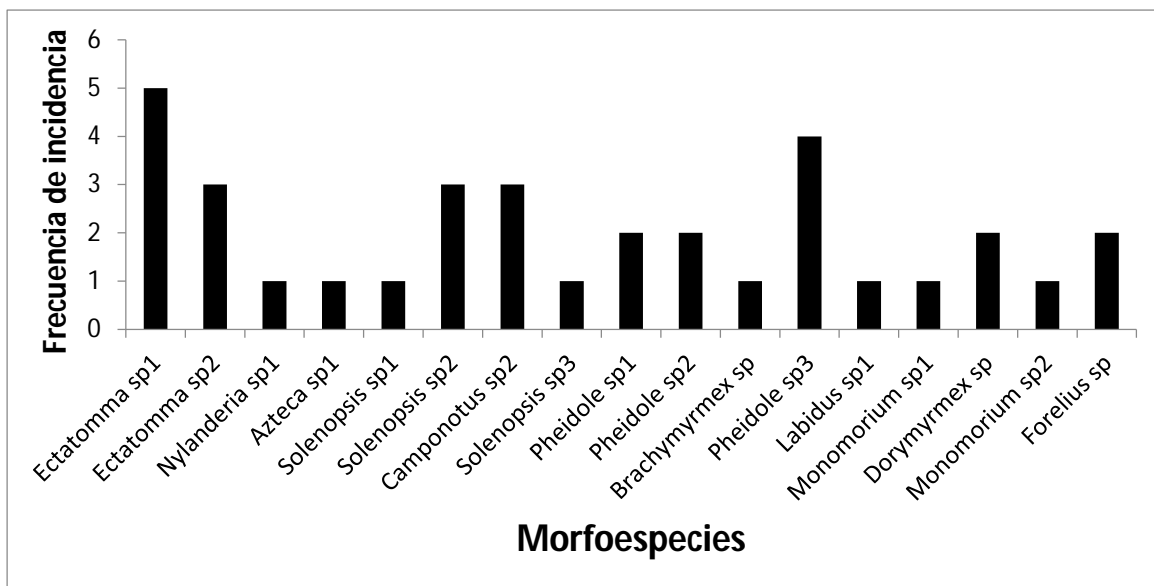


Figura 20. Abundancia relativa de las morfoespecies en el sitio Nopal 2.

7.1.1. Diversidad α

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea. Se calcularon los índices de diversidad de dominancia (D) y de Shannon (H), respecto al índice (D), fueron muy similares en los seis sitios, donde se observó que el valor más alto fue para el sitio Nopal 1 (0.1607), teniendo en cuenta que los valores cercanos a uno en el índice (D) indican la dominancia de una especie, en este estudio no se observa una dominancia alta entre los sitios de agroecosistemas forestales y monocultivos de nopal. Los valores del índice (H) se observa que en el sitio Frutal 1 fue de 3.049 y en el sitio Frutal 2 de 2.644. Los valores mayores o iguales a 3 se consideran como hábitat con relativamente alta diversidad (Golicher 2008), debido a lo anterior se puede asumir que los sitios Frutal 1 y Frutal 2 son los que presentan alta biodiversidad específica, en cambio la menor diversidad se presentó en el sitio Nopal 1 (**ver cuadro 3**).

CUADRO 3. Índice de Dominancia (D) e índice de Shannon de los 6 sitios de estudio.

	Palmilla 1	Palmilla 2	Frutal 1	Frutal 2	Nopal 1	Nopal 2
Dominancia (D)	0.08063	0.1247	0.06657	0.07967	0.1607	0.07958
Shannon (H)	2.859	2.302	3.049	2.644	2.112	2.673

7.1.2. Diversidad β

La diversidad β es el grado de cambio o reemplazo en la composición de las especies entre diferentes comunidades en un paisaje (Whittaker, 1972). Para este estudio se calculó el índice de Jaccard (IJ) que mide el grado de similitud entre dos conjuntos, sea cual sea el tipo de elementos. El intervalo de valores para el índice de Jaccard va de cero, cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta uno, cuando dos sitios tienen la misma composición de especies. En los sitios de estudio se obtuvo una mayor similitud entre la composición de especies en el sitio Frutal 2 y en el sitio Palmilla 1 así como en el sitio Frutal 1 y sitio Palmilla 1. En contraste los sitios con menos especies compartidas entre ellos fueron sitio Nopal 2 y sitio Palmilla 2 así como sitio Nopal 1 y sitio Palmilla 2 y finalmente sitio Nopal 1 y sitio Palmilla 1 (**ver Cuadro 4**).

CUADRO 4. Índice de Jaccard (IJ) para los seis sitios de estudio.

	Sitio 2 palmilla	Sitio 1 frutal	Sitio 2 frutal	Sitio 1 nopal	Sitio 2 nopal
Sitio 1 palmilla	0.25806452	0.46153846	0.77142857	0.15151515	0.25714286
Sitio 2 palmilla		0.23529412	0.26086957	0.15	0.13793103
Sitio 1 frutal			0.35294118	0.20588235	0.23684211
Sitio 2 frutal				0.22727273	0.375
Sitio 1 nopal					0.4

7.2. CURVAS DE ACUMULACION DE ESPECIES

Se realizaron las curvas de acumulación de especies para obtener un análisis del inventario de especies en cada sitio, es decir se realizó la estimación de riqueza por cada sitio de muestreo. Estas curvas se realizaron por ICE Mean, Chao 2 Mean. De acuerdo con estos resultados, la riqueza de especies de hormigas es mayor en los sistemas agroforestales de sitio Palmilla 2 y sitio Frutal 1.

Para el sitio Palmilla 1 se colectaron 27 morfoespecies y se estima que se puede llegar a colectar 65 morfoespecies con una completitud de 42% (Figura 20). En el sitio Palmilla 2 se colectaron 11 morfoespecies y se estima que se puede llegar a colectar hasta 30 especies. Con el muestreo realizado se tiene una completitud del 33% (Figura 21).

En el sitio Frutal 1 se colectaron 30 morfoespecies y se estima que se puede llegar a colectar 50 especies, por lo tanto se observa una completitud de 60% (Figura 22).

En el sitio Frutal 2 se colectaron 14 morfoespecies y se estima que se puede llegar a colectar 26 especies, obteniendo con las colectas realizadas una completitud del 54% (Figura 23). En el sitio Nopal 1 se colectaron 10 morfoespecies y se estima que se puede llegar a colectar 14 especies, en este caso se presenta una completitud de 71%, siendo muy alto este valor (Figura 24). En el sitio Nopal 2 se colectaron 11 morfoespecies y se estima que se puede llegar a colectar 25 especies con una completitud de 44% (Figura 25).

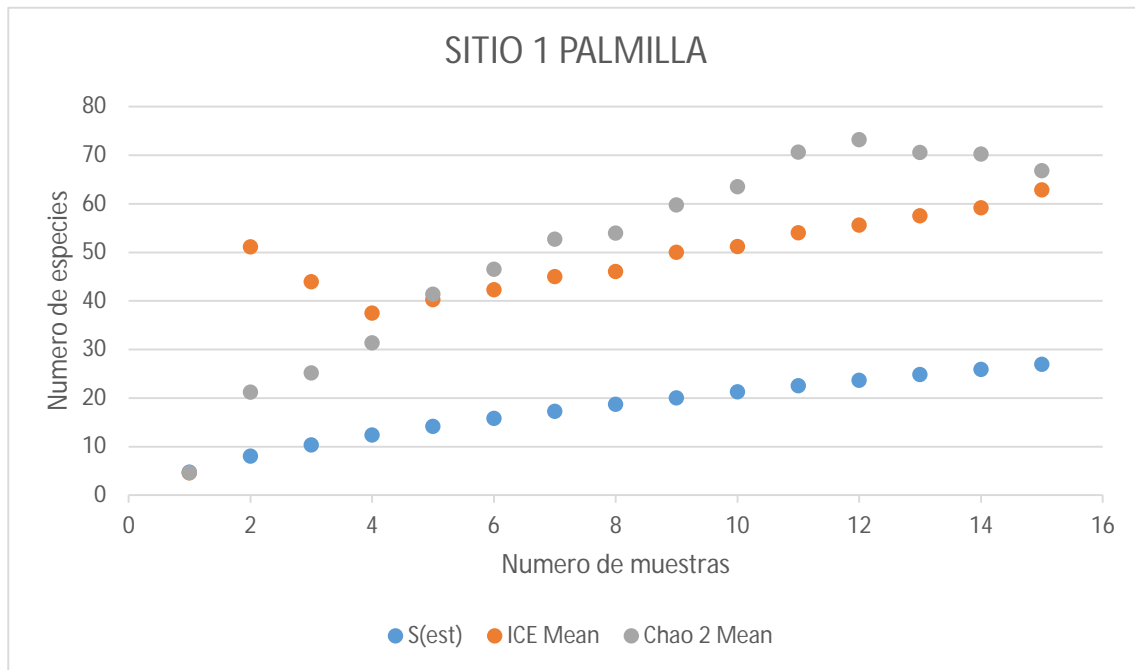


Figura 21. Curvas de acumulación de especies observadas y esperadas para el sitio Palmilla 1.

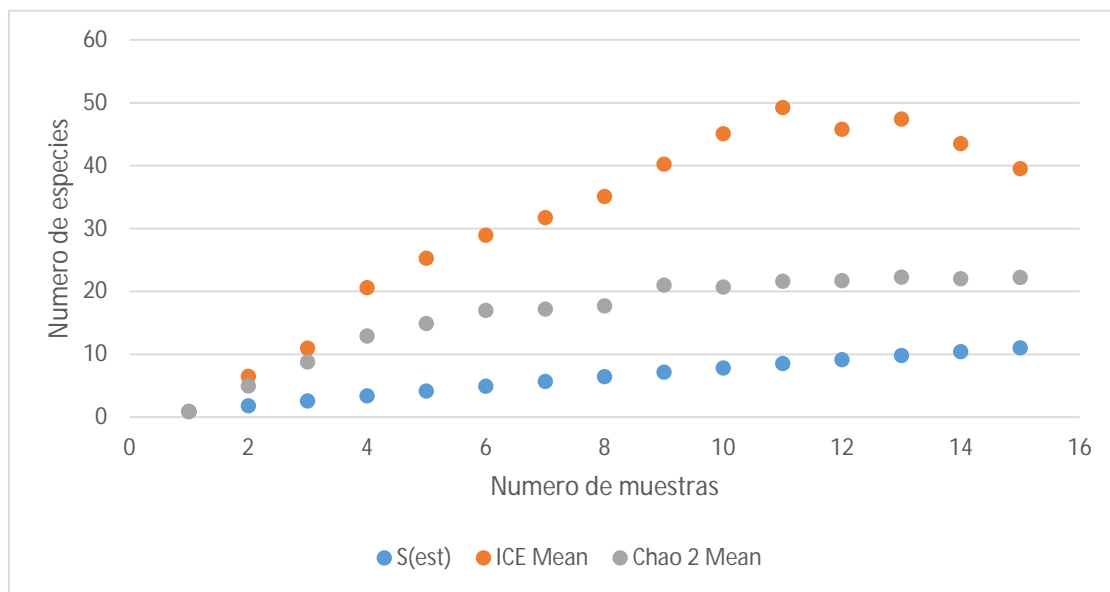


Figura 22. Curvas de acumulación de especies observadas y esperadas para el sitio Palmilla 2.

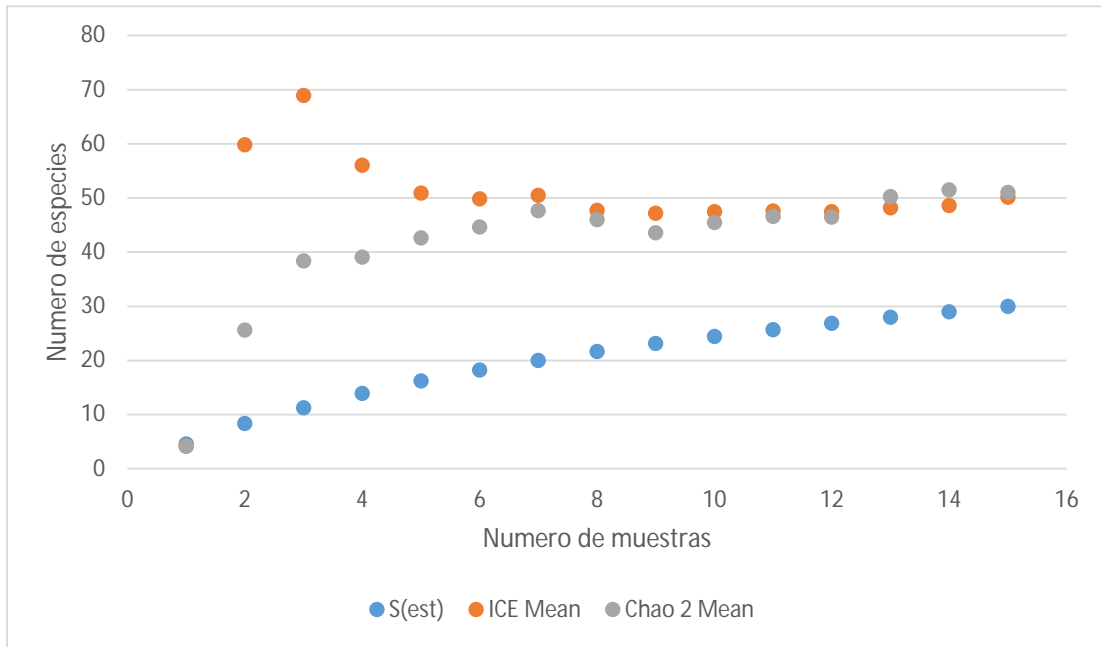


Figura 23. Curvas de acumulación de especies observadas y esperadas para el sitio Frutal 1.

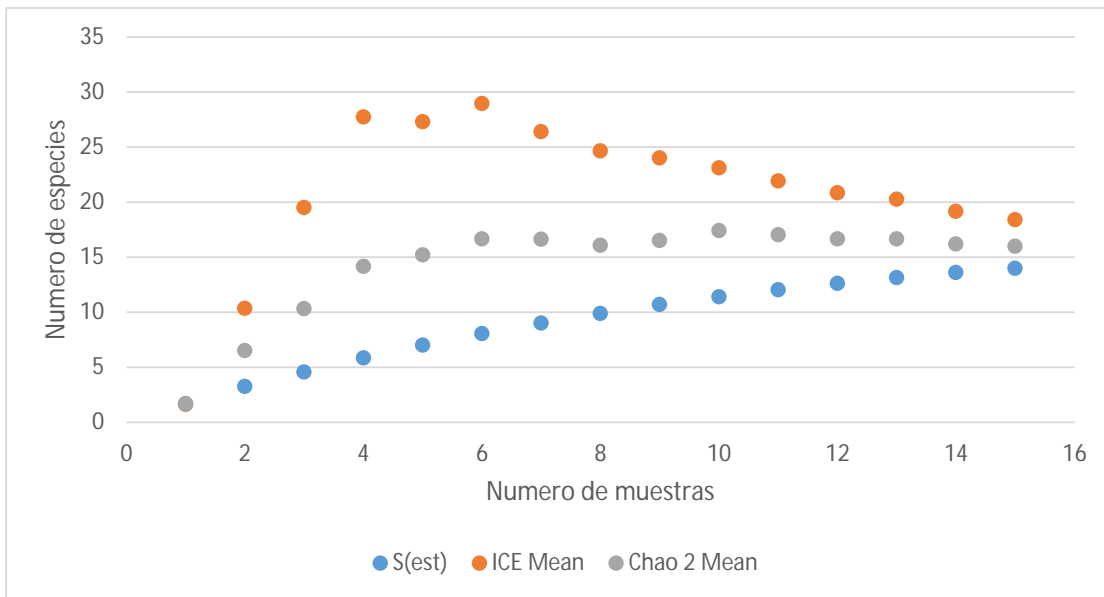


Figura 24. Curvas de acumulación de especies observadas y esperadas para el sitio Frutal 2.

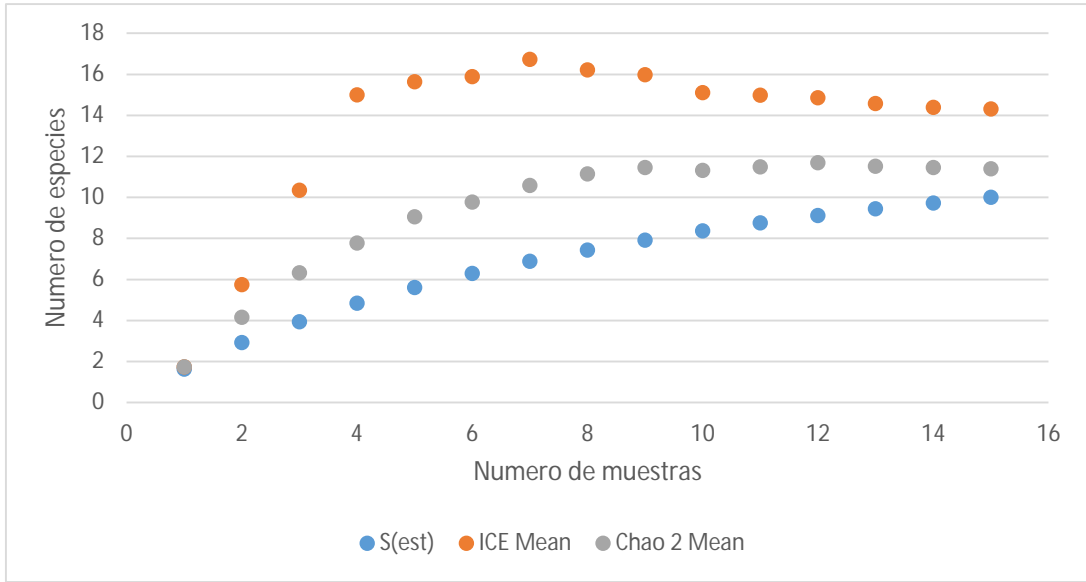


Figura 25. Curvas de acumulación de especies observadas y esperadas para el sitio Nopal 1.

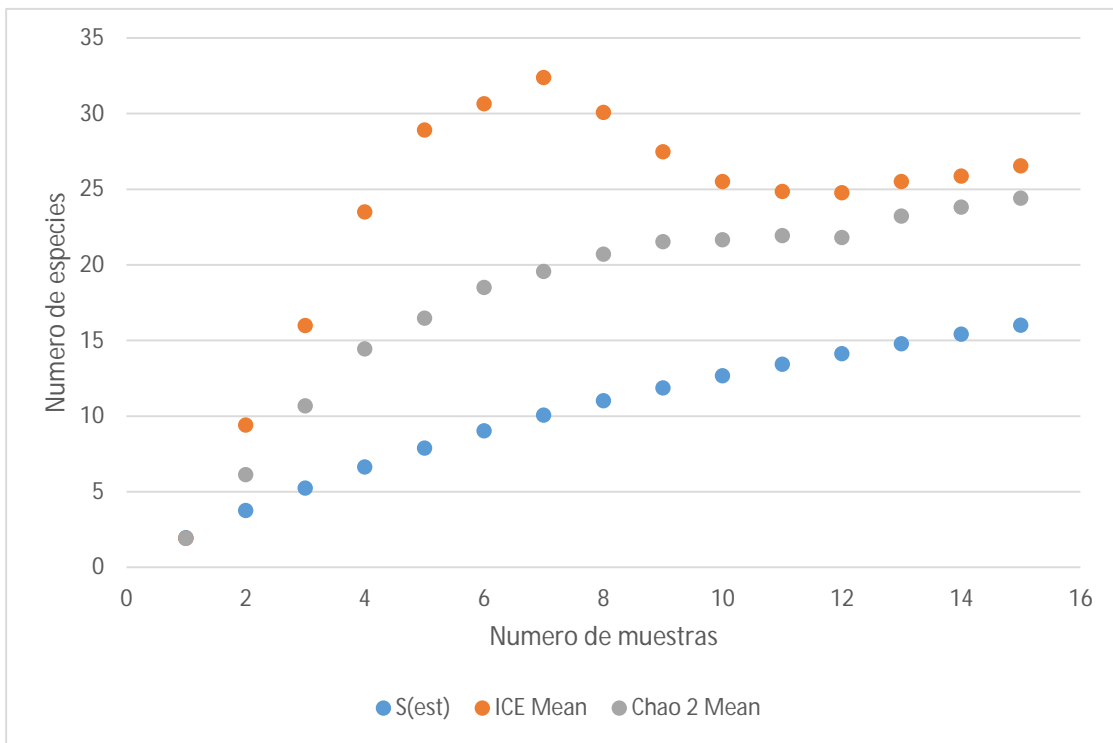


Figura 26. Curvas de acumulación de especies observadas y esperadas para el sitio Nopal 2.

7.2.1. Listado de gremios alimenticios de hormigas

Las morfoespecies de hormigas se analizaron por gremios alimenticios. Se observaron Hormigas arbóreas dominantes asociadas a recursos ricos en carbohidratos o domatia en los sitios de nopal en contraste con los cultivos agroforestales donde se encontraron hormigas cultivadoras de hongos. (Cuadro 5 y 6). En este apartado se puede observar los efectos del uso del suelo sobre la abundancia de hormigas de cada tipo de gremio.

CUADRO 5. Listado de gremios alimenticios de hormigas considerados en el presente estudio de muestreo (Brandao *et al.*, 2012).

Forrajeras generalistas pequeñas	Hypogeas	<i>Solenopsis</i> sp.1, sp.2, sp.3 (nopal)
Nidificador en hojarasca y cultivadoras de hongos		<i>Apterostigma</i> (frutal); <i>Cyphomyrmex</i> (palmilla); <i>Mycocepurus</i> (Palmilla); <i>Myrmicocrypta</i> (Frutal); <i>Trachymyrmex</i> (Frutal).
Hormigas (Depredadoras)	legionarias	<i>Labidus</i> (Nopal).
Hormigas dominantes asociadas a recursos ricos en carbohidratos o Domatia	arbóreas asociadas a recursos ricos en	<i>Azteca</i> (Frutal); <i>Brachymyrmex</i> (Nopal); <i>Camponotus</i> (Nopal, Palmilla, Frutal); <i>Crematogaster</i> (Palmilla); <i>Ectatomma</i> (Nopal, Palmilla, Frutal); <i>Monomorium</i> (Nopal); <i>Pheidole</i> (Nopal, Palmilla, Frutal); <i>Wasmannia auropunctata</i> (Palmilla y Frutal).
Hormigas arbóreas que se alimentan de polen		<i>Cephalotes</i> (Palmilla).

CUADRO 6. Listado de gremios alimenticios de hormigas considerados en el presente estudio de muestreo (Brandao *et al.*, 2012).

<p>Depredadoras generalistas epigeos grandes</p>	<p><i>Ectatomma</i> (Nopal, Palmilla, Frutal); <i>Odontomachus</i> (palmilla); <i>Pachycondyla</i> (palmilla).</p>
<p>Depredadoras generalistas pequeñas hypogeas</p>	<p><i>Hypoponera</i> (palmilla).</p>
<p>Depredadoras Dacetini</p>	<p><i>Strumigenys</i> (palmilla y frutal)</p>
<p>Hormigas depredadoras arbóreas</p>	<p><i>Pachycondyla</i> (palmilla y frutal); <i>Pseudomyrmex</i> (palmilla y nopal).</p>

VIII. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados de la presente investigación, la mayor diversidad de las hormigas en los cultivos agroforestales y monocultivos se obtuvo en los sitios de frutal y la menor diversidad en el sitio 1 nopal y en sitio palmilla 2, esto se puede deber a una complejidad en la estructura vegetal de cultivos.

Los sitios con mayor abundancia relativa de hormigas fueron sitio palmilla 1 y sitio 1 frutal con las morfoespecies de *Ectatomma* sp1, *Ectatomma* sp2 y la especie *Wasmannia auropunctata* y en los monocultivos de nopal las morfoespecies más abundantes fueron *Pheidole* sp2, *Pheidole* sp3 y *Ectatomma* sp1. Estos resultados que concuerdan con reportes de otras investigaciones como las de Serna (1999), Cohelo & Riberiro (2006), Vahos (2004) y Ammbrecht & Ulloa – Chacon, en las cuales mayores diversidades de hormigas se asocian a ambientes con menores grados de perturbación.

Los variables de complejidad que se utilizaron mostraron tener relación con la diversidad, la abundancia relativa y las curvas de acumulación de las hormigas en los sistemas agroforestales y monocultivos de nopal, en dicha relación fueron aún más notorias para la Subfamilia Myrmicinae la que presentó mayor número de morfoespecies con (27) (Figura 13).

Respecto al rol ecológico de cada morfoespecie en gremios alimenticios, se observaron hormigas arbóreas dominantes asociadas a recursos ricos en carbohidratos o domatía, en los sistemas agroforestales se cuenta con mayores recursos para hormigas especialistas como cultivadoras de hongos y en contraste de los monocultivos de nopal se pueden encontrar nectários extraflorales para especies generalistas.

También se encontró una morfoespecie de *Myrmicocrypta* y es nuevo registro para Tamaulipas.

En conclusión en esta investigación, los resultados son importantes en el sentido en que constituyen un aporte en cuanto a la base de datos referente al comportamiento de las hormigas frente a diferentes grados de perturbación y a la

complejidad de hábitat en los sistemas agroforestales y monocultivos de nopal en la zona sur de Tamaulipas. Este trabajo permitirá realizar comparaciones con otros trabajos en el futuro.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alonso, L. E. & D. Agosti. 2000. Biodiversity studies, monitoring and ants: an overview. In *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*, D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso & T. R. Schultz (eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, D. C. p. 1-8.

Armbrecht, I. & P. Ulloa-Chacón. 2003. The little fire ant *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) as a diversity indicator of ants in tropical dry forest fragments of Colombia. *Environmental Entomology*, 32:542-547.

Alonso, S. *et al.* (2004), *La metaheurística de optimización basada en colonias de hormigas: modelos y nuevos enfoques*, Granada, Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, e.t.s. Universidad de Granada.

Andersen, A. N. 1991. Parallels between ants and plants: Implications for community ecology pp.539-558 in: C. R. Huxley & D. F. Cutler, eds., *Ant-Plant Interactions*. Oxford University Press, Oxford.

Brothers, D.J. & J.M. Carpenter. 1993. Phylogeny of Aculeata: Chrysidoidea and Vespoidea. *J. Hym. Res.*, 2: 227-302.

Bestelmeyer, B. T., Agosti, D., Leeanne, E., Alonso, T., Brandão, C. R. F., Brown, W. L., Delabie, J. H. C., Bhattacharya, T., Halder, G. & Saha, R. K. (2000) 'Soil microarthropods of a rubber plantation and a natural forest', *Environmental & Ecology*, vol. 3, pp. 143–147.

Brothers, D. J. 1999. Phylogeny and evolution of wasps, ants and bees (Hymenoptera, Chrysidoidea, Vespoidea and Apoidea). *Zoologica Scripta* 28(1-2):233-249.

Bolton, B. 1990c. Army ants reassessed: The phylogeny and classification of the doryline section (Hymenoptera:Formicidae). *Journal of Natural History* 24:1339-1364.

Brady, S.G. 2003. Evolution of the army ant syndrome: The origin and long-term evolutionary stasis of a complex of behavioral and reproductive adaptations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 100(11):65-75-6579.

Brothers, D. J. & J. M. Carpenter. 1993. Phylogeny of Aculeata: Chrysoidea and Vespoidea (Hymenoptera). *Journal of Hymenoptera Research* 2 (1):227-304.

Baroni Urbani, C., B. Bolton & P. S. Ward. 1992. The internal phylogeny of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 17:301-329.

Brown, K. Jr. 1989. The conservation of neotropical environments. Insects as indicators. En N.M. Collins & J. A. Thomas, eds., *The conservation of insects and their habitats*. 15th Symposium of Royal Entomological Society of London. Academic Press. Hartcourt Brace Jovanovich Pbs. pp. 354-404.

Campos-Salas, N., Casas, A., Moreno-Calles, A. I. & Vallejo, M. (2016). Plant management in agroforestry systems of rosetophyllous forests in the Tehuacán Valley, Mexico. *Economic Botany*, 70, 254-269.

Chanatásig-Vaca, C. I., Huerta-Lwanga, E., Rojas-Fernández, P., Ponce-Mendoza, A., Mendoza-Vega, J., Morón-Ríos, A. *et al.* (2011). Efecto del uso de suelo en las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de Tikinmul, Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 2, 441–461

Delabie, J. H. C., Agosti, D., & do Nascimento, I. C. (2000). Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso, & T. R. Schultz (Eds.), *Sampling ground dwelling ants:*

Case studies from the World's rain forests (pp. 1-17). Washington: Smithsonian Institution Press.

Dauber, J. & V. Wolters, 2000. Microbial activity and functional diversity in the mounds of three different ant species. *Soil Biology & Biochemistry*, 32; 93-99.

Fisher, 2010 B.L. Fisher. Biogeography. Ant Ecology, pp. 18-37

Fernández, F. 2003. Revision of the myrmicine ants of the *Adelomyrmex* genus-group. *Zootaxa* (en prensa).

Fortanelli, M. J., & Servín M., M. E. (2002). Desechos de hormiga arriera (*Atta mexicana* Smith), un abono orgánico para la producción hortícola. *Terra Latinoamericana*, 20, 153-160

Golicher, J. D. 2008. ¿Cómo cuantificar la biodiversidad? Disponible en: <http://duncanjg.files.wordpress.com/2008/02/clasediversidad1.pdf>.

Hölldobler, B. y E.O. Wilson. 1990. *The Ants* Harvard University Press

Hothorn, T., Bretz, F., Westfall, P., Heiberger, R. M., Schuetzenmeister, A., & Scheibe, S. (2016). Package "multcomp" Version 1.4-6.

Hölldobler B. & E.O. Wilson. 1990. *The Ants*. Cambridge. Harvard University Press. 732 p.

Hernández, C. O. (2005), *Polinización y hormigas*, Cambridge University Press.

Hamilton, W.D. 1964. The genetical evolution of social behavior. *Journal of Theoretical Biology* 7:1-52.

Hashimoto, 1996. Skeletomuscular modifications associated with the formation of an additional petiole on the anterior abdominal segments in aculeatae Hymenoptera. *Japan Journal of Entomology* 64(2):340-356.

Longino, J. & P. Hanson. 1995. The ants (Formicidae), pp. 588-620 in P. Hanson & I. Gauld, eds., *The Hymenoptera of Costa Rica*. Oxford University Press, N.Y., EEUU, 893 pp.

Jussino, R. & Phillips Jr., S. A. 1992. Mirmecofauna en la reserva ecológica de la biosfera "El Cielo", Tamaulipas, Mexico. *Biotam*, 4: 41:54.

Kristensen, N. P. 1991. Phylogeny of extant hexapods, pp. 125-140 in *The Insects of Australia*. CSIRO Pub., Canberra.

Kristensen, N. P. 1999. Phylogeny of the endopterygote insects, the most successful lineage of living organisms. *European Journal of Entomology* 96:237-25

Kremer, C. 1994. Biological inventory using target taxa: a case study of the butterflies of Madagascar. *Ecol Appl.* 4(3): 407-422

Lavelle, P. & B. Kohlmann. 1984. Etude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale humide du Mexique (Bonampak, Chiapas) *Pedobiologia*, 27: 377-393

Lachaud, J. P., & J. A. García. 1999. Biodiversidad de la mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) en los agroecosistemas de café y cacao en Chiapas, México: enfoque sobre la subfamilias Ponerinae y Cerapachyinae. In: Bautista, N., O. Morales, y C. Ruiz (eds). *Memorias XXXIV Congreso Nacional de Entomología*. Aguascalientes, Ags, México.

Levey DJ, Byrne MM. 1993. Complex Ant-Plant Interactions: Rain-Forest Ants as Secondary Dispersers and Post-Dispersal Seed Predators. *Ecology* 74: 1802-1812.

López R., G. O. & Ramón, F. 2010. El mundo feliz de las hormigas. 13: 35-48

Rojas-Fernández, P. R. 2001. Las hormigas del suelo en México: diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.). 189-238.

Ronquist, F. 1999. Phylogeny of Hymenoptera: The state of the art. *Zoologica Scripta* 28(1-2):3-11.

Rasnytsin, A. P. 1988. An outline of the evolution of the hymenopterous insects (Order Vespida). *Oriental Insects* 22:115-145.

Serna, F. J. 1999. Hormigas de la zona de influencia del proyecto Porce II. (Tesis maestría en entomología) Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 250 p.

Wilson, E. O. 2000. Foreword. 15-16 p. In: Agosti, D., Majer, J. D., Alonso L. E. & Schultz, T. R. (eds). *Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press. Washington.

Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 12:213–251

X. ANEXOS



***Pachycondyla* sp.**



***Ectatomma* sp.**



***Mycocepurus* sp.**



***Odontomachus* sp.**



***Strumigenys* sp.**



Instituto Tecnológico de Huejutla

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

Huejutla de Reyes, Hidalgo, 28/Noviembre/2019

Oficio No. DIQB- 401/2019

Asunto: Liberación de proyecto de titulación integral

ING. BLANCA FLOR ARGUELLES ARGUELLES
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E.

Por este medio le informo que ha sido liberado el proyecto para la Titulación Integral.

a) Nombre del Egresado (a):	Medina Hernández María Natividad
b) Carrera	Licenciatura en Biología
c) No. de Control	14840081
d) Nombre del proyecto	DIVERSIDAD DE LAS HORMIGAS EN CULTIVOS AGROFORESTALES Y MONOCULTIVOS DE NOPAL UBICADOS EN LA ZONA DE SUR DE TAMAULIPAS.
e) Producto	TESIS

El Vocal Suplente para la presentación del Acto de recepción profesional será:

Vocal Suplente:	M.C FELIPE MARTÍNEZ VITE
-----------------	---------------------------------

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Concepción Zequera García

JEFE DE DEPTO. DE ING. QUÍMICA Y BIOQUÍMICA



S.E.P.
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE HUEJUTLA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

M.C Alejandra López Mancilla Presidente	Ing. Galvan Gutierrez Rosalba Secretario	Ing. Concepción Zequera García Vocal

