



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

**Dinámica e identificación de la comunidad de
hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a
un agroecosistema en Atlixco, Puebla**

Tesis presentada para obtener el título de:

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

Natalie Sesteffany Olmos Santiago

**DIRECTORA DE TESIS: Dra. Sombra Patricia
Rivas Arancibia**



Noviembre, 2015

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis forma parte del proyecto DINÁMICA DE COMUNIDADES DE DOS GRUPOS DE ARTRÓPODOS (INSECTA) EN UN AGROECOSISTEMA DEL CENTRO DE PUEBLA, el cual contó con el apoyo financiero de la Vicerrectoría de Investigación y estudios de posgrado (VIEP) de la BUAP.

Asimismo, agradezco a Vicerrectoria de Investigación y estudios de posgrado (VIEP) por el apoyo a través de una beca para estudiantes adscritos al proyecto antes mencionado.

Agradezco también al Dr. Ygnacio Martínez Laguna, por el apoyo otorgado a su servidora y por su apoyo para participar en la divulgación de este trabajo en reuniones académicas Nacionales (V Congreso mexicano de Ecología)

“Esta investigación fue realizada gracias al apoyo del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla”.

A la **Dra. Sombra Patricia Rivas Arancibia**, por las experiencias que me ha regalado, por su confianza, su paciencia, sus consejos, sus pláticas, jalones de oreja, cursos personalizados... por todos estos años que me dejó ser parte de su laboratorio y a veces de su vida. Gracias por aceptar ser mi guía y sobre todo por siempre incitarme a crear

A las **Dra. Hortensia Carrillo Ruíz y a la Dra. Rosa Andrés Hernández**, integrantes del Cuerpo académico de Biología Comparada y Relaciones Ecológicas por su colaboración, atención, paciencia y por la oportunidad de trabajar con un grupo extraordinario.

A la **Dra. Dulce Figueroa Castro** a la que considero más que una profesora, me enseñó que las plantas son bien chidas y que la vida es extraordinaria, me ayudó a crecer académicamente y a enfrentar mis miedos.

Al **Dr. Salvador Galicia Isasmendi**, por su asilo, hospitalidad, consejos, apoyo, chisme y sobre todo por prestarme su equipo para contar antenas.

A **todos y cada uno de los profesores** con lo que tuve la oportunidad de tomar clase. La persona y Bióloga que soy hoy está formada por pequeños fragmentos que cada uno puso en mí.

A la **Sra. Raquel y al Sr. Pepe** por haberme recibido en su casa, su hospitalidad y consejos. **Al Sr. Rodiles y al Sr. Luis** por darnos la oportunidad de realizar el muestreo en el "Rancho San Diego La Blanca".

A mi familia. A mi **mami** por haberme inculcado la puntualidad, la perseverancia, la humildad y la curiosidad. A mi **papi** por enseñarme a ver el lado alegre de la vida siempre, a no bajar la cabeza nunca y a burlarme de mi misma. A mi hermanina, por haberme generado el hábito de la tolerancia y la paciencia, por compartir conmigo los buenos y malos ratos y entenderme sin hablar. Gracias a ustedes amo la vida como lo hago y tengo la pasión por estudiarla y descubrirla.

A **Alejandro** por aterrizarme, comprenderme, apoyarme y alentarme a ser mejor, sin tu ayuda el camino hubiera sido más difícil. Además te agradezco por hacerme ver más pequeños los problemas y ayudarme a dejarlos de lado hasta el siguiente día, te amo.

A mi **Renatito** gracias por... existir, nunca lo imaginé así pero ha resultado mejor que cualquier sueño. Gracias por comprender que tienes una mamá que no solo es eso y sobre todo por ser mi motor.

A mis niñas **Pao, Maru y Guexo**. A lo largo de estos años formaron parte de mi vida no académica y la académica la hicieron mejor, sin esos antojos, café y

tantísimas risas esto no hubiera sido igual. **Pao**, nunca imaginé encontrar una amiga tan extraordinaria y compatible conmigo, me hiciste crecer personal y académicamente, me brindaste tu apoyo y fuiste la mejor compañía en todas las batallas que se presentaron. De verdad espero seguir formando este equipo por mucho más tiempo. **Maru**, por la compañía, las adopciones y ratos de despeje, lamento no habernos dado la oportunidad de conocernos antes, aun así te has convertido en una gran amiga. **Guexo**... por ser tú, por hacerme reír y porque a pesar de todo lo que pasamos seguimos siendo amigas.

A **Rufo e Iván** quienes me dieron noches de desvelo que pude aprovechar. Por sus discusiones y puntos de vista que a veces me hicieron ver cosas que antes no y sobre todo por su sinceridad absoluta.

A todas las personas que han formado parte de este camino, que me han tenido paciencia cuando no socializaba por estar pegada a la computadora, por sus ánimos y por darme la oportunidad de mostrarles que significa ser Bióloga.

A los amigos inesperados. **Ángel** a pesar de todo sigues en mi vida, me consideras tu amiga y eso es muy importante para mí, gracias por todos los ratitos de risas que me diste mientras hacía la tarea. **Germán** muchas gracias por el azúcar en las clases, el chisme y las nuevas experiencias.

A las personas que siempre creyeron en mí, me dieron el impulso para iniciar el camino, me ayudaron a no darme por vencida y me enseñaron que la locura más brillante puede estar ocurriendo...**Ulises**, Mr. Brightside, lo logré, gracias por darme ánimos y canciones para los momentos emo.

A las personas que no creyeron en mí, les agradezco porque de la manera equivocada pero me dieron un impulso, ahora sé que no se trata de demostrarle a nadie más que a mí que puedo lograr lo que sea.

...E inevitablemente esto va dedicado a dos personas que siempre imaginé a mi lado en este momento y que ahora ya no están. Ellos siempre serán parte de mí, siempre estarán presentes en la paz que su recuerdo me da...

“En algún sitio algo increíble espera ser descubierto.”

Carl Sagan

ÍNDICE	
Resumen	8
INTRODUCCIÓN	9
ANTECEDENTES	13
JUSTIFICACIÓN	16
HIPÓTESIS	17
OBJETIVOS	18
MÉTODO	19
Zona de estudio	19
Colecta de insectos	20
Análisis de datos	21
RESULTADOS	22
Abundancia y diversidad	23
Variables Ambientales	26
Riqueza funcional	28
Índices de similitud	29
DISCUSIÓN	30
Abundancia y diversidad.	30
Variables ambientales	38
Riqueza funcional	40
CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	44

Resumen

En México uno de los cultivos forrajeros más sobresalientes por su importancia y valor es la alfalfa. Un organismo importante en este tipo de ecosistemas son las hormigas, por su abundancia y el papel ecológico que desempeñan, ya que son importantes modificadoras de las características del suelo, removiendo y agregando materia orgánica al mismo, pudiendo incluso modificar el pH; así también son importantes depredadoras, dispersoras de semillas, defoliadoras y algunas especies han sido consideradas especies invasoras o plaga en los cultivos. Sin embargo, existen pocos estudios donde se aborda su presencia en los agroecosistemas como especies benéficas. Dado lo anterior, se plantea este estudio, con el objetivo de estudiar la ecología y el papel que desempeñan las comunidades de hormigas en este tipo de ecosistemas. El presente trabajo se realizó en un monocultivo de *Medicago sativa* en el Rancho "San Diego, La Blanca", en el municipio Atlixco, Puebla. Se establecieron tres transectos, donde se colocaron 11 estaciones con trampas pitfall cebadas con atún y miel en cada uno. Las hormigas fueron colectadas en la mañana y en la tarde, además se colocaron dispositivos de medición de variables ambientales en cada transecto de junio 2014 a mayo de 2015. Se determinó la abundancia y diversidad de hormigas diurnas y nocturnas a lo largo del año y se evaluó la dependencia de los individuos con las diferentes variables ambientales medidas durante el muestreo; adicionalmente se calculó la riqueza funcional y la similitud entre transectos y temporadas del año. Se encontraron 6 nuevas especies reportadas para Puebla y se obtuvieron diferencias significativas en abundancia y diversidad a lo largo del año. En cuanto a las variables ambientales, el análisis canónico de correspondencias indicó que la temperatura y la humedad relativa no afectaron la abundancia de las especies a lo largo del tiempo de muestreo. La riqueza funcional fue baja y los índices de similitud entre transectos y temporadas mostraron que ésta riqueza no varía significativamente. Los datos sugieren que la comunidad tiene variaciones a lo largo del año posiblemente relacionadas con la vegetación circundante, y con la disponibilidad de recursos en diferentes épocas. Estos datos podrían ser utilizados como la base para estudios que utilizaran a las hormigas como bioindicadores, o bien estudios comparativos entre cultivos diferentes. Las especies encontradas indican que la perturbación no es tan intensa como se esperaba.

INTRODUCCIÓN

El cultivo forrajero es el que se realiza para procurar alimentos para el ganado. En México se siembran alrededor de 4 millones de hectáreas de forrajes, de los cuales sobresalen por su valor de producción la alfalfa, el maíz, la avena y el sorgo forrajero. La alfalfa es una leguminosa con un elevado contenido en proteínas, un alto contenido en Calcio y vitaminas A y D, así como una elevada disponibilidad de Fósforo. Además, es uno de los cultivos más utilizados en la agricultura, es cultivada en todo el mundo para forraje de ganado y tiene el valor nutricional más alto de los cultivos forrajeros. Su uso principal dentro de la alimentación animal es el ganado lechero, aunque también es utilizado como alimento de ganado para carne, caballos, ovejas y cabras, entre otros animales. La alfalfa también puede ser consumida por humanos en presentación de brotes, que se utilizan en ensaladas principalmente. Una de las capacidades de este cultivo es la de fijar nitrógeno al suelo; esto es por la presencia de una bacteria llamada *Meliloti sinorhizobium*, que ayuda a que sea un alimento alto en proteína, independientemente del nitrógeno que esté disponible en el suelo donde se cultive. Esta capacidad hace que la alfalfa también sea utilizada para mejorar la eficiencia agrícola. En el caso de México, se ha identificado una demanda potencial de alfalfa de alrededor de hasta 69 millones de toneladas anuales, por lo que el negocio de alimentos para ganado ha tenido un crecimiento considerable en los últimos años (SAGARPA, 2009).

Así, en cuanto al cultivo de alfalfa, México resalta a nivel mundial y mantiene una relación estrecha con los insectos, donde particularmente las hormigas destacan, dada su abundancia y presencia en todo tipo de ecosistemas, además del papel que desempeñan en el mantenimiento del suelo. Todas las especies de este grupo pertenecen a la familia Formicidae y se considera que constituye un grupo monofilético. Son organismos sociales de gran diversidad, tanto taxonómica como funcional. Se consideran habitantes del suelo por excelencia, ya que la mayoría de las especies vive en nidos subterráneos, en la hojarasca o en la madera en descomposición depositada en el suelo. Estos organismos tienen una glándula metapleuraleal cuya secreción de ácido fenil-acético

inhibe el crecimiento de microorganismos en el interior de los nidos. Muchas especies se han adaptado secundariamente a vivir en los árboles y han perdido la glándula metapleuraleal, sin embargo, aún mantienen estrechas relaciones con el suelo y son de distribución cosmopolita (Rojas, 2008; Valenzuela-González, 2008).

Se reconocen ocho regiones zoogeográficas en cuanto a la fauna de formícidos, caracterizadas por su número de endemismos. La región Neotropical es la más diversa con mayor número de géneros endémicos, le siguen en diversidad las regiones Afrotropical e Indoaustraliana. Entre las 16 subfamilias de hormigas que existen, solo seis se distribuyen en todas las regiones: Cerapachyinae, Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae, Ponerinae y Pseudomyrmecinae. Myrmicinae, Ponerinae y Dolichoderinae contienen la mayor cantidad de sus especies en la región Neotropical, en tanto que en la región Indoaustraliana predominan las de Formicinae, mientras que Cerapachyinae alcanza su mayor diversidad en Australasia, y Pseudomyrmecinae es principalmente neotropical (Rojas, 2008; Vázquez-Bolaños, 2011).

En cuanto a los patrones locales en función de la altitud y la latitud, así como en otros grupos animales, la diversidad de hormigas disminuye de forma continua en el gradiente latitudinal que va de los trópicos a las tierras templadas. Las hormigas son escasas en los bosques de coníferas y en los bosques tropicales muy densos que se encuentran por arriba de los 2500 m snm. En contraste, son diversas y abundantes en los bosques tropicales y subtropicales de baja altitud y en los desiertos cálidos de todo el mundo. Este patrón está determinado por la temperatura, el cual es el factor más importante limitante de la distribución de este grupo marcadamente termófilo. A nivel microclimático, la temperatura está ligada al grado de insolación del suelo, ya que las bajas temperaturas y una mayor humedad del suelo a lo largo del año puede impedir el forrajeo eficiente y el desarrollo de larvas y pupas. Diversos estudios en sitios tropicales han demostrado que también a lo largo de un gradiente altitudinal en una misma latitud, las comunidades de hormigas del suelo se depauperan conforme se asciende. Varios factores pueden influir en este patrón, como son: la disminución del volumen de la hojarasca, el descenso de la temperatura y la

consiguiente formación de nubes en las partes altas, lo que trae aparejado la reducción del tiempo de insolación sobre el suelo, y el aumento de la humedad del aire y el suelo. En los trópicos, el límite altitudinal para las especies que anidan en el suelo se encuentra entre 2300 y 2600 msnm, y en general se encuentran hasta los 4000 m snm (Rojas, 2008; Valenzuela-González, 2008).

El recuento más reciente del número de especies de hormigas a nivel mundial alcanza más de 9,500 especies descritas, pertenecientes a 296 géneros; se calcula que este número podría ascender a entre 15,000 y 20,000 especies debido a que existen muchas especies por describir, principalmente de los trópicos del mundo. La diversidad de especies se concentra en 24 géneros, con más de 100 especies cada uno, que comprenden el 60% del total. Entre estos últimos, los más diversos son *Camponotus* (Formicinae) con 931 especies y *Pheidole* (Myrmicinae) con 545 (Rojas, 2001; Valenzuela-González, 2008). Así, este grupo de insectos está considerado entre los organismos más representativos de los ecosistemas terrestres, ya que constituyen una alta proporción de la biomasa animal llegando hasta el 10% del total en las selvas tropicales y los pastizales. De la misma manera, las hormigas son un componente faunístico importante de las zonas áridas y semiáridas, ya que presentan una alta riqueza de especies (Ríos-Casanova et al., 2004). Dentro de la macrofauna edáfica, las hormigas son siempre uno de los grupos más abundantes y diversos en ecosistemas naturales y agroecosistemas, en los cuales juegan un papel como depredadoras, herbívoras o detritívoras, participando en los procesos fisicoquímicos del suelo, incluyendo la descomposición y el reciclaje de nutrientes (Rojas, 2001); además actúan como ingenieros ecológicos, dispersores de semillas, especie clave y especies invasoras (Kaspari, 2000; Castracani, 2007; Mori, 2006). La abundancia real es difícil de saber ya que la mayoría de la colonia permanece en el nido y cuando hay forrajeadoras salen por un corto tiempo. Sin embargo en la mayoría de los ecosistemas las hormigas son muy abundantes (Rojas, 2001).

En México existen 407 especies y subespecies agrupadas en 78 géneros, donde la subfamilia Myrmicinae (53.3%) concentra la mayor cantidad de especies, seguida por Formicinae, Ponerinae y Ecitoninae; las menos representadas son

Dolichoderinae y Cerapachyinae (menos del 5%). Por su ubicación geográfica y su clima, en México coexisten especies neotropicales, neárticas y pantropicales. En cuanto a ecosistemas, los de mayor riqueza son las selvas altas medianas, aunque la diversidad sigue siendo importante en pastizales inducidos y trópicos húmedos, siendo los más pobres pastizales áridos y matorrales. A nivel nacional Veracruz es el estado de mayor riqueza de especies de hormigas, seguido por Chiapas, Nuevo León y Tamaulipas, mientras que los más pobres son la Ciudad de México, Tlaxcala y Querétaro; aunque esto último se puede adjudicar al bajo número de estudios faunísticos realizados. En la zona central de México, donde se encuentra el estado de Puebla, se han reportado 60 especies de 21 géneros, siendo las con mayor distribución *Myrmecocystus melliger*, *Pogonomyrmex barbatus*, *Atta mexicana* y *Monomorium cyaneum* (Rojas, 2001).

Por otro lado, la diversidad funcional de las hormigas del suelo abarca un amplio espectro de gremios tróficos, desde las especies que recolectan una gran diversidad de alimentos hasta las que hacen uso de un solo recurso. Las hormigas son siempre selectivas hacia los materiales más nutritivos tomando alimentos de diversos niveles tróficos, como semillas, néctar, hongos, secreciones de insectos, cadáveres, heces, presas vivas de diversos artrópodos, o una combinación de ellos. La asignación de las especie a una determinada categoría trófica no siempre es fácil, ya que las preferencias alimenticias pueden cambiar espacial y temporalmente en función de factores intrínsecos (por ejemplo, necesidades energéticas de la colonia) o extrínsecos (disponibilidad de un recurso en el ambiente) o ambos (Silvestre et al., 2003). En México se reconocen cinco gremios alimenticios para las hormigas: omnívoras, granívoras, depredadoras, micófagas y parasíticas, siendo las omnívoras las más representativas dadas sus características adaptativas a la mayoría de los ecosistemas (Wilson & Hölldobler; Rivas-Arancibia et al., 2014).

En agroecosistemas principalmente policultivos, se encuentran una gran diversidad de hormigas, la cual varía en función del tipo de cultivo, variedad de alimento y microhábitats presentes. En cultivos anuales la tolerancia fisiológica a la temperatura de diversas especies es la responsable de su supervivencia, y a

diferencia de cultivos que mantienen vegetación original, los cultivos anuales se convierten en un ambiente inhóspito para la mayoría de las hormigas ya que sin hierbas y hojarasca la temperatura del suelo se eleva y la humedad disminuye, limitando el forrajeo de las hormigas; además la lluvia penetra en el suelo borrando las señales químicas dejadas por las hormigas, lo cual ocasiona que la comunidad de hormigas disminuya permaneciendo en su mayoría hormigas generalistas (Rojas, 2001; Valenzuela-González, 2008).

Se ha reportado, que los terrenos de uso pecuario presentan valores altos de diversidad taxonómica y funcional de hormigas, lo cual ejerce una influencia positiva sobre la diversidad de hormigas en los cultivos intensivos colindantes, tanto leñosa como herbácea. Así entonces, las vías pecuarias pueden ser sistemas ecológicamente singulares y reservorios de biodiversidad, aunque estos efectos son dependientes del mantenimiento de la actividad ganadera extensiva (Hevia, 2012; Castracani et al., 2007).

En contraste, las hormigas pueden también convertirse en plagas, al generar una relación mutualista con vectores de enfermedades con algunos homópteros y así transmitir enfermedades entre las plantas, o, porque se alimentan de flores, hojas y plántulas. Mientras que, algunas especies pueden ser utilizadas como control biológico, regulando poblaciones de insectos plaga en los cultivos, de hecho, los nidos de las hormigas y su modo de distribución en el espacio proveen información complementaria al estudio de cada especie, y son de especial importancia en agroecosistemas, donde muchas especies de hormigas son colonizadoras (Anganda et al., 2013; Rojas, 2001; Valenzuela-González, 2008).

ANTECEDENTES

Algunos autores recalcan que los trabajos donde se aborda la relación de hormigas y cultivos se han dirigido a problemas relacionados con plagas, aunque las especies que se han reportado como tales son muy pocas (Carrasco, 1962; Ahrendts & Rafael, 2002). Respecto al control de hormigas plaga Russell et al. (1967), expusieron hormigas a D.D.T, dieldrín, clordano, lindano, folidol, derris y

aceite de citronela, este último usado como repelente no tóxico. Se aplicó en laboratorio y sobre pastos (*Phaseolus atropurpureus*, *Glycine javanica*, *Sorghum alimum* y *Panicum maximum*), encontrando que sólo el dieldrín resultó efectivo incluso en campo, matando a las hormigas en solo una hora. En otro trabajo Ahrendts & Rafael (2002), investigó la acción insecticida de los tricotecenos contra *Acromyrmex heyeri*, en alfalfa. Las toxinas fueron eficaces para el control de estas hormigas podadoras, sin embargo, se encontró que los tricotecenos son tóxicos para los mamíferos, lo cual pone de manifiesto lo difícil del manejo adecuado y seguro de una plaga. Por otro lado, Flores et al. (2008) aplicaron biosólidos como fertilizantes y acondicionador de suelos, a un cultivo de alfalfa y a uno de maíz. Encontraron que el efecto de estos es temporal y que no afecta la abundancia de artrópodos, incluyendo a las hormigas; reportaron también que la baja de diversidad de hormigas se debe principalmente a las actividades de labranza periódicas del cultivo, que dañan su hábitat.

Acromyrmex spp. y *Atta* spp han sido reportadas como especies perjudiciales de la alfalfa, pero solo un 5.3% del total de las especies colectadas por Carrasco (1962) se reportan como hormigas cortadoras de hoja, las cuales son las que podrían causar un perjuicio sobre este cultivo. La interacción entre grupos de formícidos (cortadores y no cortadores) y estaciones del año fue estadísticamente significativa. La abundancia poblacional de las hormigas cortadoras difirió estadísticamente con la abundancia de las hormigas no cortadoras registradas en las estaciones de otoño, verano y primavera pero no se hallaron diferencias significativas entre ellas, para el periodo invernal.

Por otro lado, estudios recientes abordan el papel de las hormigas como bioindicadoras, por ejemplo Castracani & Mori (2006) y Castracani et al. (2007) evaluaron el papel de las hormigas en controles biológicos en Italia, encontrando que pueden ser indicadores útiles de la calidad del medio ambiente en los ecosistemas agrícolas. Utilizando el enfoque de grupo funcional, los resultados mostraron que el diferente impacto humano afecta a la composición de la estructura de la comunidad de hormigas. Sin embargo este estudio es de los pocos al respecto. Por otro lado, Hevia (2012) mostró la influencia positiva que

ejerce la presencia de la vía pecuaria con uso ganadero sobre la diversidad taxonómica y funcional de hormigas en los cultivos. Estos resultados confirman el papel de las vías pecuarias como sistemas ecológicamente singulares y reservorios de biodiversidad.

En México a pesar de que se han hecho reportes que avalan una gran diversidad de hormigas, existen muy pocos investigadores interesados en el tema, tal como lo reporta Rios-Casanova et al. (2004). En las zonas áridas de México, el conocimiento sobre la formicofauna en este tipo de hábitats es muy escaso. A finales del siglo XIX se habían reportado gran cantidad de especies para México, pero ninguno trabajo se ha enfocado de manera directa a tratar la totalidad de la formicofauna mexicana y se puede observar una clara localización de la investigación en algunos estados, aun así el listado más completo reporta 501 especies. Dada esta situación, se detectan una serie de líneas que se deben seguir para abundar en el conocimiento respecto a las hormigas en México, en primer lugar se encuentra el completar el inventario de especies ya que la pérdida de cobertura vegetal ocasionada por la destrucción de los ecosistemas, incluso con perturbaciones pequeñas, dejan claro que una amplia variedad de hormigas se están perdiendo, ya que existen especies con requerimientos especiales de microclima, las cuales se ven afectadas. En otros sentidos, se deben evaluar los efectos de las hormigas en el suelo e implementar estudios encaminados al manejo de las hormigas en los agroecosistemas, ya que existen importantes recursos que proveen las hormigas al suelo como parte de su forrajeo y preferencias alimenticias así como otros efectos benéficos (descompactación del suelo, enriquecimiento en nutrientes, mayor retención de agua, entre otros); también es importante realizar estudios ecológicos a nivel de especie y comunidad, con la finalidad de entender la dinámica ecológica del suelo y las distintas interacciones entre las especies de hormigas (Rojas, 2001; Castracani et al., 2007; Castracani & Mori, 2006).

Algunos estudios en agroecosistemas abordan la diversidad funcional la cual aporta información ecológica valiosa ya que nos permite revelar diferencias entre las comunidades, esta puede analizarse estudiando características de los

organismos como historia de vida, uso de recursos, reproducción y respuestas a factores extremos (Hooper et al., 2002). Como ejemplo de este tipo de estudios está el de Silvestre et al. (2003), quienes evaluaron las respuestas comportamentales de hormigas frente a otras especies en los cebos, determinando si existe una jerarquización dentro de la comunidad. Estos autores encontraron que la dominancia de una fuente de alimento parece estar asociado al tamaño de la colonia, las estrategia de forrajeo adoptada por cada especie en diferentes situaciones, localidad, época, periodo de actividad preferencial y principalmente la atracción de alimento y status nutricional, permitiendo conocer la dinámica de la comunidad en un determinado hábitat y su papel como bioindicadoras.

Respecto a los nichos alimentarios, Rivas-Arancibia et al. (2014) determinaron los índices de similitud en la comunidad de hormigas en una región semiárida del centro de México, comparando dos sitios, uno perturbado y uno conservado, ambos con los mismos gremios alimenticios (granívoras, depredadoras y generalistas), mostrando un índice de similitud de 72%. En este estudio se resalta la perturbación como un factor determinante en sitios con climas extremos, ya que provoca que la diversidad taxonómica y funcional se vea disminuida.

Así, el presente trabajo está dirigido al aporte de información en agroecosistemas en cuanto a la identificación y ecología de las hormigas presentes en un cultivo de alfalfa, en un municipio de Puebla, donde no existen estudios al respecto. El inventario generado puede ser el inicio de la caracterización de hormigas en Atlixco, Puebla, y el análisis de dicha comunidad ayudará a explicar cómo se comporta este grupo bajo un particular modo de cultivo, como lo es nuestro agroecosistema, lo cual sentará las bases para posibles posteriores aplicaciones agroecológicas.

JUSTIFICACIÓN

En México, a pesar de que las hormigas tienen un papel ecológico muy importante y se ha reconocido su importancia como bioindicadoras, existen muy pocos

estudios al respecto, y éstos se encuentran localizados en algunos estados. Mientras que por otro lado, la mayoría de los trabajos hechos en agroecosistemas, han abordado el estudio de las hormigas desde el punto de vista de las plagas, intentando su erradicación; si bien es cierto que algunas especies pueden presentar un severo problema para los cultivos, para la mayoría no es así. Éstas prácticas han ocasionado el establecimiento de hormigas resistentes a la perturbación humana, insecticidas y al constante manejo de la tierra.

Sin embargo, recientemente se les ha empezado a dar importancia como bioindicadoras y se ha demostrado que son importantes en los cultivos como en cualquier sistema natural, dentro de los cuales desempeñan diferentes papeles, ayudando a la conservación del medio donde habitan. Sin embargo a pesar de su importancia, pocos estudios han abordado el análisis de la comunidad de hormigas en agroecosistemas, y mucho menos su estudio como grupo bioindicador. Tampoco existe mucha información sobre los agroecosistemas como reservorios de la diversidad de hormigas, mismas que juegan un papel fundamental en la conservación y mantenimiento del suelo. Así se plantea este estudio con el propósito de determinar la dinámica de la comunidad en cuanto a riqueza, abundancia, diversidad y riqueza funcional a lo largo de un año de muestreo, esto ayudará a comprender su importancia y permitirá generar hipótesis para el adecuado manejo en este tipo de ecosistemas.

HIPÓTESIS

Se sabe que los monocultivos de alfalfa pueden resultar favorecedores para el establecimiento y diversidad en las comunidades de hormigas, en comparación con otros ecosistemas, fungiendo como reservas para la diversidad, además de que las hormigas son buenos bioindicadores, por lo que se espera que:

- Las especies de hormigas encontradas en este agroecosistema no estén aún reportadas para el Estado de Puebla.
- La riqueza y abundancia de hormigas cambie a lo largo del año, ya que las hormigas son muy sensibles a cambios ambientales.
- Exista mayor abundancia y diversidad en los transectos más asociados a la

alfalfa que a los cercanos a sitios con mayor actividad humana.

- La estructura de la comunidad diferirá según su actividad, diurna o nocturna.
- Las variables ambientales (pH de suelo, temperatura y humedad relativa) tengan un efecto importante en la abundancia de hormigas.
- La riqueza funcional sea baja, ya que al ser un monocultivo, no se espera encontrar más de dos gremios alimenticios en la comunidad de hormigas.
- La similitud funcional entre temporadas y transectos sea diferente.

OBJETIVOS

General:

- Identificar y determinar la diversidad, la abundancia y la riqueza funcional de hormigas diurnas y nocturnas, en un monocultivo de alfalfa, en el Rancho "San Diego, La Blanca, en el municipio Atlixco, Puebla.

Particulares:

- Identificar a nivel de especie las hormigas diurnas y nocturnas de un monocultivo de alfalfa en el municipio Atlixco, Puebla.
- Aportar información al acervo de Puebla, que hasta la fecha no tiene reportes para el municipio de Atlixco.
- Comparar la diversidad y la abundancia entre los diferentes meses, transectos de muestreo y horarios (diurno-nocturno).
- Analizar el efecto de algunas variables ambientales (pH del suelo, temperatura y humedad relativa) sobre la abundancia y diversidad de la comunidad de hormigas.
- Caracterizar la riqueza funcional por gremios alimenticios. Y determinar si dicha riqueza se modifica según la temporada del año.
- Evaluar el monocultivo en cuestión como reservorio de diversidad.
- Evaluar el papel de la comunidad de hormigas como bioindicadores en el monocultivo de alfalfa de estudio.

MÉTODO

Zona de estudio

Se trabajó en el Rancho San Diego La Blanca ubicado en Atlixco, Puebla, donde se siembra actualmente alfalfa y maíz. El rancho se encuentra ubicado en las coordenadas: 18°52'32.7"N y 98°25'51.0W; cuenta con una zona habitada, una zona de ganado, un jagüey, árboles frutales y vegetación herbácea nativa. El municipio de Atlixco, abarca un área de 293.01 km² y se encuentra a una altitud promedio de 1840 m snm; colinda al norte con el municipio de Tianguismanalco, al este con Santa Isabel Cholula, Ocoyucan, San Diego la Mesa Tochimiltzingo y la ciudad de Puebla; al sur con Huaquechula y Tepeojuma, y al oeste con Atzitzihuacán y Tochimilc. Es un municipio donde la principal actividad es la agricultura, debido a la excelencia del clima templado a cálido. Tiene una temperatura promedio de 18° - 21°C, con una precipitación anual de 890 mm. El tipo de suelo es Rendzina, el cual se caracteriza por tener un pH básico, rico en materia orgánica sobre roca caliza y con una profundidad de 50 cm. La vegetación nativa que se ha visto perjudicada por la agricultura de temporal es conformada por cedros y pinos al noroeste, en las estribaciones de la Sierra Nevada, mientras que al sureste predominan los matorrales, encinos y áreas de pastizal, por lo que los principales ecosistemas de la región son agroecosistemas, con cultivos anuales o semipermanentes, donde el cultivo que abarca mayor extensión es la alfalfa. Los terrenos del valle son irrigados por agua del volcán Popocatepetl y afluentes del Río Atoyac (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno de Atlixco, 2014; Figura 1).



Figura 1. A la derecha se muestra el municipio de Atlixco y su ubicación respecto a la Ciudad de Puebla. A la izquierda se muestra la zona estudio “Rancho San Diego, La Blanca”, donde se indican los tres transectos.

Colecta de insectos

Con base en el método propuesto por Álvarez et al. (2006), se diseñó el muestreo y colecta de hormigas de nuestro estudio. Así, con la finalidad de caracterizar las especies de hormigas y ver la distribución a través del tiempo (en las diferentes estaciones) el muestreo se diseñó para recolectar organismos cada mes durante un año. Se inició en el mes de junio de 2014 finalizando el mes de mayo de 2015. Dentro de la zona de estudio se marcaron 3 transectos de 100 m cada uno. Los transectos se ubicaron dentro del cultivo de la siguiente forma: cerca del agua (T1), cerca del camino (T2) y cerca de la zona de ganado (T3), esto con la finalidad de evaluar la variación microclimática que pudiera existir en el cultivo. En cada transecto se colocaron 22 trampas pitfalls cebadas con atún y miel, respectivamente, colocadas por pares (atún y miel) cada 10 metros. A las trampas cebadas con atún se les colocó anticongelante diluido en el fondo, para romper la tensión superficial durante la caída de las hormigas, lo cual no fue necesario para las trampas de miel. La base de las trampas de atún fue enterrada 2 cm en el suelo, mientras que las de miel se colocaron a 30 cm del suelo, amarradas a un palo de madera.

En cada transecto se instaló un sensor ambiental HOBO Data Loggers U12-012 para medir la temperatura y la humedad relativa cada mes, el cual hizo mediciones cada 4 horas; además, en cada transecto se midió el pH del suelo.

Para la colecta de hormigas nocturnas, se instalaron las trampas a las 18:00 horas, y se dejaron toda la noche. Al siguiente día por la mañana estas hormigas se retiraron pasándolas a frascos con alcohol al 70% debidamente etiquetados. Para la colecta de hormigas diurnas las trampas se instalaron a las 8:00 am, se dejaron todo el día y se colectaron a las 18:00 horas, siguiendo la misma técnica antes descrita, de ponerlas en frascos con alcohol.

Después de cada muestreo, se realizó el montaje de las hormigas en el Laboratorio de Ecología de Comunidades en la Escuela de Biología BUAP. Se montó al menos un ejemplar de cada morfoespecie y casta, mientras que para el resto se realizó el conteo de individuos y se guardaron en frascos etiquetados por sitio. Posteriormente, se procedió con su identificación utilizando claves dicotómicas, para familias, géneros y especies. Así también, se separaron las especies de hormigas por gremio alimenticio, según Hölldoberg & Wilson (1990), para determinar la riqueza funcional.

Adicionalmente se realizó un muestreo de la vegetación donde se identificaron los ejemplares botánicos a nivel de familia.

Análisis de datos

Se generaron curvas de acumulación de especies para determinar la eficiencia del muestreo realizado, y si se colectaron la mayoría de las especies presentes en la zona (es decir, que tan completo fue el inventario de especies y el esfuerzo de muestreo empleado). Se calcularon los índices de diversidad Simpson por transecto y por mes. A través de una prueba Kruskal Wallis se compararon la diversidad y la abundancia de hormigas entre meses, horarios y trampas; mientras que para comparar la diversidad entre transectos, se aplicó una prueba de T Hutchenson. Mediante un Análisis Canónico de Correspondencia (ACC) se determinó cuál fue el efecto que ejercen las variables ambientales (humedad relativa y temperatura) en la variación de la comunidad. Cabe aclarar que aunque el pH del suelo se midió en cada transecto (tres repeticiones en cada uno), debido a que no se monitoreó su cambio mes a mes, no fue incluido en este análisis. Se determinó también la riqueza funcional considerando los gremios alimentarios encontrados. Para determinar la similitud de gremios entre meses, se utilizó el

índice de similitud de Sørensen, modificado por Silvestre (2003). El cálculo de la similitud funcional es útil cuando se compara la estructura de la comunidad de diferentes sitios (Rivas-Arancibia, et al., 2014).

RESULTADOS

Se encontraron 6,454 organismos, pertenecientes a 3 subfamilias (Dolichoderinae, Formicinae y Myrmicinae) 10 géneros y 13 especies. De las especies encontradas, seis no han sido reportadas para el estado de Puebla (Cuadro 1).

Cuadro 1. Se muestran las especies encontradas a lo largo del muestreo en el Rancho San Diego La Blanca, Atlixco., Puebla. Se marca con un asterisco las especies que no han sido reportadas en estudios previos para el estado de Puebla.

Orden	Familia	Subfamilia	Especie	Abundancia total	
Hymenoptera	Formicidae	Dolichoderinae	* <i>Dorymyrmex smithi</i> , Cole, 1936.	267	
				<i>Tapinoma</i> sp.	1
			Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> Emery, 1893.	46
		<i>Camponotus atriceps</i> , Smith, 1858.		215	
		* <i>Camponotus fumidus</i> , Roger, 1863.		33	
		<i>Prenolepis</i> sp.		193	
		Myrmicinae		<i>Cardiocondyla</i> sp.	1
				* <i>Monomorium minium</i> , Mayr, 1855.	305
				* <i>Pheidole soritis</i> Wheeler, 1908.	245
			<i>Pheidole</i> sp.	56	
			* <i>Pheidole tetra</i> , Creighton, 1950.	5069	
			<i>Solenopsis germinata</i> , Fabricius, 1804.	4	
			* <i>Solenopsis molesta</i> , Buren, 1972.	19	

Se evaluó la eficiencia del muestreo a través de las curvas de acumulación de especies, encontrando que ésta fue de 80% de acuerdo al estimador Chao 1, con un 95% de confianza (Figura 2).

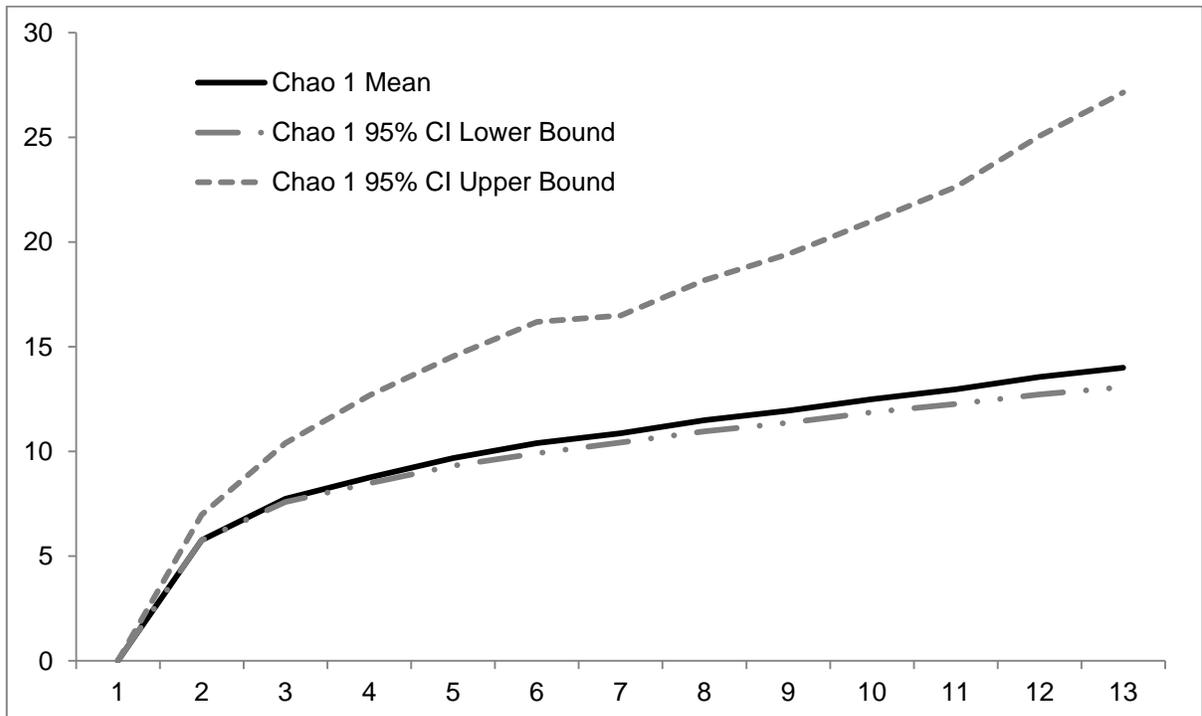


Figura 2. Curva de acumulación de especies. Se muestran en líneas punteadas los límites de confianza, superior e inferior, al 95% del estimador Chao 1. En línea continua se muestra la media del estimador Chao 1. En este estudio se encontró el 80% de las especies esperadas.

Abundancia y diversidad

En cuanto a abundancia se encontraron diferencias significativas entre meses ($H_{11, 11} = 232.63$; $p = 0.014$ Figura 3), mientras que entre trampas y horarios no hubieron diferencias significativas ($p > 0.05$).

En general el transecto 2 (cercano al camino) mostró ser el más abundante en organismos (Figura 4); mientras que la mayoría de las especies de hormigas mostraron que fueron atraídas por ambos tipos de trampas (miel y atún; Figura 5).

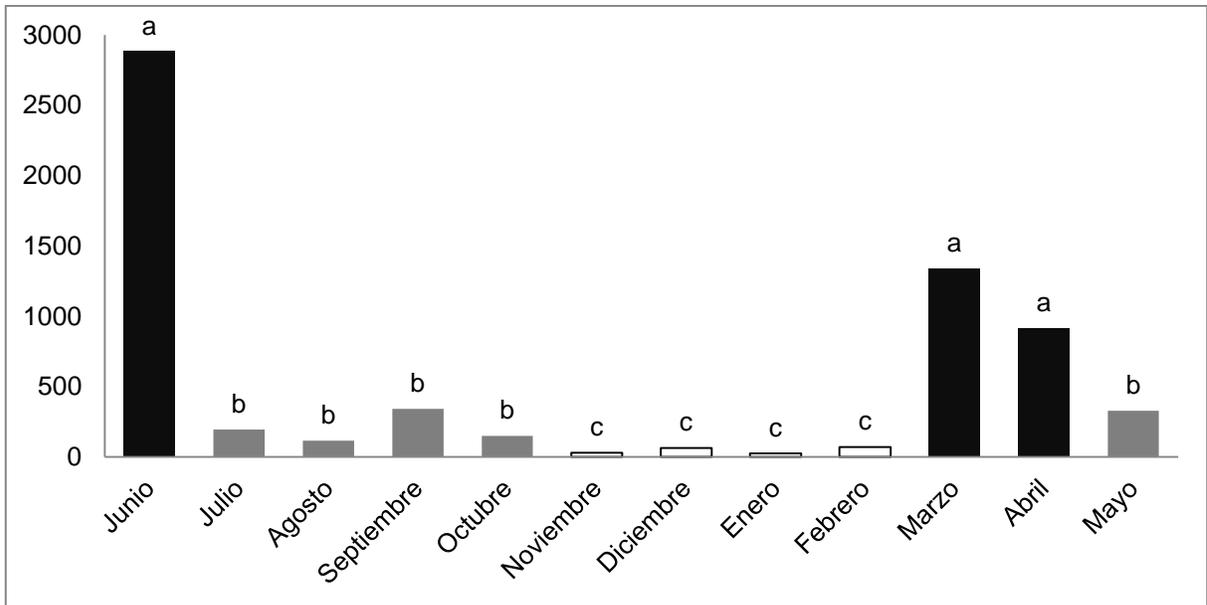


Figura 3. Abundancias totales por meses a lo largo del muestreo, se muestran las diferencias significativas entre meses ($H_{11, 11}=232.63$; $p= 0.0143$).

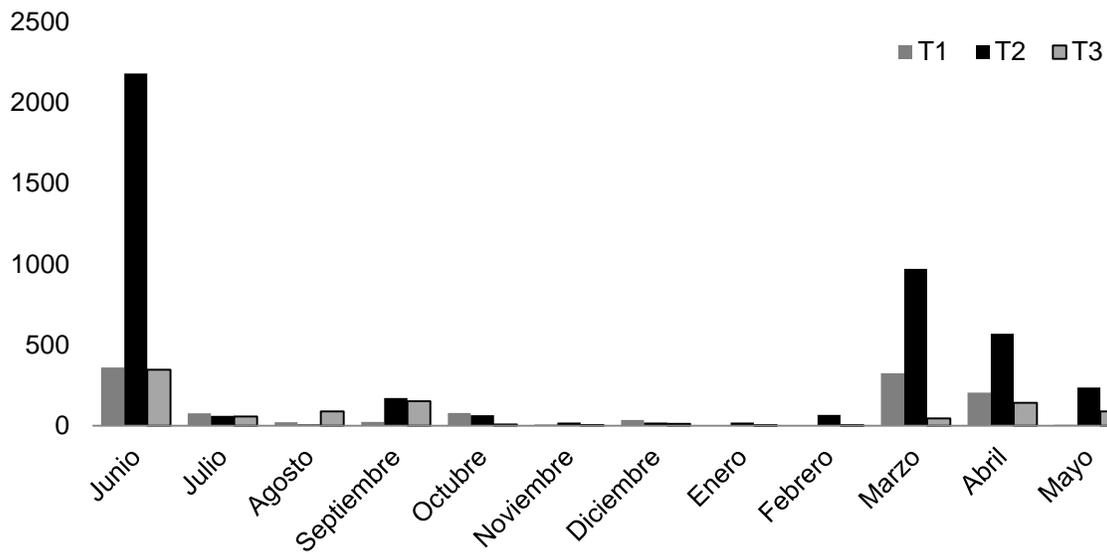


Figura 4. Abundancias totales por transecto, a lo largo del tiempo de muestreo.

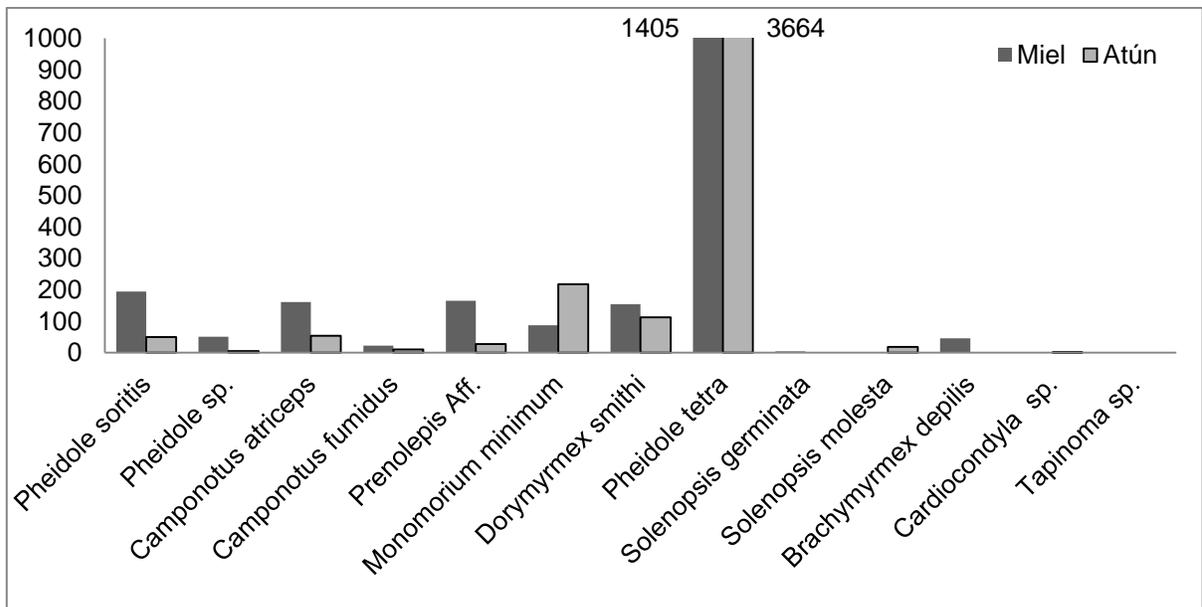


Figura 5. Abundancias totales por trampas de cada especie.

En el caso de la diversidad, se encontraron diferencias significativas entre meses ($p < 0.10$; Figura 6) y entre transectos ($p < 0.05$; Figura 7). Mientras que, entre horarios no se encontraron diferencias significativas.

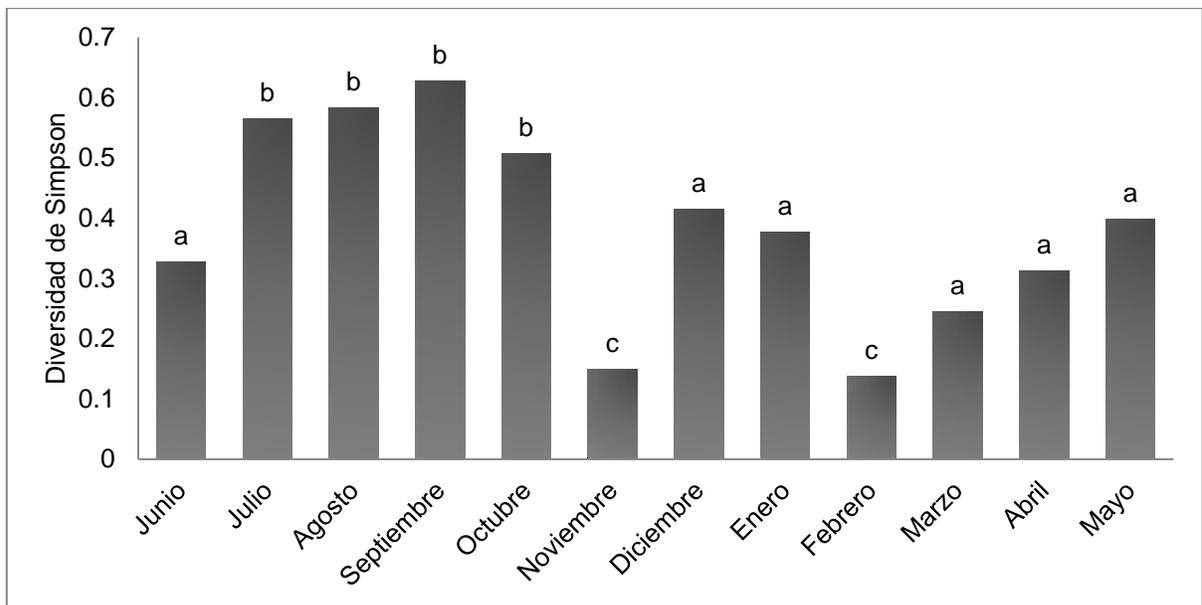


Figura 6. Índice de diversidad por mes, se muestran diferencias significativas ($p=0.0664$), con un nivel de confianza del 90%.

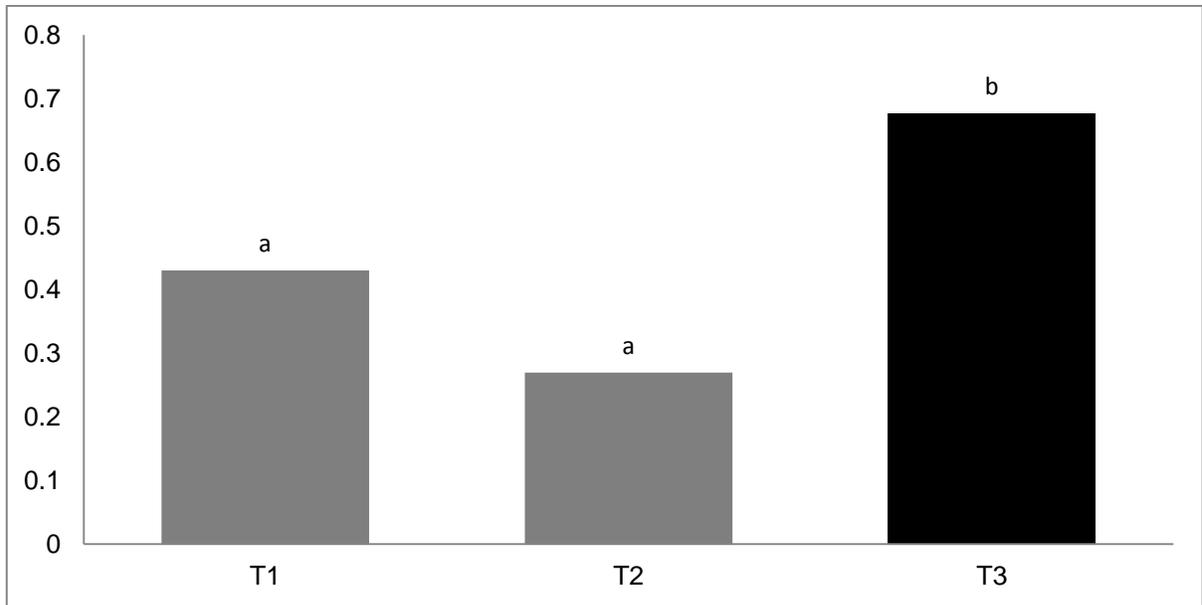
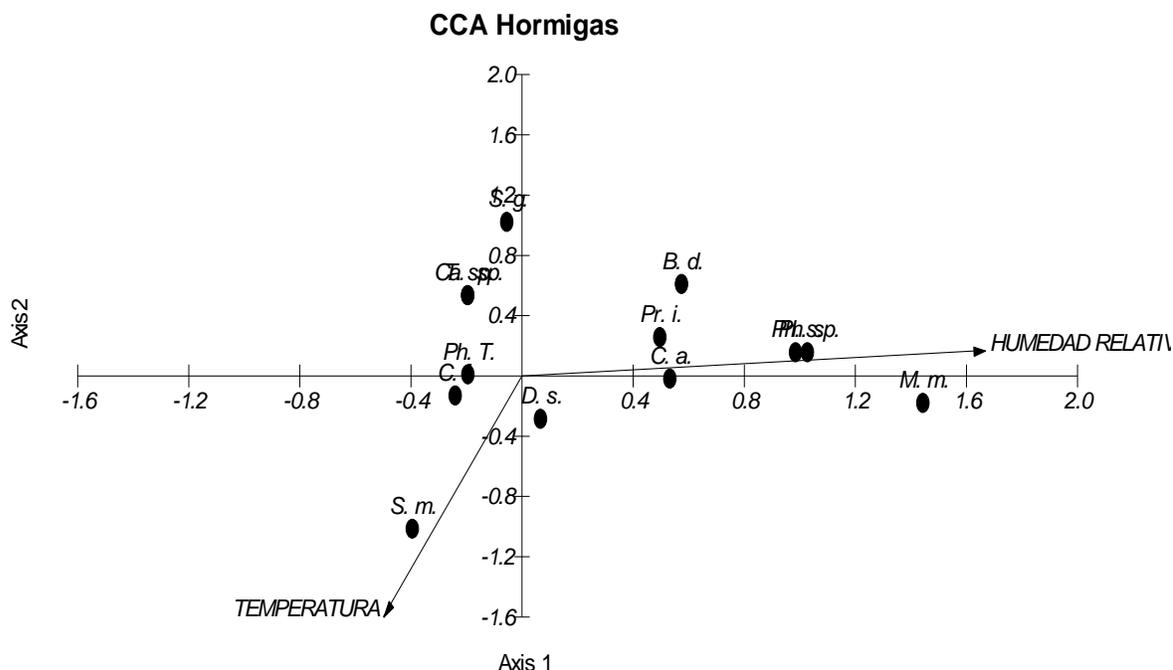


Figura 7. Diversidad Simpson entre transectos. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$). T1 = cercano al agua, T2 = cercanos al camino, T3 = cercano al ganado.

Variables Ambientales

El Análisis Canónico de Correspondencia (CCA) indica que el efecto de las variables ambientales (temperatura y humedad relativa) sobre el cambio en la abundancia de la comunidad, a lo largo del año, fue baja (Figura 6). El primer eje de ordenación solo explica un 21.94%, mientras que el segundo un 1.69% de la variación total de la abundancia de hormigas (Cuadro 2). Encontrando que seis especies (*Tapinoma* sp, *Cardiocondyla* sp, *Solenopsis germinata*, *Pheidole tetra*, *Camponotus fumidus*, *Dorymyrmex smithi*), no parecen ser afectadas por éstas variables ambientales; mientras que *Solenopsis molesta* se vio mayormente afectada por la variación de la temperatura, y las seis especies restantes (*Camponotus atriceps*, *Prenolepis imparis*, *Brachymyrmex depilis*, *Pheidole* sp y *Pheidole atriceps* y *Monomorium minimum*) muestran una mayor variación debida a los cambios en la humedad relativa.



Vector scaling: 1.65

Figura 8. Análisis Canónico de Correspondencia (ACC), muestra el efecto de la temperatura y humedad relativa sobre la variación de abundancias de especies en la comunidad de hormigas, a lo largo del año. El primer eje de ordenación explica el 21.94% de la variación, mientras que el segundo eje solo el 1.64%. Poner que significa cada inicial de especie.

Cuadro 2. Eigenvalores del Análisis Canónico de Correspondencia (ACC). Se muestran el primer y segundo eje de ordenación. En negrita se señala el porcentaje del primer eje de ordenación,.

ACC Eigenvalues	Axis 1	Axis 2
Eigenvalues	0.187	0.014
Percentage	21.942	1.649
Cum. Percentage	21.942	23.591
Cum.Constr.Percentage	93.009	100
Spec.-env. correlations	0.897	0.327

Al comparar el pH del suelo entre transectos, se encontró que el transecto 1 (cercano al agua) fue significativamente mayor que los otros transectos ($p = 0.01247$; Figura 9).

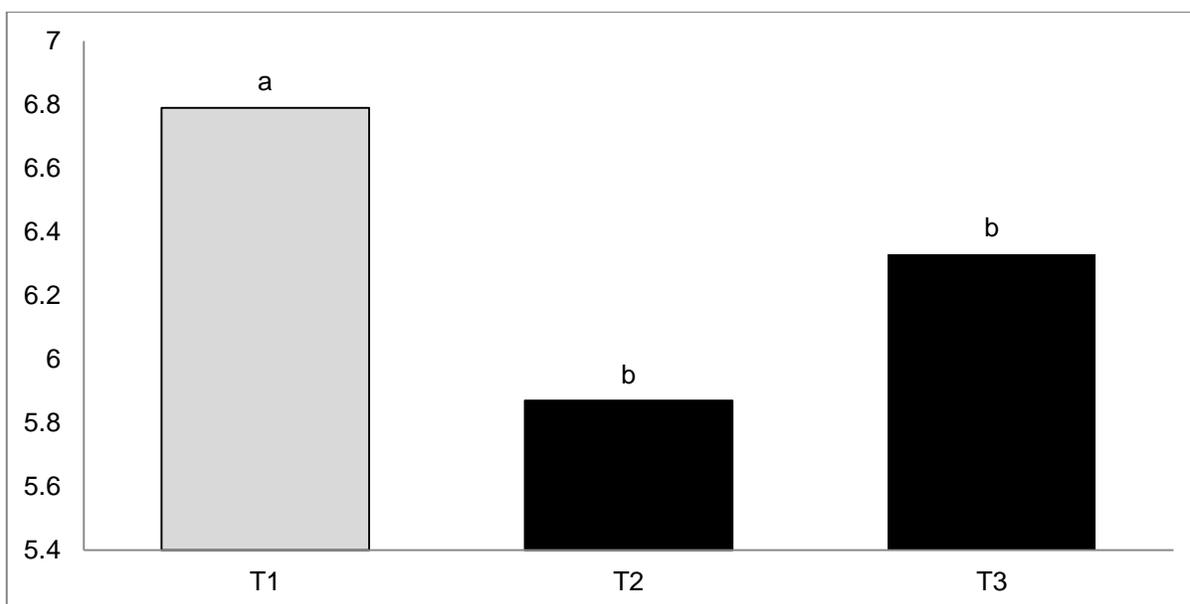


Figura 9. Medidas de pH del suelo por transecto. Se muestran diferencias significativas entre los tres transectos ($p = 0.01247$). T1 = cercano al agua, T2 = cercanos al camino, T3 = cercano al ganado.

Riqueza funcional

Se encontraron dos gremios alimenticios en la comunidad de hormigas (Cuadro 3). Se observa que ambos gremios permanecen constantes a lo largo del año, siendo las especies generalistas las que se encuentran en mayor proporción a lo largo del tiempo de muestreo (Figura 10).

Cuadro 3. Especies y Gremios alimenticios de las especies de hormigas encontradas a lo largo del muestreo.

Subfamilia	Especie	Gremio alimenticio
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex smithi</i> , Cole, 1936.	Generalista
	<i>Tapinoma</i> <u>sp.</u>	Generalista
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> Emery, 1893.	Generalista
	<i>Camponotus atriceps</i> , Smith, 1858.	Generalista
	<i>Camponotus fumidus</i> , Roger, 1863.	Generalista
	<i>Prenolepis</i> sp.	Generalista
Myrmicinae	<i>Cardiocondyla</i> sp.	Generalista
	<i>Monomorium minium</i> , Mayr, 1855.	Generalista

<i>Pheidole soritis</i> Wheeler, 1908.	Granívora
<i>Pheidole</i> sp.	Granívora
<i>Pheidole tetra</i> , Creighton, 1950.	Granívora
<i>Solenopsis germinata</i> , Fabricius, 1804.	Generalista
<i>Solenopsis molesta</i> , Buren, 1972.	Generalista

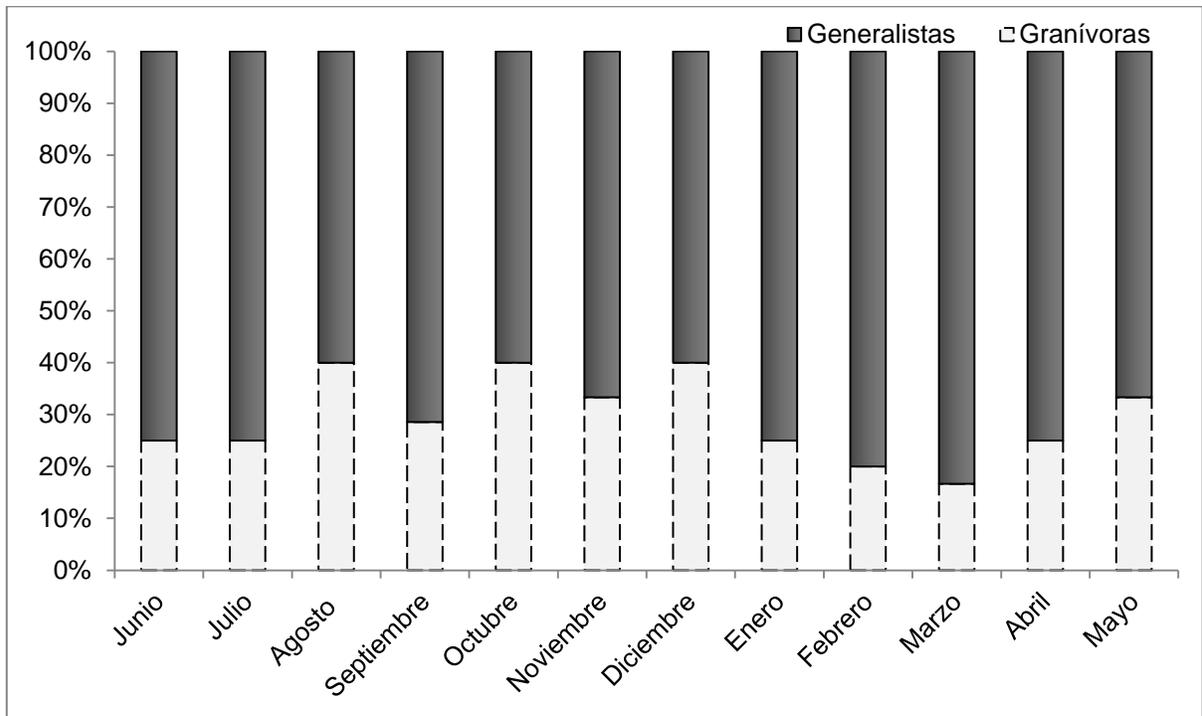


Figura 10. Riqueza funcional. Se encontraron dos gremios alimenticios, los cuales fueron constantes a lo largo del año, siendo las generalistas las que se encuentran en mayor proporción durante todo el tiempo de muestreo.

Índices de similitud

De acuerdo al índice de Sørensen modificado por Silvestre (2003), se encontró un índice de similitud del 84.21% entre el transecto 1 (cerca al agua) y el 2 (cerca de camino), entre el 1 y el 3 (cerca ganado) del 73.68% y del 70% entre el transecto 2 y el 3. Así existe mayor similitud entre los transectos 1 y 2 y menor entre el 2 y 3.

Además se realizó la comparación entre las temporadas del año: secas frías, secas cálidas y lluvias; se encontró que el índice de similitud entre la temporada de lluvias y secas frías fue del 93.33, entre lluvias y secas cálidas fue

del 84.21% y entre secas frías y secas cálidas fue del 88.88%. Por lo que existe una mayor similitud de la comunidad de hormigas por gremios alimenticios entre las temporadas de lluvias y secas frías, y menor entre las lluvias y secas cálidas.

DISCUSIÓN

Abundancia y diversidad.

Se encontraron un total de 13 especies, pertenecientes a 10 géneros y tres subfamilias (Cuadro 1). Se reportaron seis especies que constituyen nuevos registros para el estado de Puebla: *Camponotus fumidus* (Roger), *Dorymyrmex smithi* (Cole, 1936), *Monomorium minium* (Mayr), *Pheidole soritis* (Wheeler), *Pheidole tetra* (Creighton) y *Solenopsis molesta* (Buren), lo que representa un porcentaje importante (casi 50%) del total de especies muestreadas; esto probablemente se deba a que es el primer estudio para la región y el primero de este tipo para el Estado de Puebla. Sin embargo la curva de acumulación de especies (Figura 2), indica que faltan especies por registrar, ya que según el índice de Chao 1, solo se encontraron un 80% de las especies esperadas. Lo anterior podría estar relacionado con que en abril se encontraron dos especies nuevas (*Tapinoma* sp. y *Cardiocondyla* sp.), y en mayo otra (*Pheidole* sp.), siendo estos dos los últimos meses de colecta era de esperarse que el muestreo resultara incompleto. Sin embargo, valdría la pena incrementar los meses de muestreo.

El patrón de abundancia tiende a variar en los agroecosistemas reportados en los diferentes estudios. En los cañaduzales del Valle del Cauca, Colombia se encontraron 97 especies de hormigas (Ramírez et al., 2004); en Cuba, en un sistema de producción agrícola, se reportaron 37 morfoespecies (Simonetti et al., 2010); en Bolivia se reportan 45 especies para las áreas de cultivo de tres diferentes localidades (Mamani-Mamani et al., 2012); en cultivo de maracuyá en Colombia se reportaron 19 morfoespecies (Arenas et al., 2013) y Valenzuela-González et al. (2008) reportan 106 especies en cafetales de Veracruz, México. Por una parte, la riqueza reportada en estos estudios, se pueden explicar por sus condiciones climáticas y poco movimiento (recambio del cultivo) a lo largo del tiempo, además de que en algunos casos el método de colecta fue diferente ya

que se colectó en diferentes zonas a la vez y se dejaron las trampas todo el tiempo de muestreo. Para el caso de la alfalfa, Castracani & Mori (2006) y Castracani et al. (2007), reportaron 10 y 9 especies respectivamente, lo cual concuerda con nuestros resultados, ya que en estos estudios se resalta también, que el tipo de práctica agrícola tiene un impacto significativo en la composición de especies de la comunidad; así, las especies deben ser resistentes y plásticas al manejo constante, además de que se espera una mayor abundancia en el cultivo de alfalfa que en pastizales permanentes. En nuestro caso, la abundancia fue mucho mayor que la reportada por Castracani et al. (2007), lo que parece indicar que aunque este monocultivo pudiera tener características que perjudiquen a las hormigas, las especies encontradas se han establecido exitosa y eficientemente. Por otro lado, ningún estudio en este tipo de agroecosistema ha reportado especies que coincidan con las nuestras, sin embargo existen tres géneros que coinciden: *Monomorium*, *Solenopsis* y *Tapinoma*. Aunque estos estudios fueron en Italia.

Las especies menos abundantes fueron *Cardiocondyla* sp. y *Tapinoma* sp, ambas representadas por un solo ejemplar. En el caso del género *Cardiocondyla*, son hormigas de tamaño pequeño, que se caracterizan por tener colonias pequeñas, de unas pocas docenas o cientos de trabajadores, los cuales forrajean lenta y solitariamente, y solo ocasionalmente ocupan el reclutamiento masivo; además no son reconocidas por ser invasores exitosos, aunque son de los primeros organismos y género de hormigas en ocupar sitios perturbados; también son ecológicamente subordinadas por lo que no compiten con especies nativas o introducidas con reclutamiento masivo, o especies de colonias grandes. Por otro lado, son generalistas y utilizan de manera oportunista nidos efímeros, lo cual las obliga a emigrar con frecuencia a otros nidos (Heinze et al., 2006; Del Toro et al., 2009); por lo que el hecho de haber encontrado solo una hormiga de este género a lo largo del muestreo, no resulta extraño, además son comunes en sitios con perturbación alta, dados sus hábitos alimenticios y tipo de forrajeo. El género *Tapinoma*, por otro lado, pudiera haberse capturado durante su actividad de reconocimiento o exploratoria, probablemente estando en busca de un nuevo sitio

de anidación, o en camino de un nido a otro, ya que suelen establecerse en sitios poco duraderos, mismos que habitan solo pocos días, haciendo que la colonia sea fácilmente fragmentable, donde es frecuente que intercambien individuos por medio de señales químicas, además estas hormigas son pequeñas, se les puede ver forrajeando a todas horas y anidan en diversos lugares, todas estas características las hacen ser resistentes a ambientes perturbados (Cuezzo, 2003; Shattuck, 1992). Particularmente, *Tapinoma nigerrima* ha sido reportada como especie dominante en Granada, España, en los olivares donde desempeña un papel fitosanitario importante (Redolfi et al., 2002).

P. tetra, fue la especie más abundante de nuestro estudio. El género *Pheidole*, en general, ha sido reportado como un excelente indicador debido a su abundancia numérica y su diversidad en sitios perturbados (Castracani & Mori, 2006; Castracani et al., 2007; Naves, 1985). Éste género, es uno de los más importantes en el mundo, se encuentra reportado en todo tipo de ecosistemas, se considera un género hiperdiverso, y es el género de hormigas más grande, reportando en el año 2003 (624 especies para el Nuevo Mundo). En México, es el género más representativo con 51 especies (Brown, 1981; Longino, 2009; Wilson, 2003; Rojas, 2001). Su éxito es atribuido a una efectiva combinación entre tamaño pequeño, factores demográficos adecuados, anticipación durante la colonización y un conjunto de adaptaciones clave para abrir nuevos nichos y/o excluir competidores; son efectivas reclutando rápidamente a otras especies y luchan para ganar el control, de hecho han desarrollado soldados muy eficientes, por lo que dominan el recurso de la comunidad (Parr & Gibb, 2010; Wilson, 2003). En el caso de *P. tetra*, no se encontró información en estudios previos, ya que los estudios del género se han enfocado principalmente en las especies clave (Naves, 1975; Longino, 2009). Por ejemplo, en pastizales naturales no pastoreados en Buenos Aires, Argentina, Villalba et al. (2014) reportaron a *Pheidole* sp. como dominante explicando que podría deberse a que son muy comunes, a la flexibilidad de sus requerimientos alimentarios y amplios horarios de alimentación. Mientras que Bustos (1994) reportó que, en Colombia, las especies de este género dominaron en zonas bajas y en bosques, sin embargo, también se

encontraron otras especies dominantes probablemente porque las zonas se encuentran en estados más conservados. Escobar et al. (2007) reportaron también a *Pheidole* junto con *Solenopsis germinata* y *Ectatoma ruidum*, como las más abundantes en pasturas, en Colombia, las cuales mostraron un comportamiento de reclutamiento masivo de obreras hacia el recurso, lo que podría ser la estrategia más eficiente en hábitats con una oferta errática de alimento cerca del nido. Por su parte, Kirschenbaum & Grace (2007), en Hawaii, reportan a *P. megacephala* como dominante mostrando también un comportamiento agresivo y de reclutamiento masivo. Así, esta podría ser la razón de porqué en nuestro estudio *P. tetra* fue tan abundante, ya que en una sola trampa de atún se encontraron hasta 488 hormigas de esta especie. Otro factor que podría favorecer su abundancia, es su flexibilidad de requerimientos alimentarios y amplios horarios de alimentación, ya que su número fue muy alto en ambos tipos de trampas (Figura 5), y en ambos horarios. Esto podría indicar que esta especie está aprovechando los recursos al máximo; adicionalmente se encontró en las trampas junto a otras especies pero superándolas en número, lo cual refuerza la idea de su comportamiento agresivo, donde probablemente excluye a las otras especies. Como observación personal, esta especie fue encontrada sobre las hojas de la alfalfa ordeñando pulgones, lo cual muestra que logra aprovechar al máximo los recursos de este ecosistema. Respecto a lo anterior *P. bilimecki*, *P. fallax*, *P. flavens*, *P. megacephala*, *P. pugnax*, *P. punctatissima*, *P. variegata* y *P. pallidula* han sido reportadas en este tipo de asociación (Espadaler et al., 2012; Suay-Cano et al., 2002).

Aunque hay pocos estudios, las comunidades de hormigas en este tipo de ecosistemas son poco diversas, Rojas (2001) reportó que estas comunidades son pobres en monocultivos, y una señal de esto es encontrar solo una especie dominante, lo cual ocurrió en nuestro estudio. Sin embargo, llama la atención haber encontrado a *S. germinata* con abundancias bajas (sólo 4 hormiga durante el año), ya que esta hormiga se ha reportado como especie dominante en varios estudios en agroecosistemas como los cañaduzales y cafetales, (Ramírez et al., 2004; Philpott et al., 2006; Barbera et al., 2004; Varón et al., 2007), además de

haber sido reportada como depredadora de huevos y larvas de barrenadores, como importante consumidora de semillas, por lo que ha sido propuesta para el manejo de malezas por su alta abundancia en agroecosistemas (Ramírez et al., 2004); además se considera una especie que restringe la riqueza excluyendo a otras especies (Philpott et al., 2006). Las hormigas de fuego, categoría a la que *S. germinata* pertenece, también cuentan con reclutamiento masivo y suelen ser agresivas; cuentan con sustancias volátiles y venenosas que emiten durante un ataque, además de poseer la capacidad de anidar en diversos sitios (Trager, 1991). Chanatásig-Vaca (2011) reportó que en agroecosistemas americanos, *S. germinata* y el género *Pheidole* tiene relaciones similares de dominancia, convergiendo en un mismo agroecosistema sin competir por los recursos, probablemente debido a sus diferencias en el forrajeo. Sin embargo, en nuestro caso no fue así, dominó *P. tetra*, esto podría estar relacionado con características ambientales (como la humedad alta, la sombra y la gran diversidad de plantas circundantes o disponibilidad de recurso) pues la mayoría de los agroecosistemas donde ha sido reportada esta co-dominancia entre *S. germinata* y las especies de *Pheidole*, han sido cafetales. Adicionalmente, como lo reporta Trager (1991), las hormigas del género *Pheidole* suelen reclutar más rápido que otras, lo cual podría estar resultando ventajoso. Además dada la poca riqueza, es más probable que las pocas especies compitan más por los recursos, ocasionando que solo una domine.

Se encontraron diferencias significativas en la abundancia a lo largo del año (Figura 3), siendo junio el mes más abundante, seguido por marzo, abril y mayo; dado que la temperatura y la humedad relativa no fueron las variables que afectaron mayormente esta variación (análisis de ACC), es probable que otros factores no considerados en este estudio como la capacidad de campo del suelo, cobertura vegetal, tipo y estacionalidad de las especies vegetales y de los recursos, recambio del cultivo (periodos de cosecha, remoción del suelo y siembra), entre otros, afecten en mayor medida los cambios de abundancia de la comunidad de hormigas. Sin embargo, las variables consideradas en este estudio si afectaron las abundancias sobre algunas especies en particular.

El pH del suelo, aunque no se incluyó en el ACC, mostró diferencias significativas entre transectos (figura 9). Respecto a esto se sabe que el pH es un factor importante para el crecimiento del cultivo en cuestión, ya que la alfalfa es uno de los cultivos más sensibles a la acidez del suelo, necesitando un pH de 6 a 7 para crecer (Orloff, 2007). Sin embargo, en nuestro estudio el transecto 1 (agua) resultó ser significativamente diferente a los otros dos. La mayor acidez en los transectos 2 (camino) y 3 (ganado) probablemente se deba a que existe una mayor invasión de hierbas sobre el cultivo, lo cual afecta la absorción de amonio y nitrato-nitrógeno del suelo, dinámica necesaria para mantener el pH estable (Koenig, 2009). Algunos estudios han encontrado que la actividad de las hormigas tiene influencias sobre el pH del suelo, disminuyéndolo en suelos alcalinos y aumentándolo en suelos ácidos, con medidas que oscilan entre 5 y 7 en los nidos, dependiendo de la cantidad de materia orgánica presente en ellos y de la masa de raíces en el montículo lo cual lo disminuye hacia valores neutros. Además se ha observado que este efecto va más allá del suelo de la colonia, y la modificación aumenta con el paso del tiempo (Folgarait, 1998; Frouz & Jilková, 2008). Van Gils (2011) resaltó que el pH juega un papel importante en la determinación de patrones demográficos de la hormiga arriera, ya que al cultivar hongos en sus nidos, la disminución del pH representa un peligro para éstos, por lo que buscan sitios donde encuentren las condiciones adecuadas. Por otro lado, Escobar (2008), observó que las especies nómadas presentan una correlación positiva con el pH, ya que son muy sensibles a cambios microclimáticos y son dependientes de la hojarasca. Por otro lado, las hormigas también influyen en el contenido de N y P volviendo al P mas accesible al neutralizar el suelo, mientras que en nidos con altos contenido de N, las hormigas lo disminuyen gracias a las bacterias asociadas a los nidos (Frouz & Jilková, 2008). Lo anterior no ocurrió en nuestro estudio, pues el transecto 2 (camino) fue el de mayor acidez y también el más abundante a lo largo del año (figura 4). Así, es probable que la abundancia no se vea afectada por este factor tampoco. Sin embargo, las hormigas podrían estar aportando condiciones al cultivo ayudando a mantener el pH por arriba de 6.3, sobre todo en el transecto 1 (agua), donde la especie más abundante *P. tetra* mostró siempre el

mayor número de individuos, lo cual coincide con lo reportado por Chanastásig-Vaca (2011), quien ha asociado a *Pheidole* con suelos de pH básico.

Otro factor que puede estar influyendo la abundancia de la comunidad a lo largo del año es la vegetación circundante. En nuestro estudio existe vegetación circundante que no es nativa, ya que en la zona ha sido eliminada para dar lugar a grandes extensiones de cultivo y pastizales (Gobierno de Atlixco, 2014). Sin embargo, se cuenta con una gran diversidad de plantas bien establecidas rodeando los tres transectos, que van desde herbáceas hasta árboles frutales pertenecientes a las Familias: Anacardiaceae, Annonaceae, Arecaceae, Asteraceae, Cannaceae, Commelinaceae, Convolvulaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Malvaceae, Musaceae, Myrtaceae, Phytolaccaceae, Rosaceae, Solanaceae y Verbenaceae. Existe una estrecha relación entre hormigas y plantas, como destacan Delabie et al. (2003), que incluye asociaciones estrechas con algunas plantas, con los nectarios y pseudonectarios, con los domacios, corpúsculos nutritivos y generación de nutrientes esenciales hacia ambas partes; así como relaciones estrechas de polinización y protección, dispersión de semillas, etc. Por lo que podríamos inferir que al no tener una fuente de alimento y anidación constante, por la continua labranza que requiere la alfalfa, la vegetación circundante juega un papel importante para el establecimiento de la comunidad proporcionando recursos a lo largo del año. Adicionalmente, Vergara et al., (2007) ha reportado que la comunidad de hormigas establece relaciones con algunas familias, algunas de las cuales se encontraron en este estudio, como en el caso de Anacardiaceae, Annonaceae, Fabaceae, Lauraceae, Myrtaceae y Rosaceae. Particularmente para la familia Euphorbiaceae, Gómez & Espadaler (1997) reportaron una asociación estrecha con los género *Pheidole*, *Tapinoma*, *Aphaenogaster* y *Messor*. Por su parte, Hurtado et al. (2007) observaron que *S. germinata* promueve la germinación de semillas de *Senna spectabilis*, perteneciente a la familia Fabaceae y *Guazuma ulmifolia* por escarificación. En el caso de Lamiaceae, se ha observado que las núculas de *Rosmarinus* son dispersadas por hormigas (Mosquero et al., 2006). Se ha reportado también, que al aumentar la diversidad de vegetación circundante y

su complejidad estructural la riqueza de hormigas aumenta (Hernández-Ruíz & Castaño Meneses, 2006; Mamani-Mamani et al., 2012). Así, dadas las complejas relaciones que se establecen hormiga-planta, y teniendo en cuenta la gran diversidad de vegetación alrededor de nuestro sitio de estudio, es muy probable que éste sea el factor que más influencia tiene sobre la abundancia de la comunidad de hormigas, aportando recursos cuando otros faltan, sobre todo en las temporadas y en los periodos de quema o corte.

Con respecto a las trampas, las abundancias entre ambas (miel y atún) no difirieron significativamente. De las 13 especies reportadas en este estudio, nueve se encontraron en ambos tipos de trampa. *S. germinata* y *Tapinoma* sp., no se encontraron en atún, y *S. molesta* y *Cardiocondyla* sp., no se encontraron en miel, sin embargo estas especies son las que menos representantes tienen (cuatro, uno, diecinueve y uno, respectivamente), lo que resulta lógico si consideramos que la mayoría de las especies fueron de hábitos generalistas (Cuadro 4).

Finalmente al comparar los horarios tampoco se encontraron diferencias significativas. Kaspari (2000), reporta que las hormigas tienen su mayor actividad temprano en la mañana y nuestros resultados muestran un mayor número de organismos nocturnos, sin embargo esto podría deberse a la hora en la que se colectaron las hormigas, ya que por la mañana pudieron estarse colectando hormigas diurnas, que se contabilizaron como organismo nocturnos.

En el caso de la diversidad se encontraron diferencias significativas entre meses, ($p < 0.10$) y entre transectos (Figura 6; figura 7), lo cual podría estar relacionado con los cambios de abundancia. Lo anterior coincide con lo reportado por Ramírez et al. (2004), quienes señalan que una parte de las especies de la comunidad puede cambiar, posiblemente en forma cíclica, a lo largo del tiempo, debido a la estacionalidad de un recurso o condición dada, Así también Mamani-Mamani et al. (2012) reportaron una variación de la comunidad de hormigas entre hábitats (bosque, borde de bosque y cultivos) pero no entre épocas ni comunidades. En alfalfa Castracani (2006), no encontró diferencias significativas en la diversidad, al compararla con los pastizales permanentes, lo cual podría deberse a la perturbación, ya que existe un manejo de la tierra intensa, arado

periódico y un solo tipo de planta lo que disminuye la complejidad del ecosistema y aumenta la perturbación.

Dados todos los factores que afectan la diversidad, la dinámica probablemente sea ocasionada por la estacionalidad o condición de un recurso, ya que por sí solo el monocultivo de alfalfa proporciona condiciones inestables para mantener a la comunidad, además del clima y la fenología de la vegetación circundante, a las cuales las hormigas son sensibles y que podría estar ocasionando una variación (Calcaterra, 2010), aunado a que el cultivo proporciona recursos variables, ya que cada 28 a 35 días la alfalfa es cortada, aunque cabe aclarar que no se saca de raíz por lo que el suelo no es alterado del todo. Así la comunidad puede aprovechar el recurso que esté disponible siendo este la alfalfa por periodos según su crecimiento, la vegetación circundante por su estacionalidad y por el corte y quema para evitar su propagación.

Variables ambientales

Nuestro muestreo constó de tres transectos, cada uno asociado a una característica del agroecosistema (cerca del agua, entre el cultivo de alfalfa y cerca del establo), además cada uno posee vegetación circundante (principalmente malezas), lo cual proporciona características particulares a cada uno formando microclimas en cada transecto. El ACC mostró que las variables ambientales medidas (temperatura y humedad relativa) no ejercen influencia en la variación de las abundancias de la comunidad de hormigas, a lo largo del año (Figura 8; Cuadro 2), por lo que son otros los factores que están afectando a la comunidad de hormigas de nuestro agroecosistema.

Hevia (2012), encontró diferencias significativas en abundancias entre una cañada con vía pecuaria activa y una cañada abandonada en España, siendo mucho mayor en las activas, lo que sugiere que los agroecosistemas activos con vías pecuarias en uso sobre el cultivo albergan mayor riqueza que aquellas que han sido abandonada y sobre las cuales la vegetación nativa y/o circundante ha empezado a preponderar. Perfecto & Vandermeer (2002), al comparar la calidad de la matriz agroecológica de cafetales en un paisaje montañoso, encontraron

diferencias entre la riqueza de especies entre el fragmento de bosque y la matriz de alta calidad, sin embargo, fue significativamente menor en la matriz de baja calidad que en el bosque, esto sugiere que en algunos casos los microclimas generados por diversos factores pueden alterar la comunidad y en otros casos no. En Argentina Tizón et al., (2010) estudiaron el efecto que tienen los cortafuegos o bordes de los caminos sobre las variables microclimáticas sobre la comunidad de hormigas, no encontrándose diferencias significativas en el ensamble de nidificación entre los ambientes, excepto en el caso de *Acromyrmex striatus*, donde hay más porosidad en el suelo permitiendo mayor intercambio gaseosos e infiltración de agua. Lo anterior sugiere que en algunos casos solo algunas especies pueden verse afectadas por los microclimas del ecosistema. En nuestro caso ninguna condición por transecto (agua, vegetación, construcción o mayor exposición al monocultivo), implicó una afectación sobre la abundancia o riqueza de la comunidad, ni sobre alguna especie particular. Así que, aunque tengamos diferencias que puedan parecer importantes a nivel microclimático, solo algunas especies pueden verse afectadas, y no necesariamente toda la comunidad, lo cual permite sugerir que nuestra comunidad se encuentra bien adaptada a los factores ambientales y microclimáticos presentes en este agroecosistema.

Lo anterior se observa claramente en nuestro estudio, pues *S. molesta* presenta mas relación con los cambios en la humedad relativa, mientras que la temperatura tuvo más efecto sobre *Monomorium minium*. Estas variables ambientales también fueron reportadas por otros autores. Simonetti et al. (2010) obtuvieron una mayor abundancia de hormigas en los meses con mayor humedad relativa, teniendo mas representantes del género *Solenopsis* en un sistema agrícola urbano en La Habana. Mientras que Porter & Tschinkel (1987), reportaron que la humedad relativa no afecta el forrajeo de *Solenopsis invicta*. Potts et al. (1984) compararon a cuatro especies del mismo género en un gradiente de humedad relativa, y encontraron uniformidad en las respuestas, recalcando que la producción de crías cesa en la época de secas cálidas. Así, cada especie del género *Solenopsis* puede variar su respuesta hacia la humedad relativa, como

ocurre con *S. molesta* cuya abundancia está relacionada con la humedad relativa, como lo muestra su presencia en junio, el único donde esta hormiga se encontró.

En cuanto a *Monomorium minimum* y su relación con la temperatura, se menciona que las especies del género viven en distintos tipos del ambiente geográfico, de hecho está reportada como buena reclutadora a más altas temperaturas (hasta 30°C), que sus especies simpátricas, además de presentar forrajeo durante todo el día, ser abundante y agresiva (Eldridge & James, 1981; Kusnezov, 1949), dadas las amplias habilidades de esta hormiga para obtener recursos, es probable que recurra a su capacidad de forrajeo a altas temperaturas para competir con otras especies; esto le permite estar presente todo el año y aumentar su abundancia en junio, mes donde se encontraron valores más altos de temperatura.

Riqueza funcional

De acuerdo a la clasificación propuesta por Hölldobler & Wilson (1990), los gremios alimenticios encontrados fueron generalistas y granívoros (Cuadro 4), ambos se encontraron durante todo el año (Figura 10), siendo el gremio generalista el de mayor proporción siempre. Lo cual es común dadas las propias características del gremio de aprovechar todos los recursos de un ecosistema dado, en mayor o menor proporción dependiendo de la especie, el lugar y sus propios competidores, siendo el caso en gradientes altitudinales y sitios perturbados y no perturbados (Castro et al., 2008; Rivas-Arancibia et al., 2014), mientras que en el caso de las granívoras, el género *Pheidole* posee ciertas características que le permiten explotar los recursos al máximo (Escobar et al., 2007; Kirschenbaun & Grace, 2007), al grado de poder tener dominancia en repetidas ocasiones (Villalba et al., 2014; Bustos, 1994).

Por otro lado el índice de similitud de gremios, mostró que los transectos y las temporadas del año guardan un alto grado de similitud. No obstante, el análisis muestra un mayor parecido entre los transectos 1 (agua) y 2 (camino), lo cual puede deberse a que comparten una mayor cantidad de vegetación circundante, y se encuentran más cercanos entre sí (Figura 1). En el caso de las temporadas del

año (húmedas, secas frías y secas cálidas), las más semejantes son las húmedas y las secas frías, aunque en general no existen diferencias entre ellas. En ambos casos esto resulta coherente con el hecho de que los microclimas y las variables ambientales no afectaron la abundancia de la comunidad.

CONCLUSIONES

- ❖ Se encontraron tres subfamilias, 10 géneros y 13 especies de hormigas en el sitio de estudio, de las cuales seis especies (casi 50%) fueron nuevos registros para el estado de Puebla, como se esperaba; lo cual es un porcentaje importante que aporta información taxonómica importante al acervo del Estado. Así, el monocultivo estudiado resultó ser un buen reservorio para hormigas que en otros ecosistemas no han sido reportadas.
- ❖ El monocultivo de alfalfa de nuestro estudio, parecen no tener una riqueza alta en comparación con otro tipo de agroecosistemas.
- ❖ Se encontró que *Pheidole tetra* fue la especie más abundante, a diferencia de lo reportado en otros estudios similares, lo cual proporciona información valiosa sobre las relaciones que se establecen en este caso, la manera en que el recurso se aprovecha, y que este cultivo en particular podría estar ofreciendo recursos que otros no.
- ❖ La abundancia y la diversidad difirió entre transectos, probablemente como resultado de la vegetación circundante. Así también, aunque la abundancia cambió a lo largo del año, no se encontró un efecto significativo de la temperatura y humedad relativa sobre esta variable, como se esperaba, por lo que es probable que estas variaciones se deban principalmente a la vegetación circundante.
- ❖ La estructura de la comunidad no difirió de acuerdo a su actividad diurna y nocturna como se esperaba, lo cual pudo estar relacionado con la hora de colecta de las hormigas nocturnas.
- ❖ El pH fue significativamente más alto en el transecto 1 (agua) donde la especie más abundante *Pheidole tetra* mostró siempre el mayor número de individuos, lo cual coincide con lo reportado en la literatura donde se asocia a *Pheidole* con suelos de pH básico.
- ❖ La riqueza funcional fue baja, como se esperaba, solo se encontraron dos gremios alimenticios. la mayoría de las especies fueron generalistas lo cual concuerda con que se favorecen especies capaces de aprovechar muchos y variados recursos disponibles. Aunque la especie dominante pertenece al

gremio de las granívoras, se ha reportado sin embargo que el género *Pheidole* es capaz de aprovechar al máximo los recursos ofrecidos en el agroecosistema.

- ❖ Ambos gremios (generalistas y granívoras) estuvieron presentes a lo largo del año.
- ❖ La similitud funcional entre los transectos fue alta, contrario a lo esperado, dónde los más parecidos fueron el transecto 1 (agua) con el 2 (camino), debido probablemente a su cercanía y a que comparten más especies de plantas circundantes. Respecto a las temporadas del año también se encontró una alta similitud, sin embargo las más parecidas son las lluvias con las secas frías.

Los resultados muestran que aunque las condiciones en el monocultivo no sean las óptimas para el establecimiento de una comunidad, esta se encuentra bien establecida llevando una dinámica que le permita aprovechar los recursos a lo largo del año, conforme estos vayan cambiando. Las hormigas reportadas poseen características que les permiten tolerar un ecosistema perturbado y aprovechar sus recursos, sin embargo ninguna de ellas representa un peligro para el cultivo. Los datos obtenidos pueden servir para futuros estudios comparativos y de conservación, además de que permitirán el monitoreo de esta peculiar comunidad a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahrendts B., Rafael M. 2002. Toxinas de *Fusarium* en el control de hormigas. Producciones científicas. Sección: Ciencias de la Ingeniería, Agronomía y Tecnología. Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Anglanda M., Saluso A., Ermácora O., Maidana A., Dans D., Decuyper C. 2013. Hormigas podadoras: Estudios bioecológicos y alternativas de manejo en sistemas agrícolas y vegetación de monte Entre Ríos. 3(3).
- Aragón J. 2009. Manejo de insectos en emergencia de praderas. *Producir XXI*. 15(184): 18-24.
- Arenas A., Armbrecht I., Chacón P. 2013. Carábidos y hormigas del suelo en dos áreas cultivadas con maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) en el valle del Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 18(3): 439-48.
- Barbera N., Hilje L., Hanson P., Tongino J., Carballo M., Melo E. 2004. Diversidad de especies de hormigas en un gradiente de cafetales orgánicos y convencionales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 72: 60-71.
- Branstetter M., Sáenz L. 2012. Las Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Guatemala. *Biodiversidad*. 2: 221- 268.
- Brown W. Jr. 1981. Preliminary Contributions toward of a Revision of the Ant Genus *Pheidole* (Hymenoptera: Formicidae). Part I. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 54(3): 523-530.
- Bustos J. 1994. Contribución al Conocimiento de la Fauna de Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del Occidente del Departamento de Nariño, Colombia. *Boletín del Museo Entomológico de la Universidad del Valle*. 2(1,2): 19-30.
- Calcaterra L. 2010. Distribución y Abundancia de la hormiga colorada *Solenopsis invicta* en Argentina: sus interacciones con hormigas competidoras y moscas parasitoides (*Pseudacteon* spp). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Carrasco F. 1962. La Hormiga "Cuqui" *Atta sexdens fuscata* Santschi (Formicidae) Grave Problema Entomológico para los Cultivos Tropicales. Trabajo presentado en la VII Convención de Entomología Agrícola. Cuzco,

Noviembre 1962.

- Castracani C., Mori A. 2006. The role of permanent grasslands of ant community structure: Ants Hymenoptera: Formicidae) as ecological indicators in the Agro-ecosystem of the Taro River Regional Park (Italy). *Mirmecologische Nachrichten*. 9: 47-54.
- Castracani C., Piotti A., Grasso D., Le Moli F., Mori A. 2007. Ant Fauna as Ecological Indicator in Italian Agro-ecosystems. *Redia*. 90: 67-70.
- Castro S., Vergara C., Arellano C. 2008. Distribución de la riqueza, composición taxonómica y grupos funcionales de hormigas del suelo a lo largo de un gradiente altitudinal en el refugio de vida silvestre Laquipampa, Lambayeque-Perú. *Ecología Aplicada* 7(1,2): 89-103.
- Chanatásig-Vaca C., Huerta E., Rojas P., Ponce-Mendoza A., Mendoza J., Morón A., Van der Wall H., Dzib-Castillo B. 2011. Efecto del uso de suelo en las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de tikinmul, Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 27(2): 441-461.
- Cuezco F. 2003. Subfamilia Dolichoderinae. Pp291-297 in Fernández F. (ed) 2003. Introducción a las hormigas de la region Neotropical. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, xxvi, 424 pp.
- Colwell R. K. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples.
- Cruncher Statistical Systems. NCSS, Kaysville. Hammer O. 2015. PAleontological STatistic (Past version 3.08). Museo de Historia Natural. Universidad de Oslo.
- Del Toro I., Vázquez M., Mackay W., Rojas P., Zapata-Mata R. 2009. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Tabasco: Explorando la diversidad de la mirmecofauna en las selvas tropicales de baja altitud. *Dugesiana*. 16(1): 1-14.
- Eldridge S., James F. 1981. Chemical Interferences Competition by *Monomorium minium* (Hymenoptera Formicidae)
- Escobar A. 2008. Relación entre gremios de hormigas y tipo de hábitat en

- dos fincas ganaderas del Quindío. Tesis para obtener el título de bióloga. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Escobar S., Armbrecht I. Calle Z. 2007. Transporte de semillas por hormigas en bosques y agroecosistemas ganaderos de Los Andes Colombianos. *Agroecología*. 2:65-74.
 - Espadaler X., Pérez N., Villalobos W. 2012. Ant-Aphid Relations in Costa Rica, Central America (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*. 59(3): 959-970.
 - Flores L., Escoto J., Flores F., Hernández A. 2008. Estudio de la biodiversidad de artropodos en suelos de alfalfa y maíz con aplicación de biosólidos. *Investigación y Ciencia*. 40:11-18.
 - Folgarait P. 1998. Ant Biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*. 7: 1221-1244.
 - Gobierno de la H. Ciudad de Atlixco/Municipio. 2014. Municipio: Sobre Atlixco de: <http://atlixco.gob.mx/historia-de-atlixco/>
 - Gómez C., Espadaler X. 1997. Manipulación por hormigas de semillas de *Euphorbia characias* (Euphorbiaceae) dentro del hormiguero. *SCIENTIA*. 23:53-61.
 - Heinze J., Hölldobler B. 1993. Fighting for a harem of queens: Physiology of reproduction of *Cardiocondyla* male ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 90: 8412-8414.
 - Heinze J., Cremer S., Eckl N., Schrempf. 2006. Stealthy invaders: the biology of *Cradioccondyla* tramps ants. *Insects Sociaux*. 53:1-7.
 - Hernández-Ruíz P., Castaño-Meneses G. 2006. Ants (Hymenoptera: Formicidae) diversity in agricultural ecosystems at Mezquital Valley, Hidalgo, México. *European Journal of Soil Biology*. 42: 208-212.
 - Hevia V. 2012. Influencia de una vía pecuaria en entornos agrícolas sobre la diversidad de hormigas. Tesis para obtener el grado de Master. UAM.
 - Hooper D. U., Solan M., Symstad A., Díaz S., Gessner M.O., Buchmann N., Degrange V., Grime P., Hulot F., Mermillod-Blondin F., Roy J., Spehn E. y van Peer L. 2002. Species diversity, functional diversity and ecosystem

- functioning (195–208) En: Biodiversity and ecosystem functioning: synthesis and perspectives. Loreau M., Naeem S. y Inchausti P. (Eds.) Oxford University Press, Oxford, UK.
- Hurtado A., Escobar S., Torres A., Armbrrecht I. 2012. Explorando el papel de la hormiga generalista *Solenopsis germinata* (Formicidae: Myrmecinae) en la germinación de semillas de *Senna spectabilis* (Fabaceae: Caesalpinioideae). *Caldasia*. 34(1):127-137.
 - Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010).
 - Kaspari M. 2000. A primer of ant ecology. In: *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*; Agosti D., Majer J., Alonso L., Schultz T. Eds., Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., pp. 9-24.
 - Kirschenbaum R., Grace J. 2007. Dominant ant Species in Four Habitats in Hawaii (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*. 50(3): 1069-1073.
 - Koenig T., Horneck D., Platt T., Petersen P., Stevens R., Fransen S., Brpwn B. 2009. Nutriente Management Guide for Dryland and Irrigated Alfalfa in the Inland Northwest. A Pacific Northwest Extension Publication. 12pp.
 - Kovach. 2013. MVSP: Multivariate Statistical Package for Windows (version 3.22). Kovach Computing Services, Anglesey, Gales. Hintze J. 2013. NCSS 9: Number.
 - Kusnezov N. 1949. El género *Monomorium* (Hymenoptera, Formicidae) en la Argentina. *Acta Zoológica Lilloana* 7: 423-448.
 - Longino J. 2009. Additions to the taxonomy of the New World Pheidole (Hymenoptera: Formicidae). *ZOOTAXA*. 2181: 1-90.
 - Mamani-Mamani B., Loza-Murguía M., Semeltekop H., Almanzana J., Limachi M. 2012. Iversidad genérica de hormigas (Himenópteros: Formicidae), en ambientes de bosque, borde de bosque y áreas cultivadas, tres Comunidades del Municipio de Coripata, Nor Yungas Departamento La Paz, Bolivia. *Journal of the Selva Andina Research Society*. 1(1): 26-43.
 - Mosquero M., Pastor J., Juan R. 2006. Observaciones anatómicas y morfológicas en núcúlas de *Rosmarinus* l. (Lamiaceae) en el Suroeste de España. *Lagasalia*. 26: 111-117.

- Naves M. 1985. A monograph of the genus *Pheidole* in Florida (Hymenoptera: Formicidae). *Insecta Mundi*. 1(2): 53-90.
- Orloff S. 2007. Chapter 2: Choosing Appropriate Sites for Alfalfa Production. En: *Irrigated Alfalfa Management for Mediterranean and Desert Zones*. ANR Publication.
- Parr C., Gibb H. 2010. Competition and the Role of Dominant Ants en: *Ant Ecology*. Lack L., Parr C. Abbot K. (Ed). Oxford University Press. USA. 77-96 pp.
- Perfecto I., Vandermeer J. Quality of Agroecological Matrix in a Tropical Montane Landscape: Ants in Coffe Plantations in Southern Mexico. *Conservation Biology*. 16(1): 174-182.
- Potts L., Francke O., Cokendolpher J. 1984. Humidity preferences of four species of fire ants (Hymenoptera: Formicidae: Solenopsis). *Insecta Sociaux*. 31(3): 335-339.
- Quirán E. 2005. El género Neotropical *Brachymrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) en la Argentina II: Redescripción de las especies *B. admotus* Mayr, *B. brevicosnis* Emery y *B. gaucho* Santschi. *Neotropical Entomology*. 34(5): 761-768.
- Ramírez M., Armbrecht I., Enríquez M. 2004. Importancia del manejo agrícola para la biodiversidad: caso de las hormigas de la caña de azúcar. *Revista Colombiana de Entomología*. 30(1): 115-124.
- Redolfi I., Tinaut A., Pascual F., Campo M. 2002. Patrón de actividad de *Tapinoma nigérrima* (Nylander) y *Crematogaster scutellaris* (Olivier) (Hymenoptera: Formicidae) en el cultivo de olivo y en el laboratorio. *Zoologica Baetica*. 13(14): 37-55.
- Ríos-Casanova L., Valiente-Banuet A., Rico-Gray V. 2004. Las hormigas del Valle de Tehuacán (Hymenoptera: Formicidae): Una comparación con otras zonas áridas de México. *Acta Zoológica Mexicana*. 20(1): 37-54.
- Rivas-Arancibia S., Carillo-Ruíz H., Bonilla A., Figueroa-Castro D., Andrés-Hernandez A. 2014. Effect of disturbance on the ant community in a semarid region of central México. *Applied Ecology and Environmental*

Research. 12(3): 703-716.

- Rojas P. 2001. Las Hormigas del suelo en México: Diversidad, Distribución e Importancia (Hymenoptera: Formicidae). Acta Zoológica Mexicana. Número especial 1:189-238.
- Russell M., Coaldrake J., Sanders A. 1967. Comparative effectiveness of some insecticide, repelants and seed-pelleting in the prevention of ant removal of pasture seeds. Tropical Grasslands. 1(2): 153-166.
- SAGARPA, FIRCO. 2009. Diseño de Estrategias de Mercado Logísticas y de Adecuación de Productos para la Integración de la Alfalfa Mexicana en el Comercio Global de Forrajes. Reporte Final. TIS Counsolting Group. Páginas Consultadas: 5-20.
- Shattuck, S.O. (1992). Generic revision of the ant subfamily Dolichoderinae. Sociobiology. 21: 1-181
- Silvestre, R., Brandão, C.R.F. and Da Silva, R.R. (2003): Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. En: Fernández, F. (ed.) Introducción a las hormigas de la región Neotropical, Bogotá Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Colombia.
- Simonetti J., Brito Y., Moreno L. 2010. Fauna de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a un sistema de producción agrícola urbano. FITOSANIDAD. 14(3): 153-158.
- Suay-Cano V. Tinaut A., Selfa J. 2002. Las hormigas (Hymenoptera, Formicidae) asociadas a pulgones (Hemiptera, Aphididae) en la provincia de Valencia. Graellsia. 58(1): 21-37.
- Tizón F., Peláez D., Elía O. 2010. Efecto de los cortafuegos sobre el ensamble de hormigas (Hymenoptera, Formicidae) en una región semiárida, Argentina. Iheringia Série Zoológica Porto Alegre. 100(3): 216-221.
- Trager J. 1991. A revisión of the Fire Ants, *Solenopsis germinate* Group (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). Journal of the New York Entomological Society. 99(2): 141-198.

- Valenzuela-Gonzalez J., Quiroz-Robledo L., Martínez-Tlapa D. 2008. Capítulo 8. Hormigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) en: Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, pp: 107-117, 348 pp.
- Van Gils H. 2011. Los factores ambientales en relación con la hormiga arriera (*Atta sexdens*) en el sur del trapecio amazónico Colombia. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia
- Varón H., Hanson P., Longino J., Borbón O., Carballo M., Hilje L. 2007. Distribución espacio-temporal de hormigas en un gradiente de luz dentro de un sistema agroforestal de café en Turrialba, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 55(3/4): 943-956.
- Vergara E., Echavarría H., Serna F. 2007. Hormigas (Hymenoptera, Formicidae) asociadas al Arboretum de la universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*. 40: 497-505.
- Villalba V., Fernanda I., Sgarbi C., Culebra S., Ricci M. 2014. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. 113(2): 107-113.
- Wilson E. 2003. La hiperdiversidad como fenómeno real: el caso de *Pheidole*. En: introducción a las hormigas de la región Neotropical. Fernandez F., (Ed). Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Colombia. 363-370 pp.
- Wilson E., Hölldobler B. 1990. *The Ants*. Cambridge, Harvard University Press.