



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

---

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

## **IMPACTO DE HORMIGAS SOBRE *Leucoptera coffeella* (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE) EN UN CAFETAL EN CHIAPAS**

MARÍA DINA ESTRADA MARROQUÍN

T E S I S  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2017

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe María Dina Estrada Marroquín, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Esteban Rodríguez Leyva, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Impacto de hormigas sobre Leucoptera coffeella (Lepidoptera:Lyonetiidae) en un cafetal en Chiapas y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 26 de junio de 2017



Firma del  
Alumno (a)



Dr. Esteban Rodríguez Leyva

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **Impacto de hormigas sobre *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) en un cafetal en Chiapas**, realizada por la alumna: **María Dina Estrada Marroquín**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS  
**FITOSANIDAD**  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



---

DR. ESTEBAN RODRÍGUEZ LEYVA

ASESOR



---

DR. J. REFUGIO LOMELI FLORES

ASESOR



---

DR. JAIME GÓMEZ RUÍZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2017

**IMPACTO DE HORMIGAS SOBRE *Leucoptera coffeella* (LEPIDOPTERA:  
LYONETIIDAE) EN UN CAFETAL EN CHIAPAS**

María Dina Estrada Marroquín, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2017

**RESUMEN**

El minador de la hoja de café es una plaga importante en los principales países productores de café; pero en México no lo es, lo que se atribuye a la presencia de enemigos naturales particularmente hormigas. En este estudio se evaluó el impacto de éstas en las poblaciones del minador. El estudio se realizó en Cacahoatán, Chiapas, durante dos temporadas del año (sin lluvias y con lluvias). Se determinó la composición de especies de hormigas en café y suelo, y por medio de centinelas y experimentos de exclusión se determinó el impacto de éstas sobre el minador. Se registraron 50 especies de hormigas, con mayor riqueza y abundancia en la época seca; 37 de ellas con hábitos depredadores donde *Solenopsis*, *Pheidole* y *Azteca* fueron los géneros más abundantes. La depredación fue significativamente menor en ausencia de hormigas, aunque no se presentó diferencias entre estratos. Los huevos y pupas resultaron más depredados y las larvas no presentaron diferencia en la depredación en ningún experimento. Estos resultados muestran la importancia de las hormigas en el control del minador en las condiciones de manejo del cafetal bajo estudio, mismo que fue representativo de la región.

**Palabras clave:** Minador de la hoja del café, control biológico por conservación, depredación, Formicidae.

**ANT IMPACT ON *Leucoptera coffeella* (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE) IN A  
CHIAPAS COFFEE FIELD**

María Dina Estrada Marroquín, M. C.  
Colegio de Postgraduados, 2017

**ABSTRACT**

The coffee leaf miner is an important pest in main coffee producing countries, but in Mexico it is not a pest, which is attributed to the presence of natural enemies particularly ants. This study evaluated the impact of ants on coffee leaf miner population, and was conducted in a coffee field in Cacahoatán, Chiapas, during two seasons of the year (dry and raining seasons). Ant species composition was evaluated on the ground and on coffee plants; impact of these ants on the leaf miner in both layers was determined by means of experiments with sentinels and exclusion experiments. Fifty species of ants were registered, with greater richness and abundance in the dry season; 37 of them with predatory habits being *Solenopsis*, *Pheidole* and *Azteca* the most abundant genera. The percentage of predated individuals did not vary between ground and plant. Coffee leaf miner predation turned out to be significantly less in the absence of ants. Leaf miner eggs and pupae suffered higher rates of predation. These results showed the importance of the ants in the control of the coffee leaf miner under the management conditions of the coffee plantation, which was representative of the region.

**Key words:** Coffee leaf miner, biological control by conservation, predation, Formicidae

## DEDICATORIA

A mi madre María Dina Marroquín Zavala, quien ha sido mi apoyo incondicional y la inspiración de cada paso en mi vida. A mi padre Arturo Estrada López, que desde donde esté, seguro se sentirá muy orgulloso de este logro. Gracias a ambos por enseñarme a trabajar con mucho esfuerzo y dedicación para alcanzar mis metas y ser una persona independiente.

Los amo papi y mami.

A mis hermanos Arturo, Doris, Freddy, Lucero y Marhytza, que me han apoyado en cada decisión que he tomado, aunque parezca fuera de lo normal. A mis sobrinos, quienes con su amor alegraron mis días. Gracias por soportarme, darme ánimos y superar siempre juntos aquellos momentos difíciles. Los amo.

A mis primos, Liliana M. Sánchez M. y Alejandro Salinas, por su inmenso apoyo desde el proceso previo de ingreso al posgrado. A Ale y Fer, pues me llenaron de muchos momentos de felicidad y me hicieron sentir como en casa. Gracias por todo.

A Susana E. Rodríguez R., por su amistad y apoyo incondicional en todo momento, especialmente en la última etapa de este proceso, donde también agradezco a Lalo Torres y Beto Escobar.

A Eduardo R. Chamé V., por los maravillosos momentos, consejos y apoyo en este proceso.

A mis amigos: Adriana, Toño V., Toño D., Rodolfo y Yensy, por apoyarme y llenarme de ánimos y buena vibra en todo momento.

A mis compañeros de generación y resto de personas con quienes compartí en esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado durante mis estudios de posgrado.

Al Colegio de Postgraduados, especialmente al posgrado en Fitosanidad - Entomología y Acarología, por permitirme ser parte de esta institución y contribuir en mi formación académica.

Al Dr. Refugio Lomeli Flores y al Dr. Esteban Rodríguez Leyva por ser parte de mi consejo particular y guiarme durante mi estancia en el posgrado y el desarrollo de esta investigación.

Agradezco su apoyo, paciencia y aportaciones en el proceso del escrito de tesis.

Al Dr. Jaime Gómez Ruíz por ser parte de mi consejo particular y su apoyo durante mi estancia en ECOSUR en el desarrollo de la investigación, agradezco mucho su paciencia, disponibilidad de tiempo, consejos y aportaciones en todo el proceso.

Al Dr. Juan M. Vanegas Rico por su tiempo dedicado en la identificación taxonómica de formícidos y su aportación en la redacción del artículo.

Al M. en E. Francisco Javier Valle Mora por su aportación y guía en la parte estadística.

A los técnicos del laboratorio de Control biológico del ECOSUR: Enrique López P. y Javier de La Rosa, por su apoyo en las visitas al cafetal bajo estudio. A José Luis López por su apoyo en la aplicación de los experimentos.

A todos los profesores que por medio de los cursos de maestría tuve el placer de enriquecer mi formación académica.

Agradezco a todos los que de alguna forma participaron durante este proceso y que en conjunto permitieron llevar al final esta investigación.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>x</b>
<b>1.- INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2.- MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>2</b>
2.1.- Área de estudio .....	2
2.2.- Experimento 1: Diversidad y riqueza de hormigas .....	2
2.3.- Experimento 2: Depredación de <i>L. coffeella</i> en planta y suelo .....	3
2.4.- Experimento 3: Depredación con exclusión de hormigas .....	4
2.5.- Análisis estadístico .....	4
<b>3.- RESULTADOS</b> .....	<b>5</b>
3.1.- Recolección de hormigas .....	5
3.2.- Depredación de <i>L. coffeella</i> en -planta y suelo.....	8
3.3.- Depredación con exclusión de hormigas .....	9
<b>4.- DISCUSIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>5.- CONCLUSIONES</b> .....	<b>15</b>
<b>6.- LITERATURA CITADA</b> .....	<b>15</b>



## LISTA DE FIGURAS

### PÁGINA

- Figura 1.** Curva de acumulación de la riqueza de especies de hormigas, por estrato y temporada, en un cafetal en Cacahotán, Chiapas (estimación con Chao 2)..... **8**
- Figura 2.** Comparación de depredación del minador de la hoja del café en dos estratos (planta y suelo) para cada estado de desarrollo, en dos temporadas, Cacahotán, Chiapas ..... **9**
- Figura 3.** Comparación de depredación del minador de la hoja del café en cada estado de desarrollo, en dos temporadas en Cacahotán, Chiapas..... **10**

## LISTA DE CUADROS

	PÁGINA
<b>Cuadro 1.</b> Registro de especies de hormigas y su abundancia en suelo y planta de café en dos temporadas en un cafetal de Cacahoatán, Chiapas.....	<b>6</b>
<b>Cuadro 2.</b> Comparación de valores de diversidad alfa y beta de hormigas en suelo y planta de café en dos temporadas en un cafetal de Cacahoatán, Chiapas.....	<b>8</b>

## 1.- INTRODUCCIÓN

El minador de la hoja del café, *Leucoptera coffeella* Guérin-Ménéville (Lepidoptera: Lyonetiidae), es una plaga que afecta la producción de café principalmente en la región Neotropical (Barrera et al., 2006; Constantino et al., 2011). Las larvas de *L. coffeella* causan destrucción del tejido foliar; y en infestaciones altas, ocasionan defoliaciones que reducen la actividad fotosintética y el subsecuente aporte de nutrientes para la formación de frutos, lo cual afecta la producción de grano (Barrera et al., 2006). En Brasil, cuando no se realizan acciones de manejo la defoliación por esta plaga puede alcanzar hasta 94%, con una pérdida de producción del 80% (Constantino et al., 2011). Esos niveles de daño se relacionan, entre otros factores, a los efectos adversos de insecticidas que disminuyen las poblaciones de enemigos naturales (Fragoso et al., 2002).

La incidencia de enemigos naturales sobre el minador de la hoja del café es un factor que contribuye a su regulación en los cafetales, por lo que no se le considera una plaga relevante en Colombia (David-Rueda et al., 2016) ni en México (Lomeli-Flores et al., 2009; SENASICA, 2017). En la región del Soconusco, Chiapas, se reporta alrededor de 22% de hojas minadas, pero no más (Barrera et al., 2006), lo cual se atribuye a una alta abundancia de depredadores (De la Mora et al., 2008), en combinación con un manejo agronómico con escaso control químico y una diversidad de plantas que dan sombra al cultivo y ofrecen nichos ecológicos favorables para los entomófagos (Barrera y Parra, 2000; Perfecto et al., 2003; Soto-Pinto, 2013).

Los insectos entomófagos asociados a *L. coffeella* incluyen himenópteros de las familias Bethyridae, Braconidae, Vespidae y Formicidae (Lima et al., 2007; Pereira et al., 2007; De la Mora et al., 2008; Fernández et al., 2009; Lomeli-Flores et al., 2009). De los cuales los formícidos presentan el mayor número de especies depredadoras recolectadas en ramas de cafetos mexicanos (Barrera et al., 2006; Lomeli-Flores et al., 2009). La versatilidad en las funciones ecológicas de las hormigas es de importancia económica para la agricultura, ya que estos depredadores pueden regular poblaciones de fitófagos, pero algunas especies de formícidos pueden comportarse como plagas, o interferir en el control natural de parasitoides y depredadores sobre aquéllas (Fernández, 2003; Calabuig et al., 2014; De la Mora et al., 2015).

Aunque las observaciones de algunos autores sugieren interacciones negativas entre hormigas que anidan en suelo y el minador de la hoja del café (De la Mora et al., 2008), lo cual puede disminuir más del 50% de las poblaciones inmaduras de esta plaga por depredación de hormigas y otros entomófagos (Lomeli-Flores et al., 2009), se necesita conocer mejor la mirmecofauna de los cafetales mexicanos. El conocimiento sobre el papel ecológico de las diferentes especies de hormigas presentes en los cafetales es un aspecto que puede integrarse en el esquema de manejo de este cultivo. Por lo cual la presente investigación tuvo como objetivo determinar las especies de hormigas en cafetales de Cacahoatán, Chiapas; además de evaluar su impacto en poblaciones inmaduras de *L. coffeella* mediante la técnica de centinelas y de exclusión.

## **2.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1.- Área de estudio**

El estudio se realizó en la finca cafetalera “La Gloria”, ubicada en el municipio de Cacahoatán, Chiapas, México (lat 15° 00' 07" N, long 92° 09' 24" W, 563 msnm), durante el periodo de enero 2016 a febrero 2017. La superficie del cafetal incluye 35 ha de café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) y 0.5 ha de café árabe (*Coffea arabica* L.). La edad del cafetal es de 20 años, y su manejo es tradicional e incluye sólo dos aplicaciones de herbicidas alternadas con cuatro limpiezas manuales de arvenses por año. El deshierpe y poda se realiza una vez al año en un periodo (febrero a marzo) posterior a la cosecha. Este cafetal crece en conjunto con otras especies de plantas, que le ofrecen sombra y sirven de ornato. El clima predominante es cálido húmedo con una precipitación promedio anual de 4,416.2 mm y una temperatura promedio anual de 25.9 °C (CICESE, 2017).

### **2.2.- Experimento 1: Diversidad y riqueza de hormigas**

El trabajo se desarrolló en dos periodos del año 2016, temporada sin lluvias (enero-febrero) denominado así por meses de menor precipitación, y temporada de lluvias (julio-agosto). En la primera temporada se realizaron 6 muestreos, cada uno con una frecuencia semanal. En cada muestreo se seleccionó al azar una hilera de plantas, en la cual se colocaron trampas de caída modificadas. Éstas consistieron en tubos de ensayo de plástico (15 mL) cebados con atún y provistos de 5 mL de etanol 50% (en el fondo) para

preservar a las hormigas. En la hilera seleccionada del cafetal se consideraron 2 estratos de estudio: planta de café (tallo central) y suelo (área de goteo de esa misma planta), en cada estrato se colocó un total de 10 trampas, distribuidas equitativamente en la hilera. Las trampas se sujetaron a la planta con una liga mientras que en el suelo se enterraron 10 cm, todas las trampas permanecieron durante 48 h. Posteriormente, se retiraron y una semana después se colocaron en otra hilera. Esta metodología se repitió en el siguiente periodo de muestreo (temporada de lluvias), manteniendo las mismas hileras con el fin de obtener datos pareados. El material recolectado se envió al laboratorio de Control Biológico (Colegio de Posgraduados, Texcoco, México) para su determinación y cuantificación mediante la revisión de claves taxonómicas y la comparación con ejemplares de referencia. Una vez determinadas, se categorizaron los hábitos alimentarios de todas las especies de acuerdo a revisión de literatura (Bolton, 1987; Fernández, 2003; Fisher y Cover, 2007; Rico-Gray y Oliveira, 2007; Longino, 2017).

### **2.3.- Experimento 2: Depredación de *L. coffeella* en planta y suelo**

La investigación inició con el establecimiento de una cría del minador, mediante la metodología propuesta por Reis et al. (2000). Dicho trabajo se realizó en condiciones de laboratorio ( $28\pm 30^{\circ}\text{C}$ , humedad 70-80%, fotoperiodo de 12 h luz por 12 h de oscuridad) en las instalaciones del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), unidad Tapachula, Chiapas. En la huerta experimental se recolectaron semanalmente hojas con minas y pupas, las cuales se colocaron en cámaras de emergencia para obtener adultos del minador de la hoja y transferirlos a cámaras de oviposición. En dichas cámaras se acondicionó hule espuma sumergido en un recipiente con solución preparada de 0.12 mL de Biozyme<sup>®</sup> (TF Arysta LifeScience) por litro de agua. Este sistema permitió mantener hojas de café durante 25 días. Las hojas de estas cámaras se expusieron durante 48 h a adultos del minador para obtener huevos, transcurrido este tiempo, las hojas se retiraron y colocaron sobre rectángulos de hule espuma humedecidos con la solución preparada de Biozyme \*TF y agua corriente (50:50) y se rociaron diariamente con agua corriente mediante un atomizador. Las larvas maduras obtenidas se transfirieron a recipientes de 60 x 30 x 20 cm para esperar la pupación y posterior emergencia de nuevos adultos, esto se repitió para obtener cohortes de edad específica en los estados inmaduros de *L. coffeella*.

La depredación del minador se evaluó mediante centinelas, hojas de café obtenidas de la cría con los estados inmaduros necesarios para los ensayos: 20 huevos (72-96 h), 10 larvas (3-4 días) y cinco pupas (3-4 días de edad). Las hojas centinelas se colocaron por la mañana (9:00 a 10:00 h) y se distribuyeron al azar en 10 plantas de café de una misma línea, engrapándolas a hojas de la planta. La misma cantidad de hojas e individuos por estado de desarrollo se dejaron en el suelo adyacente a la planta “con hojas engrapadas”, simulando material retirado por la acción de poda. Todas las hojas centinelas se retiraron 72 h después, y se registró el número de individuos sobrevivientes de cada estado de desarrollo en planta y suelo. Dicho experimento se replicó tres veces en dos periodos: agosto a octubre de 2016 (temporada de lluvias) y diciembre 2016 a enero de 2017 (temporadas sin lluvia/ o de menor precipitación).

#### **2.4.- Experimento 3: Depredación con exclusión de hormigas**

El experimento de exclusión se realizó en los mismos periodos del experimento 2 pero en otra sección del cafetal. En este experimento se seleccionaron cinco pares de plantas similares en tamaño; en una planta de cada pareja se eliminaron las hormigas mediante la destrucción de nidos presentes en esas plantas, retiro de maleza y ramas secas, también se podaron ramas de plantas adyacentes que pudieran tener contacto con la planta experimental y sirvieran de puente para el ingreso de las hormigas. Además, se aplicó sobre estas plantas experimentales un piretroide comercial compuesto por imiprotrina 0.1-0.3% y cipermetrina 0.1-0.3% (Baygon® SC Johnson) y se colocó pegamento agrícola (Sehu-Tak SEHUSA®) en la base del tallo (20 cm de ancho) para evitar la recolonización por hormigas. Los centinelas se establecieron al menos tres días después de este tratamiento, asegurando mediante inspección visual que no se presentaran hormigas en las plantas de exclusión.

El número de centinelas fue el mismo que para el experimento anterior, engrapando las hojas al azar en cada planta y permaneciendo 72 h en campo. Al final de cada experimento se contabilizaron los organismos depredados.

#### **2.5.- Análisis estadístico**

La eficiencia del muestreo se evaluó con base en las curvas de acumulación de especies estimadas con Chao 2, basado en la incidencia (presencia/ausencia) debido a la condición social de las hormigas (Longino et al., 2002). También se estimó el índice de

diversidad de Shannon-Wiener para cada condición, y se aplicó la prueba *t* de Hutcheson (Magurran, 1987) para comparar la diversidad de hormigas entre cafetos y suelo de cada temporada. Además, se estimó el coeficiente de similitud de Jaccard entre estratos. Estos análisis se realizaron mediante el programa EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013).

Para los experimentos de depredación se realizó un análisis de varianza exploratorio, en éste se determinó que no existieron diferencias en la depredación entre fechas de la misma temporada ( $P > 0.05$ ). Por esta razón, los análisis subsecuentes se realizaron de forma independiente para cada temporada, comparando la proporción de depredación entre cada estrato (suelo-planta) y estado de desarrollo (huevo, larva, pupa). Para el experimento de exclusión, los datos de depredación en cada estado de desarrollo se compararon con un análisis de varianza y cuando se detectaron diferencias se hizo la separación de medias mediante la prueba de LSD ( $\alpha = 0.05$ ) Estos análisis se realizaron con el programa estadístico Statistix 8.1 (Analytical Software Tallahassee, Florida).

### **3.- RESULTADOS**

#### **3.1.- Recolección de hormigas**

Se recolectaron 22,547 individuos, los cuales pertenecen a 50 especies, 17 géneros y 6 subfamilias (Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae, Ectatomminae, Ponerinae y Pseudomyrmecinae). Las subfamilias más abundantes fueron Myrmecinae y Dolichoderinae, representadas por cuatro géneros que integraron el 96% de la abundancia total: *Solenopsis* (65.5%), *Pheidole* (19.45%), *Dolichoderus* (6.86%) y *Azteca* (3.7%). Del total de hormigas el 72% de las especies recolectadas tienen hábitos depredadores (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Registro de especies de hormigas y su abundancia en suelo y planta de café en dos temporadas en un cafetal de Cacaohatán, Chiapas.

Especie	Abundancia			
	Temporada de lluvias		Temporada sin lluvias	
	Plantas	Suelo	Plantas	Suelo
<i>Azteca alfari</i> *	0	4	94	0
<i>Azteca instabilis</i> *	57	44	28	328
<i>Azteca nigra</i> *	1	0	174	0
<i>Azteca nigricans</i> *	0	0	91	0
<i>Azteca velox</i> *	1	0	9	0
<i>Brachymyrmex obscurior</i>	1	0	5	0
<i>Brachymyrmex</i> sp1	0	0	2	2
<i>Camponotus</i> sp1	0	0	16	1
<i>Camponotus</i> sp2	9	10	3	10
<i>Camponotus</i> sp3	0	0	1	3
<i>Camponotus</i> sp4	0	6	0	0
<i>Camponotus</i> sp5	1	1	0	4
<i>Cephalotes minutus</i>	0	1	0	1
<i>Cephalotes umbraculatus</i>	0	0	1	5
<i>Crematogaster</i> sp1*	7	0	2	16
<i>Crematogaster</i> sp2*	0	0	0	1
<i>Crematogaster</i> sp3*	1	0	0	0
<i>Dolichoderus bispinosus</i>	0	0	5	0
<i>Dolichoderus debilis</i>	179	166	87	1111
<i>Ectatomma ruidum</i> *	0	0	0	73
<i>Gnamptogenys striatula</i> *	1	73	4	244
<i>Gnamptogenys sulcata</i> *	0	0	3	1
<i>Monomorium</i> sp1*	0	0	7	68
<i>Monomorium</i> sp2*	5	0	4	3
<i>Neoponera apicalis</i> *	0	0	0	2
<i>Neoponera villosa</i> *	0	0	2	0
<i>Nylanderia guatemalensis</i>	2	11	1	11
<i>Nylanderia steinheili</i>	2	5	0	8
<i>Nylanderia</i> sp3	6	0	0	15
<i>Odontomachus laticeps</i> *	0	2	1	14
<i>Odontomachus meinerti</i> *	0	0	0	4
<i>Odontomachus ruginodis</i> *	0	2	0	0
<i>Odontomachus yucatecus</i> *	0	1	0	10
<i>Odontomachus</i> sp1*	0	0	0	1
<i>Pachycondyla harpax</i> *	12	60	2	200
<i>Pseudomyrmex boopis</i> *	0	1	1	3
<i>Pseudomyrmex elongatus</i> *	1	0	2	0
<i>Pheidole</i> sp1*	57	338	7	3399

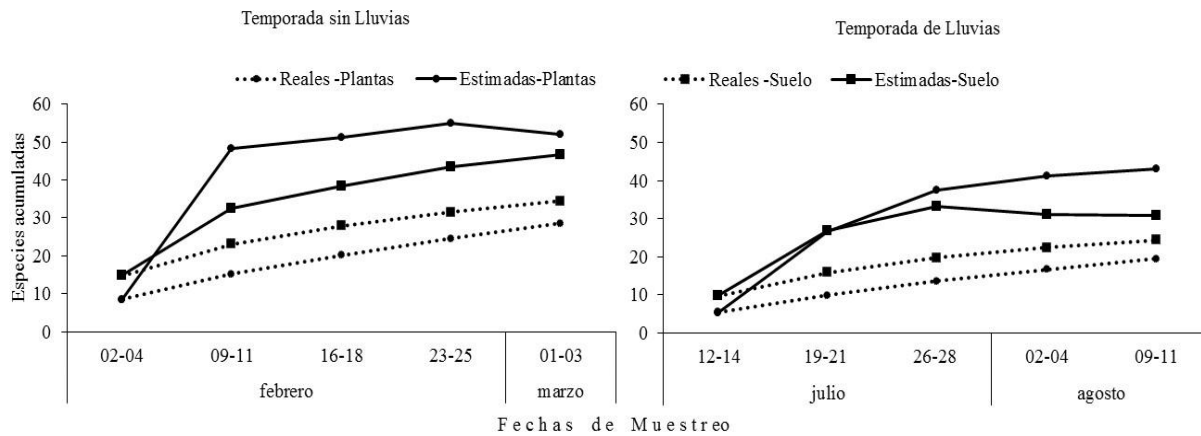


Especie	Abundancia			
	Temporada de lluvias		Temporada sin lluvias	
	Plantas	Suelo	Plantas	Suelo
<i>Pheidole</i> sp2*	2	60	5	3
<i>Pheidole</i> sp3*	12	153	0	146
<i>Pheidole</i> sp4*	0	0	26	26
<i>Pheidole</i> sp5*	0	28	4	4
<i>Pheidole</i> sp6*	0	43	0	57
<i>Solenopsis</i> sp1*	433	45	1130	2365
<i>Solenopsis</i> sp2*	1	1264	146	1160
<i>Solenopsis</i> sp3*	0	4	34	151
<i>Solenopsis geminata</i> *	892	2399	146	4374
<i>Solenopsis</i> sp5*	0	0	0	2
<i>Solenopsis</i> sp6*	0	220	0	0
<i>Wasmannia auropunctata</i> *	0	54	0	0

\*Hábito depredador

En la temporada sin lluvia se registraron 45 especies (32 en plantas y 37 en suelo), mientras que en lluvias se registraron 34 especies, de las cuales 22 especies se recolectaron en plantas y 26 en suelo. De acuerdo con la curva de acumulación, estimada mediante Chao 2, en el estrato de suelo se obtuvo una riqueza más cercana a la estimación en periodo sin lluvia (73%) y lluvias (86%); en contraste, en el estrato de planta se obtuvieron menos especies en ambos periodos, sin lluvia (60%) y lluvia (48%) (Fig. 1).

Los diversidad de hormigas en suelo, de acuerdo a la comparación de Hutcheson, fue mayor respecto a las recolectadas en planta en ambas temporadas, sin lluvia ( $t = 2.08$ ,  $p = 0.05$ ) y lluvia ( $t = 6.71$ ,  $p = 0.05$ ). La riqueza de hormigas presentó una similitud intermedia entre estratos, registrándose en lluvia 14 especies compartidas (41%) y 24 especies (53.3%) en época sin lluvia (Cuadro 2).



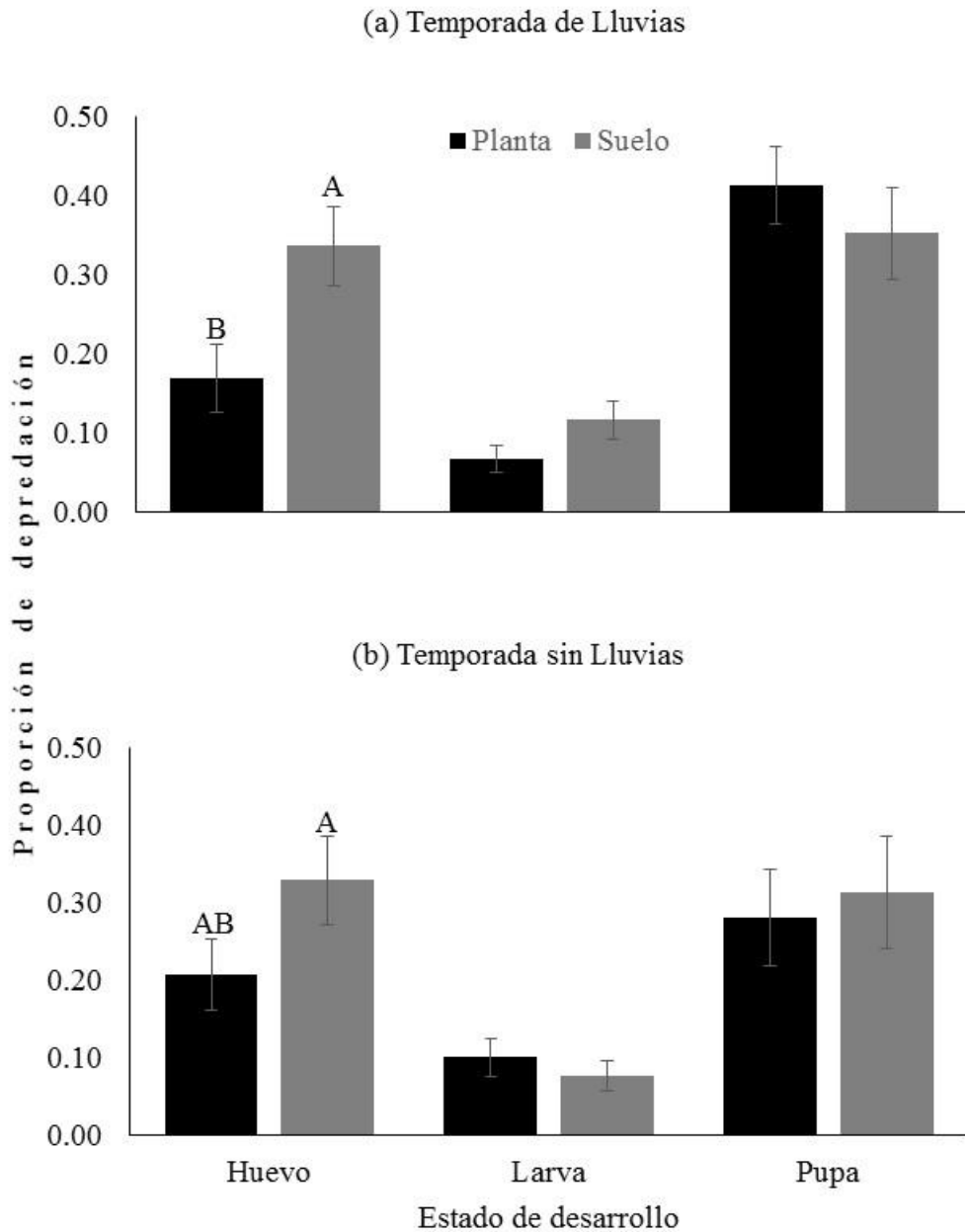
**Figura 1.** Curva de acumulación de la riqueza de especies de hormigas, por estrato y temporada, en un cafetal en Cacahotán, Chiapas (estimación con Chao 2).

**Cuadro 2.** Comparación de valores de diversidad alfa y beta de hormigas en suelo y planta de café, en dos temporadas, en un cafetal de Cacahoatán, Chiapas.

Temporada	Nivel	Riqueza específica	Índice de Shannon-Wiener	de Prueba de Hutchenson	de Coeficiente de Similitud Jaccard	de
Lluvia	Planta	22	1.37	$t = 6.71$	0.412	
	Suelo	26	1.68			
Sin Lluvias	Planta	32	1.76	$t = 2.08$	0.533	
	Suelo	37	1.9			

### 3.2.- Depredación de *L. coffeella* en -planta y suelo

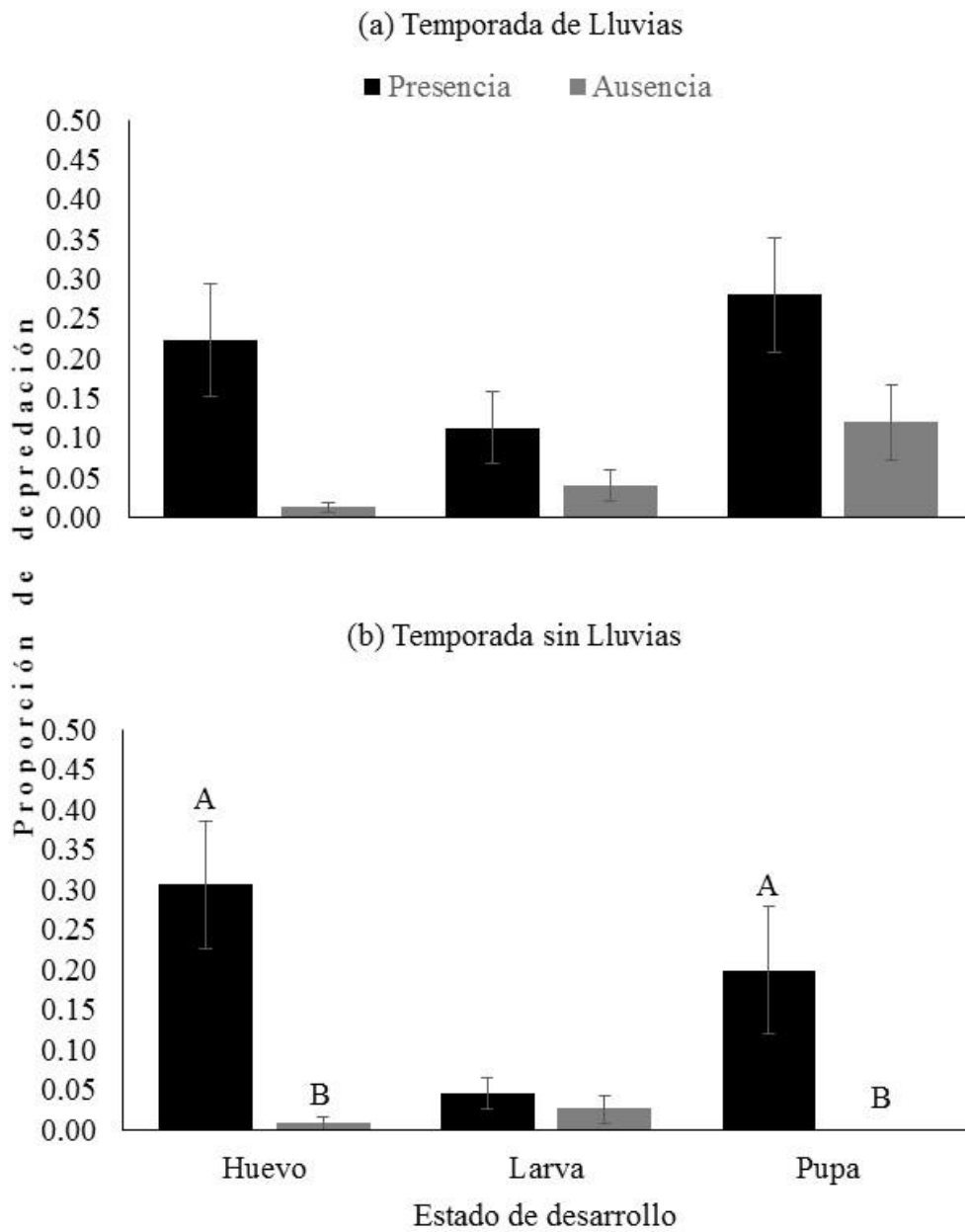
En general, la proporción de individuos depredados del minador osciló entre 17.42% - 18.66% en plantas y 25.42% - 27.6% en suelo entre temporadas. No se encontró diferencia significativa en la depredación de larvas ( $F_{3,116} = 1.15$ ;  $p = 0.3307$ ) y pupas ( $F_{3,116} = 0.88$ ;  $p = 0.4546$ ) en ninguna condición. En huevos se detectó diferencia de depredación en los estratos ( $F_{3,116} = 3$ ;  $p = 0.0336$ ), pero no en temporadas (Fig. 2).



**Figura 2.** Comparación de depredación del minador de la hoja del café en dos estratos (planta y suelo) para cada estado de desarrollo, en dos temporadas, Cacahotán, Chiapas.

### 3.3.- Depredación con exclusión de hormigas

La proporción de individuos depredados del minador osciló entre 20 - 21.71% en presencia de hormigas y 3.61% - 3.99% en ausencia de éstas. Se registró una diferencia de huevos ( $F_{3, 56} = 7.85$ ;  $p = 0.0002$ ) y pupas ( $F_{3,56} = 5.35$ ;  $p = 0.0107$ ) en la depredación entre tratamientos, pero no así en larvas ( $F_{3,56} = 2.03$ ;  $p = 0.1205$ ) (Fig. 3).



**Figura 3.** Comparación de depredación del minador de la hoja del café en cada estado de desarrollo, en dos temporadas en Cacahotán, Chiapas.

#### 4.- DISCUSIÓN

Los estudios de la mirmecofauna de cafetales, que se han desarrollado durante las últimas dos décadas, se han dirigido principalmente a conocer la diversidad de hormigas como indicadores del agroecosistema. En México, el cafeto *C. arabica* recibía mayor atención por su calidad, por su preferencia en el mercado y por el valor económico; no obstante, la incidencia de enfermedades sobre esa especie han motivado el cambio a *C. robusta*. Hasta el momento, y hasta donde conocemos, la presente investigación es la primera en registrar la mirmecofauna en *C. robusta* en México.

La dominancia de las subfamilias Myrmicinae y Dolichoderinae, registradas en este estudio, es semejante a otros trabajos realizados en cafetales en México y Centro América. En ellos sobresalen los géneros *Solenopsis* y *Pheidole* como los más abundantes en suelo y planta, respectivamente (Perfecto y Snelling, 1995; Perfecto y Vandermeer, 2001; Rivera y Armbrrecht, 2005; Philpott et al., 2006; Moreno et al., 2009). Estos géneros son de hábitos generalistas, y con frecuencia son atraídos a trampas cebadas con atún, en las cuales se exhibe una amplia capacidad de reclutamiento (Carroll y Janzen, 1973; Philpott et al., 2006), lo cual explica la alta incidencia y abundancia en las trampas colocadas en planta y suelo. Estas características pudieran influir en la exclusión de otras hormigas con hábitos diferentes (Perfecto, 1994). Es posible que el uso de un solo tipo de método de captura (y cebo) haya influido en el número de especies recolectadas (Majer y Delabie, 1994), como lo sugiere la estimación de Chao 2, aunque debe considerarse que el objetivo principal fue obtener hormigas con hábitos depredadores que anidan o forrajean en el cafetal.

Las hormigas son organismos dominantes que pueden establecer una compleja red de interacciones en los ecosistemas y agroecosistemas agrícolas (Perfecto y Castiñeiras, 1998; Philpott et al., 2008). En algunos de estos casos, su papel no es del todo claro, ya que existen interacciones entre hormigas y otros insectos entomófagos que pueden resultar benéficas al cultivo, pero también llegan a sostener una relación estrecha con insectos plaga, protegiéndolos de sus enemigos naturales (Mera et al., 2010).

La mirmecofauna en los cafetales se ha considerado benéfica debido a los procesos ecológicos en los que participa, como cambios físico-químicos del suelo, dispersión de semillas, y depredación de invertebrados (Rojas, 2001). Este último proceso

se considera importante en este sistema agrícola, al participar en la regulación de las poblaciones de plagas, como la broca del café (*Hypothenemus hampei*) y el minador de la hoja del café (*L. coffeella*) (Vélez-Hoyos et al., 2006; Morris et al., 2015). Respecto al minador de la hoja, el experimento con centinelas mostró una proporción de depredación similar en plantas y suelo, independientemente de la temporada, aunque la riqueza de hormigas haya sido diferente, se sabe que la riqueza de hormigas no influye en los niveles de daño del minador (De la Mora et al., 2008). La semejanza de estos valores pudiera deberse a que ambos estratos comparten más de la mitad de las especies de hormigas, debido a sus hábitos de forrajeo, algunas especies se desplazan de un estrato a otro (Sinisterra et al., 2016) y varias de ellas son de hábitos depredadores. Algunos trabajos anteriores solo consideraron la evaluación de centinelas en planta (Lomeli-Flores et al., 2009), pero la inclusión de centinelas en suelo en este trabajo ofreció posibilidades para detectar la depredación en ese estrato. Estimar la depredación en ambos estratos proporcionó información que está más cerca de lo que ocurre en las condiciones de manejo de las plantaciones de café en Chiapas. En la mayoría de los cafetales donde se realiza una poda de follaje no se retiran los restos vegetales, y éste material incluye hojas infestadas de minador. Con este trabajo se demuestra que el minador de la hoja del café también es atacado por hormigas y otros depredadores edáficos y pueden tener un papel relevante en la regulación de la población.

El registro de depredación obtenido durante el periodo de lluvias en este trabajo no difirió del periodo sin lluvias, a diferencia de lo obtenido en otros estudios con respecto a la mortalidad del minador (Nestel et al., 1994; Pereira et al., 2007; Lomeli-Flores et al., 2010), donde indican que hay una mayor mortalidad en la temporada de lluvias. Es probable que esa mortalidad pudiera estar relacionada, principalmente, por el impacto de la lluvia sobre los huevos. Lomeli-Flores et al. (2010) reportaron que para la temporada sin lluvia la depredación en plantas, detectada mediante centinelas, fue menor del 10% y más de un 25% en temporada de lluvias. En nuestro estudio se registró un 18.6% y 17.42%, respectivamente. Estas diferencias en la depredación podrían deberse a cambios en la dinámica poblacional del minador, debido a adaptaciones por cambios en la temperatura (Ghini et al., 2008) y preferencia de hospedero, pues nuestro estudio se realizó sobre *C.*

*canephora* mientras los estudios anteriores se realizaron sobre *C. arabica*; este último es considerado el hospedero preferido del minador de la hoja del café (Matos et al., 2011).

La abundancia de hormigas fue mayor en temporada sin lluvia, resultados que contrastan con lo indicado por otros autores que dicen que en periodos de lluvia, la riqueza de hormigas aumenta debido a la producción de semillas de las cuales se alimentan (Morton y Davidson, 1988). Dentro del cafetal donde se desarrolló este trabajo existía la presencia de un cuerpo de agua que en temporada de lluvias formó corrientes de agua dentro del cultivo, dejando unas partes inundadas. Es probable que esa condición haya causado la disminución del forrajeo de las hormigas, ya que las gotas de lluvia daban al suelo una consistencia pegajosa e inmanejable para las hormigas, además de que probablemente borraron los rastros químicos para el resto de sus compañeras (Kaspari, 2003).

Los estados inmaduros más depredados fueron huevos y pupas, como los resultados obtenidos por Lomeli-Flores et al. (2009) en la misma zona de estudio. Las larvas son el estado de desarrollo que menos depredación presentó; sin embargo, se conoce que las larvas del minador son atacadas principalmente por parasitoides (Mendoza, 1995; Lima et al., 2007; Pereira et al., 2007; Lomeli-Flores et al., 2009) y estos no se detectaron en este trabajo.

Las evaluaciones en el experimento de exclusión mostraron que las hormigas influyen negativamente en las poblaciones del minador, ya sea de manera directa, depredando a los estados inmaduros, o bien, su presencia puede ser un indicador atractivo para otros entomófagos (Mera et al., 2010). Estos datos concuerdan con lo sugerido por Lomeli-Flores et al. (2009), que consideraron a la depredación por hormigas un factor clave en la regulación de la plaga en la misma región. Esos autores reconocieron a los géneros: *Azteca*, *Camponotus*, *Cephalotes*, *Crematogaster*, *Nesomyrmex*, *Monomorium*, *Pseudomyrmex* y *Solenopsis*; todos ellos registrados en nuestro estudio, a excepción de *Nesomyrmex*. De la Mora et al. (2008), estudiando cafetales de la misma región de nuestro estudio, observaron una relación positiva entre plantas con hormigas, anidando sobre ellas, y una baja incidencia del minador sobre éstas. En cuanto a la depredación entre temporadas, tampoco se registró una diferencia, y los estados inmaduros más depredados también siguen el mismo patrón del experimento anterior. Las larvas no reflejan una diferencia entre experimentos, debido a su casi nula depredación, como se mencionó anteriormente.

Resaltando el papel de los géneros más abundantes: *Solenopsis*, *Pheidole*, *Azteca*, y *Dolichoderus*, los dos primeros han sido registrados también como los más abundantes en cafetales de sombra de Colombia, Costa Rica, Cuba, Brasil y México (Perfecto y Snelling, 1995; Perfecto y Vandermeer, 2001; Dias et al., 2008; Moreno et al., 2009; Mera et al., 2010). Estos géneros subsisten casi enteramente como carroñeros (Carroll y Janzen, 1973), pero se han considerado depredadores potencialmente benéficos en los trópicos y por lo tanto, posibles agentes de control biológico. Esta consideración se debe a su actividad de forrajeo lejos de su nido, y que aquellas que habitan en el suelo forrajean también en árboles (o viceversa) en búsqueda de recursos, principalmente fuentes de proteína y por tanto importantes en los procesos de depredación (Philpott et al., 2006; Rico-Gray y Oliveira, 2007).

Es conocido que especies del género *Azteca* habitan y forrajean en plantas, tal como se demostró en este estudio, a excepción de *A. instabilis* con una frecuencia similar en ambos estratos, pero más abundante en suelo, estas hormigas tienen una relación estrecha con plantas del género *Cecropia* (Longino, 1991), mientras la planta le proporciona refugio y recursos alimenticios, la hormiga muestra una conducta agresiva a manera de protección contra organismos que se acercan a la planta, protegiéndola contra otros fitófagos (Carroll y Janzen, 1973). De la Mora et al. (2008) observaron que las plantas con más nidos de hormigas, incluido éste género, presentaban niveles bajos de incidencia del minador.

Otro género de los más comunes dentro de la subfamilia Dolichoderinae fue *Dolichoderus* que junto con *Azteca*, fue uno de los más conspicuos y considerado como depredadores benéficos en los ecosistemas tropicales (Hölldober y Wilson, 1990; Way y Khoo, 1992). Generalmente son hormigas arborícolas y dominantes (Hölldober y Wilson, 1990), aunque *D. debilis*, que fue la especie abundante para este género, se registró en ambos estratos. No existe una claridad del rol que juega esta especie en los cafetales, ni en los ecosistemas en general. Se sabe que habita principalmente sobre ramas, troncos y postes de cercas (MacKay, 1993), y quizá por eso la razón de encontrarla también en suelo, ya que el piso del cafetal presenta ramas y troncos de los mismos cafetos, o de árboles que proporcionan sombra a las plantas de café.



## 5.- CONCLUSIONES

La composición de hormigas del cafetal equivalió al 13% de las hormigas registradas para el estado de Chiapas. Los porcentajes de depredación por hormigas sobre el minador de la hoja del café (*L. coffella*) demuestran que tienen una influencia positiva en la regulación de la población del minador, sobre todo huevos y pupasen el estrato arbóreo o suelo, y que la lluvia no interfirió en este proceso. Estas relaciones ecológicas son resultado de la capacidad que tiene el cafetal para albergar esta diversidad de hormigas y fitófagos, influenciado principalmente por las prácticas de manejo que se realizan en él. Por esta razón, es importante que estas condiciones se mantengan, para evitar la pérdida de enemigos naturales y demás factores (bióticos y abióticos) que están en conjunto regulando a *L. coffeella* y otros fitófagos que podrían convertirse en plagas importantes.

## 6.- LITERATURA CITADA

- Barrera, J. F. y Parra, M. (2000). El café en Chiapas y la investigación en Ecosur. *Ecofronteras*, 4, 3-6.
- Barrera, J. F., Lomeli F., J. R., Bernal, J. S., Herrera, J. y Malo, E. (2006). El minador de la hoja del café. Una plaga explosiva regulada por enemigos naturales. *Proyecto Manejo Integrado de Plagas. El Colegio de la Frontera sur. Folleto técnico número 12*. Tapachula, Chiapas.
- Bolton, B. (1987). A review of the *Solenopsis* genus-group and revision of Afrotropical *Monomorium* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History). Entomology*, 54, 263-452.
- Calabuig, A., Garcia-Marí, F. y Pekas, A. (2014). Ants affect the infestation levels but not the parasitism of honeydew and non-honeydew producing pests in citrus. *Bulletin of Entomological Research*, 104, 405–417.
- Carroll, C. R. y Janzen, D. H. (1973). Ecology of foraging by ants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 231-257.
- CICESE. (2017). Datos climáticos diarios del CLICOM del Sistema Meteorológico Nacional. Recuperado el 20 junio, 2017 de: <http://clicom-mex.cicese.mx>
- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Recuperado el 15 de mayo de 2017 de: [purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates)

- Constantino, L. M., Flórez, J. C., Benavides, P. y Bacca, T. (2011). Minador de las hojas del cafeto: Una plaga potencial por efectos del cambio climático. *Ciencia, tecnología e innovación para la cafecultura colombiana. Avances Técnicos N° 409*. Chinchiná, Colombia.
- David-Rueda, G., Constantino, L. M., Montoya, E. C., Ortega, O. E., Gil, S. N., y Benavides, M. P. (2016). Diagnóstico de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus parasitoides en el departamento de Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 42, 4-11.
- De la Mora, A., Livingston, G. y Philpott, S. M. (2008). Arboreal ant abundance and leaf miner damage in coffee agroecosystems in Mexico. *Biotropica*, 40, 742-746.
- De la Mora, A., García-Ballinas, J. A. y Philpott, S. M. (2015). Local, landscape, and diversity drivers of predation services provided by ants in a coffee landscape in Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 201, 83–91.
- Dias, N., Zanetti, R., Santos, M. Louzada, J. y Delabie, J. (2008). Interação de fragmentos florestais com agroecossistemas adjacentes de café e pastagem: respostas das comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae). *Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre*, 98,136-142.
- Fernández, F. L., Mantovani, E. C., Bonfim, H. N. y Nunes, V. (2009). Efeitos de variáveis ambientais, irrigação e vespas predadoras sobre *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) no Cafeeiro. *Neotropical Entomology*, 38, 410-417.
- Fernández, F. (Ed.). (2003). *Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical*. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Fisher, B. L. y Cover, S. P. (2007). *Ants of North America: A guide to the genera*. London, England. University of California Press. California.
- Fragoso, D. B., Guedes, R. N. C., Picanço, M. C. y Zambolim, L. (2002). Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 92, 203-212.
- Ghini, R., Harnada, E., Pedro, J., M. J., Marengo, J. A., y Ribeiro do Valle, G., R. (2008). Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasil*, 43, 187-194.
- Hölldobler, B. y Wilson, E.O. (1990). *The Ants*. Harvard University Press, Cambridge.

- Kaspari, M. (2003). Introducción a la ecología de las hormigas. En F. Fernández (Ed.), *Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical* (pp. 97-112). Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Lima, M. T., Castellani, M. A., Do Nascimento, M. de L., Menezes, J. A. de O., Pinto, F. G. y Lacerda, O. L. (2007). Comunidades de parasitoides de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) em cafeeiros nas regiões oeste e sudoeste da Bahia. *Ciência e Agrotecnologia*, 31, 966-972.
- Lomeli-Flores, J. R., Barrera, J. F. y Bernal, J. S. (2010). Impacts of weather, shade cover and elevation on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics and natural enemies. *Crop Protection*, 29, 1039-1048.
- Lomeli-Flores, J. R., Barrera, J. F. y Bernal, J. S. (2009). Impact of natural enemies on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics in Chiapas, Mexico. *Biological Control*, 51, 51-60.
- Longino, J. T. (1991). *Azteca* ants in *Cecropia* trees: taxonomy, colony structure, and behavior. En C. R. Huxley y D. F. Cutler (Eds.), *Ant-Plant Interactions* (pp. 271-288). Oxford University Press, Oxford.
- Longino, J. (2017). AntWeb. California Academy of Sciences. Recuperado el 01 junio, 2017 de: <https://www.antweb.org/description.do?name=pheidole&rank=genus>.
- Longino J. T., Coddington J. y Colwell R. K. (2002). The ant fauna of a tropical rain forest: Estimating species richness three different ways. *Ecology*, 83, 689-702.
- MacKay, W. P. (1993). A review of the New World ants of the genus *Dolichoderus* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 22, 1-148.
- Magurran, A. E. (1987). *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedra. Barcelona.
- Majer, J. D. y Delabie, J. H. C. (1994). Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in Brazilian Amazon. *Insects Sociaux*, 41, 343-359.
- Matos, J. W., Guerreiro-Filho, O., Goncalves, W. Alves, R., D. y Dos Reis, F., B. J. (2011). Antixenosis resistance to leaf miner *Leucoptera coffeella* in *Coffea* species. *Euphytica*, 181, 253-260.
- Mendoza, M., J. (1995). El minador de la hoja del café *Perileucoptera coffeella* y su control. INIAP. *Boletín Divulgativo No. 247*. Ecuador.
- Mera, V., Y. A., Gallego, R., M. C. y Armbrrecht, I. (2010). Interacciones entre hormigas e insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca-Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 36, 116-126.

- Moreno, L. L., Matienzo, B., Y., Simoneti, A., J., Moreno R., D. y Álvarez, N., A. (2009). Diversidad de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en cafetales afectados por *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Fitosanidad* 3, 163-168.
- Morris, J. R., Vandermeer, J. y Perfecto, I. (2015). A keystone ant species provides robust biological control of the coffee berry borer under varying pest densities. *PLoS ONE*, 10, 1-15.
- Morton, S. R. y Davidson D. W. (1988). Comparative structure of harvester ants communities in arid Australia and North America. *Ecological Monographs*, 58, 19-38.
- Nestel, D., Dickschen, F. y Altieri, M. A. (1994). Seasonal and spatial population loads of a tropical insect: The case of the coffee leaf-miner in Mexico. *Ecological Entomology*, 19, 159-167.
- Pereira, E. J. G., Picanço, M. C., Bacci, L., Crespo, A. L. B. y Guedes, R. N. C. (2007). Seasonal mortality factors of the coffee leafminer, *Leucoptera coffeella*. *Bulletin of Entomological Research*, 97, 421-432.
- Perfecto, I. (1994). Foraging behavior as a determinant of asymmetric competitive interaction between two ant species in a tropical agroecosystem. *Oecologia*. 98, 184–192.
- Perfecto, I. y Snelling R. (1995). Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. *Ecological Applications*, 5, 1084-1097.
- Perfecto I, y Castiñeiras A. (1998). Deployment of the predaceous ants and their conservation in agroecosystems. En P. Barbosa (Ed.), *Conservation Biological Control* (pp. 269–289). Academic Press. San Diego CA, USA.
- Perfecto, I. y Vandermeer, J. (2001). Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: Ants in coffee plantations in southern, Mexico. *Conservation Biology*, 16, 174–182.
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T. y Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1239-1252.
- Philpott, S. M., Perfecto, I. y Vandermeer, J. (2006). Effects of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. *Biodiversity and Conservation*, 15, 139–155.
- Philpott, S. M., Perfecto, I. y Vandermeer J. (2008). Effects of predatory ants on lower trophic levels across a gradient of coffee management complexity. *Journal of Animal Ecology*, 77, 505-511.

- Reis Jr., R., Lima, E. R., Vilela, E. F. y Barros, R. S. (2000). Method for maintenance of coffee leaves *in vitro* for mass rearing of *Leucoptera coffeellum* (Guérin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29, 849-854.
- Rico-Gray, V. y Oliveira, P. S. (2007). *The ecology and evolution of ant plant interactions*. USA. University of Chicago Press.
- Ríos-Casanova, L. (2014). Biodiversidad de hormigas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 392-398.
- Rivera, L. y Armbrrecht, I. (2005). Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología*, 31, 89-96.
- Rojas, F., P. (2001). Las hormigas del suelo en México: Diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 189-238.
- SENASICA. (2017). Programa de Vigilancia Epidemiológico Fitosanitario del Cafeto. Alertas de ciclo/Chiapas/Plagas de importancia económica. Recuperado el 23 junio, 2017 de: <http://royacafe.lanref.org.mx/index.php>
- Sinisterra, R. M., Gallego-Ropero, M. C., y Armbrrecht, I. (2016). Hormigas asociadas a nectarios extraflorales de árboles de dos especies de Inga en cafetales de Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*, 65, 9-15.
- Soto-Pinto, L. (2013). El café y la biodiversidad asociada. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), *La Biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado* (pp. 198-200). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) /Gobierno del Estado de Chiapas. México
- Vélez-Hoyos, M., Bustillo-Pardey, A. E. y Posada-Flórez, F. J. (2006). Depredación de *Hypothenemus hampei* por hormigas, durante el secado solar del café. *Cenicafé*, 57, 198-207.
- Way, M. J. y Khoo, K. C. (1992). Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology*, 37, 479-50.