



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ÚRSULO GALVÁN

DIVERSIDAD DE HORMIGAS
FORRAJERAS (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) COMO INDICADOR DE
IMPACTO AMBIENTAL EN LICHI Y
CÍTRICO

TESIS

Que para obtener el título de:
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

Presenta:

MARÍA FERNANDA ABURTO PÉREZ

No. Control SEP: 14882210

Úrsulo Galván, Ver., abril de 2019.



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

Úrsulo Galván, Ver., 19/MARZO/2019

No. DE OFICIO: DEP /208/2019

Asunto: Autorización de Impresión

C. MARÍA FERNANDA ABURTO PÉREZ
PRESENTE

Por este conducto me dirijo a usted para comunicarle que su trabajo titulado: **DIVERSIDAD DE HORMIGAS FORRAJERAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) COMO INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL EN LICHY Y CÍTRICO.** Como opción de titulación integral mediante: **Tesis Profesional** después de haber sido revisado por su Asesor y los integrantes de la Comisión de Revisión y usted haber cumplido con todas las correcciones y los requisitos indispensables, ha sido autorizada su impresión; **por lo que deberá entregar a este Departamento 01 Ejemplar encuadrado con pasta dura de color Negro y 05 CD'S.**, debiendo presentarse en formato digital atendiendo a las instrucciones para tal efecto.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
"Nuestra Educación es Progreso"

M.A. CAROLINA SAC-NICTE MÉNDEZ GONZÁLEZ
JEFA DEL DEPTO. DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES


SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
Instituto Tecnológico
de Úrsulo Galván
DIVISIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES

C.p. Archivo
CSMG/jhb





SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

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

Úrsulo Galván, Ver, 12/Marzo/2019

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación integral.

M.A. CAROLINA SAC-NICTE MÉNDEZ GONZÁLEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral

a) Nombre del Egresado	MARÍA FERNANDA ABURTO PÉREZ
b) Carrera:	LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
c) No. de Control	14882210
d) Nombre del proyecto	DIVERSIDAD DE HORMIGAS FORRAJERAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) COMO INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL EN LICHY Y CÍTRICO
e) Producto	TESIS

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

ATENTAMENTE
"Nuestro esfuerzo es progreso"

[Firma]
Q.C. ADRIANA E. RIVERA MEZA
JEFA DEL DEPTO. DE INGENIERIAS

<i>[Firma]</i> DR. FELIX DAVID MURILLO CUEVAS	<i>[Firma]</i> DRA. JACEL ABAME GARCÍA	<i>[Firma]</i> MTRO. JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VEJEROS
Nombre y Firma del Director	Nombre y Firma del Asesora	Nombre y Firma del Asesor

c.c.p. Expediente

Carretera Cardel - Chochulucan Km. 4.3, C.P. 91667,
Úrsulo Galván, Ver. Teléfono (296) 9625029 Ext. 132
www.itursulogalvan.edu.mx



Agradecimientos

Agradezco al Tecnológico Nacional de México por brindarme la oportunidad de participar en este proyecto y al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván por permitirme usar sus instalaciones para llevar a cabo las actividades que hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

A la doctora Jacel Adame García y al doctor Félix David Murillo Cuevas por permitirme participar en su proyecto y asesorarme con infinita paciencia, gracias por compartir con nosotros su increíble ética laboral y su entusiasmo por la ciencia.

Al químico José Antonio Fernández Viveros por su asesoría en temas referente a química y asesorarme a lo largo de este trabajo.

Al ingeniero Alfredo Díaz Criollo por permitirme trabajar en el cultivo de cítricos y por su asesoría durante la realización de mi tesis.

Dedicatoria

A mi papa, por enseñarme que con trabajo duro es posible cumplir nuestros sueños, que la perseverancia siempre rinde frutos y por los grandes sacrificios que has hecho para que nuestra familia este bien, gracias por mostrarme como soñar, te amo.

A mi mama, por enseñarme con su ejemplo que puedo ser tan inteligente como yo quiera y a volar tan alto como me sea posible, gracias por cada consejo, por forzarme a no tener miedo y sobre todo gracias por ser mi madre, te amo.

A mi hermano, porque sin importar la distancia me continúas apoyando en todo y cuidando de mí.

A mi hermana y sobrina Valeria, por darme la dosis de risas y alegría necesaria para no desesperarme.

A mis abuelas, por mostrarme que las mujeres somos capaces de salir adelante por nosotras mismas.

A mi abuelo, porque gracias a ti sé que nada puede detenerme de llegar a donde sea que quiera ir.

A Corazón, Antonio, Denys y Pamela, porque este viaje lo comenzamos juntos y ustedes me hicieron el camino más ligero, gracias por su amistad, las risas y su honestidad.

Resumen

Hoy en día diversas especies de insectos se han visto amenazadas debido a la fragmentación de ecosistemas provocada por un mal manejo del uso de suelo, las investigaciones dirigidas a la biodiversidad de insectos para su conservación son realizadas de manera poco frecuente a pesar de que muchas especies de artrópodos juegan un papel fundamental dentro de ciertos hábitats y representan un factor de equilibrio dentro de ellos. El objetivo principal del presente trabajo es el de evaluar la abundancia, riqueza y diversidad de hormigas forrajeras en dos usos de suelos, cítrico y lichi, localizados dentro de los terrenos del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván con la finalidad de utilizar estos parámetros ecológicos como indicadores de impacto ambiental con respecto a un acahual. Además, se realizó una identificación taxonómica de las especies encontradas dentro de los dos diferentes usos de suelo en donde se registraron 14 especies diferentes y 3,589 individuos en total. Aunque las actividades agrícolas son rentables en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, nuestros resultados llaman la atención sobre una pérdida significativa de la diversidad de hormigas forrajeras debido al cambio de uso de suelo de acahuales a monocultivos de limón Persa y/o lichi.

Índice	
I. Introducción.	1
II. Antecedentes	3
III. Planteamiento del problema	6
IV. Objetivos.	7
4.1. General	7
4.2. Específicos.	7
V. Hipótesis	8
VI. Marco Teórico.	9
7.1 Macrofauna	9
7.2. Tipos	10
7.3. Importancia	10
7.4. Hormigas	11
7.5. Hábitat	12
7.6. Importancia biológica-ecológica	13
7.7. Morfología de las Hormigas	13
7.7.1 Cabeza	14
7.7.2 Tórax	14
7.7.3 Patas	15
7.7.4 Peciolo y Postpeciolo	15
7.7.5 Gáster	16
VII. Materiales y Métodos	17
8.1. Área de estudio.	17
8.2. Diseño Experimental.	19
8.3 Colecta y Procesamiento.	20
8.4 Montaje de Especímenes.	21
8.5 Identificación Taxonómica.	22
8.6 Análisis de Datos.	23
VIII. Resultados y Discusión	25
IX. Conclusiones	34
X. Recomendaciones	35
XI. Fuentes de Consulta.	36

Índice de Cuadros

Cuadro		Pagina
Cuadro 1.	Abundancia, riqueza, diversidad y equidad de especies de hormigas forrajeras colectadas en los diferentes usos de suelo.	25
Cuadro 2.	Coeficiente de similitud de Jaccard entre los usos de suelo, el cual expresa el grado en el que los dos usos de suelo son semejantes por las especies en ellos.	27
Cuadro 3.	Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III) para la variable de respuesta abundancia de hormigas en los usos de suelo. N=30, R ² = 0.27, C.V.= 60.49.	28
Cuadro 4.	Cuadro 4. Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III) para la variable de respuesta riqueza de especies de hormigas en los usos de suelo. N=30, R ² = 0.58, C.V.= 22.35.	29
Cuadro 5.	Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III) para la variable de respuesta diversidad de especies de hormigas en los usos de suelo. N=30, R ² = 0.55, C.V.= 21.39.	30
Cuadro 6.	Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III) para la variable de respuesta equidad de especies de hormigas en los usos de suelo. N=30, R ² = 0.24, C.V.= 17.8.	31

Índice de figuras

Figura		Pagina
Figura 1.	Morfología de una hormiga (Gaviria y Diaz,2009)	16
Figura 2.	Ubicación geográfica del Tecnológico de Úrsulo Galván en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, en la región centro costera del estado.	17
Figura 3.	Ubicación geográfica de los cultivos utilizados para el muestreo de hormigas, municipio de Úrsulo Galván, Veracruz.	18
Figura 4.	Trampa de caída.	19
Figura 5.	Colecta de hormigas.	20
Figura 6.	Procesamiento de hormigas.	21
Figura 7.	Montaje de hormigas.	22
Figura 8.	Identificación taxonómica de hormigas.	23
Figura 9.	Especies de hormigas más abundantes en lichi, a) <i>Ection borchelli paruispinum</i> , b) <i>Nomamyrmex</i> sp y. c) <i>Oligomyrmex</i> sp	26
Figura 10.	Análisis de correspondencia simple entre las especies de hormigas y los usos de suelo.	26
Figura 11.	Hormigas no asociadas a acahual.	27
Figura 12.	Promedio de abundancia de hormigas en los diferentes usos de suelo. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes $\alpha=0.05$.	28
Figura 13.	Promedio de riqueza de especies de hormigas en los diferentes usos de suelo. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes $\alpha=0.05$.	30
Figura 14.	Promedio de diversidad de especies de hormigas en los diferentes usos de suelo. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes $\alpha=0.05$.	31
Figura 15.	Promedio de equidad de especies de hormigas en los diferentes usos de suelo. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes $\alpha=0.05$.	32

Figura 16. Diversidad de hormigas a) *Atta mexicana*, b) *Cheliomyrmex sp*,
c) *Dendromyrmex sp*, d) *Mycocepurus sp*, e) *Myrmecina sp*. y f)
Odontomatus sp. 33

I. Introducción

Las hormigas son artrópodos pertenecientes a la familia de los Hymenoptera, forman parte de uno de los grupos de animales más abundantes en ecosistemas de tipo terrestre (Mackay, 1981). Estas intervienen en el ciclo de nutrientes en la naturaleza, en el enriquecimiento de los suelos y en una gran diversidad de interacciones tróficas existentes dentro de un ecosistema de tal manera que se considera que el flujo de energía creado por ellas es aun superior que el de los vertebrados homotermos que pudieran desarrollarse en el mismo hábitat. (Weseloh, 1996).

Estos artrópodos pueden ser encontrados en hábitats totalmente contrapuestos como lo son el Polo Norte y la Patagonia debido a la facilidad fisiológica con la que cuentan para adaptarse a ambientes adversos, sin embargo, a pesar de su importancia en la ecología de algunos ecosistemas la existencia de estudios sobre esta especie es mínima (Mackay y Mackay, 2014), esto posiblemente se debe a la visión negativa asociada con estos organismos, así como a la carencia de información.

Hoy en día la fragmentación de ecosistemas es la principal causa de pérdida de biodiversidad en el mundo (Grez *et al.*, 2007). Este problema produce una modificación en la distribución original de las subpoblaciones que resultan cada vez más pequeñas y aisladas debido a los crecientes problemas de viabilidad genética y demográfica (Frankham, 2001).

Existen registros de una gran pérdida de vertebrados debido a esta situación, no obstante, no solo ellos se ven afectados, sino también la macrofauna del suelo que

se encuentra relacionada a los atributos físico químicos de éste por lo que funcionan como un indicador de productividad y calidad del mismo (Cabrera, 2012). El objetivo principal del presente trabajo es el de evaluar la abundancia, riqueza y diversidad de hormigas forrajeras en dos usos de suelo distinto, cítricos y lichi, con la finalidad de utilizar estos parámetros ecológicos como indicadores de impacto ambiental con respecto a un acahual localizado en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.

II. Antecedentes

La amplia diversidad y distribución de especies de hormigas le otorgan un puesto importante dentro de los ecosistemas debido a la cantidad de actividades que realizan a favor de este. Su sensibilidad a los cambios ambientales dentro de un hábitat ha provocado que las hormigas sean utilizadas en diversos estudios como bioindicadores de perturbación con la finalidad de mejorar los métodos de conservación ambiental (Majer, 1983).

Los organismos bioindicadores pueden ser clasificados de tres maneras, los ambientales que indican cambios en el estado de un ambiente, los ecológicos cuya función es la de determinar el impacto causado por un factor de fragmentación o perturbación de un ecosistema y los de biodiversidad que estiman la diversidad de distintas taxas en un ecosistema (Arcila y Lozano-Zombrado, 2003).

En diversos lugares del mundo ya se han realizado investigaciones con hormigas como bioindicadores, en el parque Yanchep National Park localizado en Australia la vegetación nativa fue remplazada por jardines con la finalidad de comparar vegetaciones para comprender el comportamiento de las hormigas, los resultados arrojaron que las especies *Crematogaster*, *Tapinoma* y *Iridormymex* se localizaban en zonas sin perturbación (vegetación nativa), mientras que *Melphorus* y *Tetramorium* se encontraron en las zonas perturbadas (jardines), otro estudio realizado en Australia tuvo como resultado la descripción de la composición de algunos grupos funcionales de hormigas en zonas perturbadas que estaban siendo restauradas (Pon, 2016), demostrando que la diversidad de hormigas aumentaba acorde al tiempo de recuperación de las zonas afectadas por el impacto antropogénico (Andersen, 2000).

En América se han realizado diversos estudios, Estrada, C. y Fernández, F. (1998), estudiaron la diversidad de hormigas en un gradiente sucesional del bosque nublado de Nariño en Colombia y Bustos J. y Ulloa-Chacón, P. (1996) estudiaron la perturbación en el bosque de niebla neotropical de la Reserva Natural Hato Viejo en el Valle del río Cauca en Colombia, mediante la mirmecofauna. En el norte de América también se realizaron estudios de este estilo, como el trabajo de Peck, S., McQuaid, B. y Campbell, C. (1998), que hace referencia al uso de las hormigas como indicadores biológicos en Estados Unidos (Diodato y Fuster, 2016)

En México los estudios de hormigas como bioindicadores son recientes, apenas en el 2011 se realizó una comparación de la mirmecofauna encontrada en monocultivos de cedro y huertos caseros de Tikinmul, Campeche, en donde se observó la existencia de una mayor densidad de hormigas en los monocultivos donde las especies dominantes e indicadoras eran *Solenopsis geminata* y *Dorymyrmex* sp. (Fernández, 2011)

Las presencias de hormigas en casi cualquier ambiente propician su utilización como un instrumento para mejorar los métodos de conservación, algunos trabajos relacionan la distribución de diferentes especies de hormigas con gradientes sucesiones de manera que con el aumento en la complejidad estructural del ecosistema también aumenta la riqueza y diversidad de especies. (Estrada y Fernández, 1999)

Hasta el momento se conocen 11,079 especies de hormigas, incluidas en 373 géneros identificados (Agosti y Johnson, 2000). La fauna de hormigas de América del Sur es la más rica del mundo, encontrándose representada por las subfamilias Myrmicinae, Dolichoderinae y Ponerinae. Existe un importante endemismo a nivel genérico, destacándose los géneros de la tribu Attini,

Crematogaster LUND, Camponotus MAYR y Pheidole WESTWOOD (Fuster, 2016)

En cuanto a esta diversidad se han realizado investigaciones de distinta índole, en México, Patricia Rojas Fernández elaboro una síntesis de la diversidad taxonómica y funcional de hormigas en el país, obteniendo como resultado un registro de 407 especies (Rojas, 2001).

III. Planteamiento del problema

Los insectos son un grupo taxonómico de suma importancia ya que representan la mayor parte de la biodiversidad terrestre. Dentro del mismo, se destacan las hormigas por su alta biomasa, diversidad, dominancia numérica e importancia ecológica (Wilson, 1994).

Dentro de la macrofauna edáfica, las hormigas son siempre uno de los grupos más abundantes y diversos, en ecosistemas naturales y agroecosistemas (Lavelle y Kohlman, 1984). En estos sistemas desempeñan un papel muy importante como depredadoras, herbívoras o detritívoras, y participan en los procesos fisicoquímicos del suelo, incluyendo la descomposición y el reciclaje de nutrientes (Lobry de Bruyn y Conacher, 1990).

Hoy en día la estructura genética natural de artrópodos se ha visto modificada de manera negativa como respuesta a la fragmentación o pérdida total de sus ecosistemas provocando una reducción del número de individuos en sus poblaciones, esto ha colocado la viabilidad de muchas especies en riesgo, por pérdida de variabilidad genética, depresión por endocría y/o fijación de mutaciones deletéreas por deriva génica (Lande, 1999).

Las investigaciones dirigidas a la biodiversidad de insectos para su conservación son realizadas de manera poco frecuente debido a que no se les considera igual de importantes que a las especies de mayor tamaño y al existente paradigma de que son perjudiciales para el hombre a pesar de que el número de especies de insectos de importancia agronómica o médico-veterinaria es realmente escaso (Samways, 1994), sin embargo los insectos reúnen la mayor diversidad en el planeta y en la mayoría de los ecosistemas juegan un papel fundamental por lo que es trascendental realizar acciones para proteger su diversidad.

IV. Objetivos

4.1. General

Evaluar la abundancia, riqueza y diversidad de hormigas forrajeras en dos usos de suelos (cítrico y lichi), con la finalidad de utilizar estos parámetros ecológicos como indicadores de impacto ambiental con respecto a un acahual.

4.2. Específicos

- Identificar morfológicamente las hormigas asociadas a tres usos de suelo, cítrico, lichi y acahual.
- Estimar la abundancia, riqueza y diversidad de hormigas forrajeras en tres usos de suelo, cítrico, lichi y acahual.

V. Hipótesis

La abundancia, riqueza y diversidad de hormigas forrajeras se verá afectada por el uso de suelo.

VI. Marco Teórico

7.1 Macrofauna

Los invertebrados terrestres interpretan un papel fundamental como benefactores en la productividad de los ecosistemas que habitan debido a su capacidad para alterar el ambiente superficial, así como el edáfico en el cual se desarrollan las plantas, sin embargo, pueden también ser vectores de patógenos y plagas (Lavelle *et al.*, 1994).

Las comunidades formadas por macrofauna pueden variar en su composición, su abundancia y su diversidad de acuerdo al estado de perturbación del suelo, lo que permite usar a estas poblaciones como bioindicadores de calidad o alteración ambiental (Pashanasi, 2001), para poder habitar en el suelo han tenido que adaptarse a un ambiente compacto, con baja concentración de oxígeno, poca luminosidad y baja disponibilidad de alimentos (Lavelle *et al.*, 1992).

Estudios realizados sobre las comunidades de macroinvertebrados del suelo han revelado la relación existente entre estos y los procesos físicos químicos y biológicos del suelo. Investigaciones más recientes han sido versadas sobre la respuesta de la macrofauna edáfica ante diferentes usos del suelo que iban desde ecosistemas naturales hasta agroecosistemas, esto con el propósito de generar índices sobre la salud edáfica y lograr el manejo de algunas poblaciones de invertebrados para el avance de sistemas productivos sostenibles que al mismo tiempo permitan conservar la diversidad del suelo. Hasta el momento los estudios solo se han realizado con tratamientos de la macrofauna para indicar el funcionamiento del medio edáfico así como del ecosistema a partir de las características propias de sus comunidades (Cabrera, 2012).

7.2. Tipos

La fauna edáfica está conformada por organismos que pasan la mayor parte de su vida en la superficie inmediata del suelo, sobre troncos podridos, hojarasca y bajo la superficie de la tierra, puede variar desde animales microscópicos hasta vertebrados de tamaño mediano (Brown et al., 2001). Se estima que más de 14,500 especies están presentes en el país, muchas de las cuales probablemente sean endémicas debido al alto grado de endemismo de algunos grupos (Cordero & Llorente 2000).

La macrofauna se encuentra clasificada en siete grandes grupos, geófagos, como las lombrices endogeas y los termes, que se alimentan de la materia orgánica del suelo o raíces muertas. Los detritívoros que son descomponedores que se alimentan de materia vegetal o animal (carroñeros o necrófagos) en distintos grados de descomposición. Los fitófagos y rizófagos se alimentan de plantas vivas e incluyen algunos micro y macro-artrópodos y caracoles. Los depredadores son principalmente carnívoros y se alimentan de otros organismos, incluyendo varias familias de escarabajos, hormigas, ciempiés, arácnidos y escorpiones. Los omnívoros comen todo tipo de alimento, tanto de origen vegetal como animal. Los parásitos son organismos que viven a costas de otro sin otorgar ningún beneficio incluyen algunas moscas y nemátodos. (Brown et al., 2001). La macrofauna puede además subdividirse en organismos epigeos, endogeos y anécicos (Lavelle 1997).

7.3. Importancia

Algunos individuos o grupos de la macrofauna como las lombrices de tierra y las hormigas pueden actuar como ingenieros del ecosistema (sensu Jones et al. 1994), esto es posible debido a que pueden realizar cambios físicos en suelo, suelen crear estructuras físicas biogénicas cuya tarea es ejercer un efecto regulador sobre los organismos menores a través de la competencia por recursos, la activación de la

microflora edáfica, su influencia en el ciclo de carbono así como la disponibilidad de nutrientes y por los cambios en la actividad rizosférica (Lavelle et al. 1997).

Diversos autores plantean que la actividad de la fauna edáfica acelera significativamente el proceso de reciclaje de nutrientes en el ecosistema, haciendo éstos rápidamente disponibles para las plantas finalmente, la actividad de la macrofauna edáfica también puede aumentar o disminuir la productividad del ecosistema (Lavelle *et al.* 1992).

7.4. Hormigas

Los Arthropoda constituyen el grupo zoológico de mayor éxito en la conquista del planeta, no sólo en la actualidad, sino desde tiempos muy remotos. Este grupo de animales “acorazados” se encuentra compuesto por un amplio abanico de órdenes (Ortuño y Martínez, 2011).

Entre estos se encuentra el orden Hymenoptera que ocupa el tercer puesto en cuanto al número de especies, 15,000 identificadas, además de que estas poseen el más importante efecto sobre las demás formas de vida terrestre, en este orden podemos encontrar a las hormigas, que pertenecen a la familia Formicidae, que se ubica dentro de la superfamilia Vespoidea. Las hormigas conforman una de las familias de insectos más comunes y estudiados en diversos aspectos relacionados a su biología y sistemática. (Hölldobler & Wilson ,1990).

Son reconocidas por la presencia de una glándula metapleurale, peciolo, postpeciolo y antena acodada tanto en obreras y hembras, esta combinación de características diferencia a las hormigas del resto de himenópteros (Fernández & Palacio, 2003).

Son organismos eusociales, se caracterizan por el cuidado compartido de sus crías, sobreposición de generaciones de obreras en la colonia y un desarrollado sistema de castas (Wilson, 1971)

Han tenido un mayor éxito que el resto de los insectos debido a que muestran un alto grado de polimorfismo entre las especies más avanzadas. Las diversas formas de obreras en una colonia permiten que las colonias de hormigas exploten nichos ecológicos y el medio ambiente no habitado por otro insecto. Su dominancia en el mundo insectil se debe a las relaciones complejas y en común que las hormigas tienen con plantas y animales. En los inicios de la civilización humana las hormigas tomaron ventajas de la habilidad del hombre para hacerse de un medio ambiente más placentero para ocupar (Little, 1972).

7.5. Hábitat

Aunque las hormigas son capaces de habitar en casi todos los ambientes, desde el subsuelo hasta en las copas de los árboles, son habitantes del suelo por excelencia debido a que la gran mayoría vive en nidos subterráneos, en la hojarasca o en la madera en descomposición que se puede encontrar en el suelo (Rojas, 2001).

Las colonias de hormigas son sésiles en su mayoría, moviendo sus colonias cada dos semanas si acaso o sin realizar ningún tipo de desplazamiento (Smallwood, 1982). Las hormigas obtienen su energía a partir de otros organismos que bien pueden ser plantas o animales que pueden encontrarse vivos o muertos mediante el envío de hormigas exploradoras a sus alrededores, reclutando así nuevas obreras a nuevas fuentes de alimento o de lo contrario abandonándolas si surge una necesidad, de manera que pueden coleccionar y concentrar recursos en el medio (Kaspari, 2003)

7.6. Importancia biológica-ecológica

Las hormigas interpretan un papel muy importante dentro de los ecosistemas que habitan, suelen ser depredadoras, herbívoras o detritívoras, suelen participar en los procesos fisicoquímicos del suelo que incluyen la descomposición y el reciclaje de nutrientes (Brussard et al., 1997).

Suelen afectar la estructura de sus ambientes en gran medida recibiendo el reconocimiento de “Ingenieros ecológicos”, debido a que son organismos que arreglan varias veces el ambiente de manera que afectan a otros organismos (Lawton, 1994)

Estos organismos han recibido atención especial debido a su función como indicadores biológicos, logrando así demostrar que ciertos parámetros de sus comunidades tales como la diversidad, su abundancia relativa y sus grupos funcionales describen el ambiente de manera fiel (Andersen, 1997)

7.7. Morfología de las Hormigas

Las hormigas cuentan con características morfológicas diferenciadas del resto de insectos, están compuestas por tres segmentos, el mesosoma, cabeza que se encuentra fusionada a el primer segmento abdominal, el peciolo que se encuentra aislado del resto del cuerpo y el metasoma o gaster, que es el abdomen menos los segmentos abdominales del peciolo que forma una cintura estrecha entre los dos segmentos principales, el mesosoma y el gaster (Borror, 1987)

7.7.1 Cabeza

Las estructuras más importantes localizadas en la cabeza de la hormiga son las antenas, palpos y cípeo. Las antenas se encuentran compuestas por dos partes mayores, al primer segmento largo que se encuentra conectado a la cabeza se le conoce como escapo mientras que los segmentos más cortos que la continúan se les llama fonículo. Los palpos son órganos sensoriales pequeños y segmentados que se localizan sobre las piezas bucales, estos son visibles en la parte baja de la cabeza justo detrás de las mandíbulas, las hormigas cuentan con dos pares, el par exterior sobre las maxilas, palpos maxilares, compuestos de 1 a 6 segmentos y el par interior que se encuentra sobre el labio, palpo labiales, compuestos de ningún a cuatro segmentos siendo lo último más común (Shattuck y Barnett, 2001).

El cípeo es la placa localizada sobre la sección inferior del frente de la cabeza, arriba de las mandíbulas y debajo de las antenas, generalmente su región central es lisa y convexa en su ancho total, aunque en algunos grupos pueden presentarse un par de débiles o bien desarrolladas protuberancias divergentes, de presentarse esta característica al cípeo se le conoce como longitudinalmente bicarinado (Klotz, 2004).

Otras de las características importantes de la cabeza son los ojos compuestos, los cuales pueden variar en tamaño, forma y posición, o bien pueden encontrarse ausentes, la posición de los conectores antenales y la presencia de escrobos, el desarrollo del psamofo, la forma de las mandíbulas, así como la colocación de los dientes (Mackay y Mackay, 2005)

7.7.2 Tórax

El tórax es la sección media del cuerpo en la cual están conectadas las patas, se encuentra localizado detrás de la cabeza y enfrente del peciolo, posee numerosas

estructuras consideradas de importancia taxonómica. La superficie superior del primer segmento localizada arriba de las patas frontales es conocida como pronoto. El tercio central del tórax en donde se encuentran conectadas las patas de la zona media del cuerpo es el mesonoto, mientras que la sección trasera del tórax, localizada arriba de las patas traseras e inmediatamente antes del peciolo es conocida como el propodeo (ACDA, 2003).

7.7.3 Patas

Las patas se encuentran compuestas por cinco segmentos. El segmento que se encuentra localizado más cerca del cuerpo es conocido como coxa, seguido por el trocánter, el fémur, que es igualmente largo que la tibia, y el tarso. Este último se encuentra compuesto por cinco segmentos que cuentan con pequeñas uñas curvas en la zona apical. La unión entre la tibia y el tarso se encuentra armada con una larga, robusta y articulada estructurada a manera de clavo, esta se conoce como espina tibial, su número puede variar de ninguna a 2 y pueden ser simples o pectinadas (Shattuck y Barnett, 2001).

7.7.4 Peciolo y Postpeciolo

El peciolo es el primer segmento que se encuentra detrás del mesosoma, está presente en todas las hormigas. Detrás del peciolo se encuentra ubicado el postpeciolo o el gáster, el primero puede solo ser encontrado en algunas subfamilias de hormigas, cuando se encuentra presente forma un segmento distinguible separado del gáster. Las superficies de ambos apéndices son a menudo altos, redondas o angulares, esta estructura es conocida como nodo, puede estar ausente por lo que el peciolo será bajo y en forma de tubo. La sección angosta que se encuentra enfrente del nodo es denominada pedúnculo, cuya forma puede ser largo, corta o encontrarse ausente. Tanto el peciolo como el postpeciolo otorgan una unión flexible entre el mesosoma y el gaster (Klotz, 2004).

7.7.5 Gáster

El último segmento del cuerpo de la hormiga es conocido como gáster. En la mayoría de las hormigas suele ser suave en su exterior, aunque en algunas el primer segmento se encuentra separado por una pequeña constricción y en algún cada segmento se encuentra separado por pequeñas constricciones. A menudo es posible visualizar un aguijón al final del gáster, aunque este es retraible y por lo tanto puede no ser visible aun cuando se encuentra presente, sin embargo, en algunas hormigas el aguijón es ausente y la punta suele terminar en un orificio glandular circular. Por último, la placa superior, o tergito, del segmento final que se encuentra en el gáster es conocida como pigidio (Shattuck y Barnett, 2001).

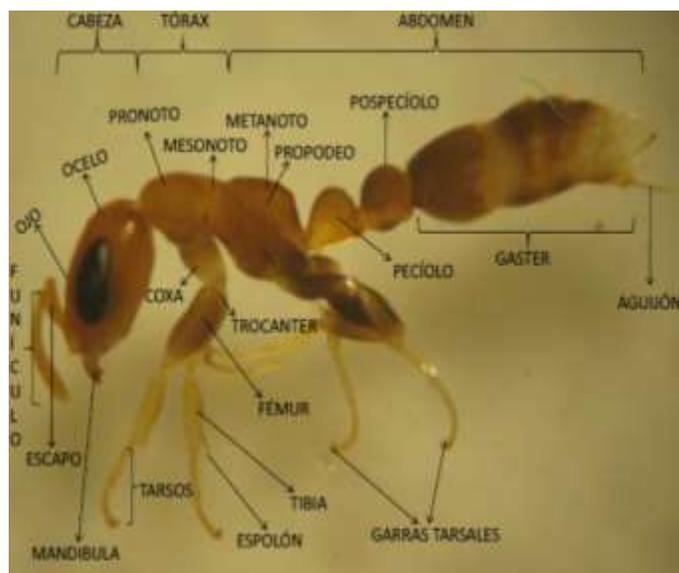


Figura 1. Morfología de una hormiga (Gaviria & Diaz, 2009)

VII. Materiales y Métodos

8.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en las áreas de producción del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG), con coordenadas de 19°24'43.13" Norte y 96°21'32.61" Oeste, en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, México (Figura 2). Dentro de estas áreas de producción se encuentran establecidos los cultivos de lichi y cítrico, así como el área de vegetación silvestre que funcionara como blanco (testigo). El cultivo de limón Persa se encuentra ubicado en las coordenadas 19°24'52.13"N y 96°20'58.19"O, a una elevación de 22 m. En este cultivo se estableció un polígono de muestreo de 2.254 hectáreas, georreferenciado con los siguientes puntos: 1) 19°24'52.27"N, 96°21'2.43"O; 2) 19°24'50.08"N, 96°21'0.72"O; 3) 19°24'50.34"N, 96°20'59.85"O; 4) 19°24'49.90"N, 96°20'54.24"O y 5) 19°24'54.89"N, 96°20'55.99"O (Figura 3).

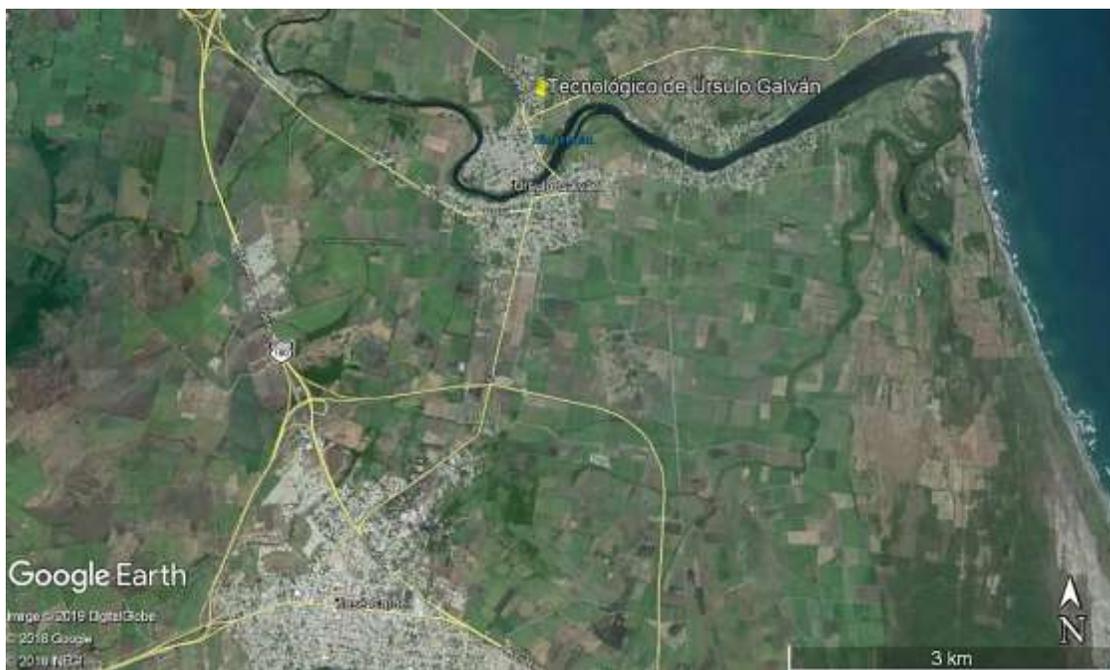


Figura 2. Ubicación geográfica del Tecnológico de Úrsulo Galván en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, en la región centro costera del estado.

El cultivo de lichi se localiza en las coordenadas $19^{\circ}24'55.91''\text{N}$ y $96^{\circ}21'13.60''\text{O}$, a una elevación 11 m. Debido al tamaño pequeño del cultivo, se considerará en su totalidad como área de muestreo, el cual es de 1.535 hectáreas. Los puntos georreferenciados que conforman el polígono de la parcela son: 1) $19^{\circ}24'58.83''\text{N}$, $96^{\circ}21'13.66''\text{O}$; 2) $19^{\circ}24'54.14''\text{N}$, $96^{\circ}21'10.60''\text{O}$; 3) $19^{\circ}24'52.72''\text{N}$, $96^{\circ}21'13.77''\text{O}$; 4) $19^{\circ}24'54.75''\text{N}$, $96^{\circ}21'15.20''\text{O}$ y 5) $19^{\circ}24'58.00''\text{N}$, $96^{\circ}21'15.50''\text{O}$ (Figura 3).



Figura 3. Ubicación geográfica de los cultivos utilizados para el muestreo de hormigas, municipio de Úrsulo Galván, Veracruz.

La vegetación silvestre es un fragmento de área sin uso agrícola con vegetación silvestre de la zona centro costera de Veracruz. Esta área se encuentra ubicada en las coordenadas $19^{\circ}25'6.17''\text{N}$ y $96^{\circ}20'53.87''\text{O}$, a una elevación de 24 m. En esta área se estableció un polígono de muestreo de 1.441 hectáreas, georreferenciada con los siguientes puntos: 1) $19^{\circ}25'9.51''\text{N}$, $96^{\circ}20'54.46''\text{O}$; 2) $19^{\circ}25'9.26''\text{N}$, $96^{\circ}20'51.40''\text{O}$; 3) $19^{\circ}25'1.44''\text{N}$, $96^{\circ}20'54.28''\text{O}$; 4) $19^{\circ}25'5.52''\text{N}$, $96^{\circ}20'55.15''\text{O}$ y 5) $19^{\circ}25'6.70''\text{N}$, $96^{\circ}20'55.25''\text{O}$ (Figura 3). Esta es una vegetación de selva baja

caducifolia, relacionada a las zonas costeras donde podemos encontrar Cocuite (*G. sepium*), Nacastle (*Enterolobium cyclocarpum*), Jilote (*Bursera simaruba*), Guácimo (*G. ulmifolia*), Huizache (*Acacia cochliacantha*), Capulín (*Karwinskia humboldtiana*), Coyol (*Acrocomia aculeata*), Guaje (*Lysiloma divaricatum*), entre otros, así como varias especies herbáceas, arbustivas, orquídeas y hongos Basidiomycota.

8.2. Diseño Experimental

En cada una de las áreas de uso de suelo los muestreos se realizaron durante dos meses (agosto y septiembre) durante el periodo de lluvias, realizándose tres muestreos por mes. Dentro de cada área de uso de suelo se establecieron dos parcelas de $\approx 50 \text{ m}^2$. En cada parcela se estableció un transecto de $\approx 50 \text{ m}$, donde se colocaron 5 trampas de caída para hormigas con una separación de un metro y un arreglo de zigzag a cada lado del transecto a una distancia de 5 m, dando un total de 10 trampas por uso de suelo.

Las trampas fueron elaboradas con envases de plástico de un 1 L, enterrados a ras de suelo y con agua en el interior para que las hormigas quedaran atrapadas. Las trampas se cebaron con atún embarrando las paredes de los envases, como atrayentes para las hormigas.



Figura 4. Trampa de caída para hormigas.

8.3 Colecta y Procesamiento

Para la colecta de las hormigas, las trampas de caída se desenterraron para vaciar su contenido en bolsas de plástico, previamente etiquetadas con los datos del área, número de trampa y fecha. Posteriormente las bolsas de plástico se llevaron al Laboratorio de Entomología del ITUG para la extracción del contenido a través de un colador, las hormigas colectadas fueron colocadas en frascos de vidrio con alcohol al 70% y etiquetadas con los datos de la trampa.

El procesamiento de las muestras consistió en colocar las hormigas en cajas de Petri y con la ayuda de un microscopio estereoscópico se separaron y contabilizaron de acuerdo a sus características morfológicas.



Figura 5. Colecta de hormigas.



Figura 6. Procesamiento de hormigas.

8.4 Montaje de Especímenes

Para este procedimiento se seleccionaron algunos especímenes representativos de cada morfo especie, seguido fue necesario dejar reposar las hormigas en distintas soluciones de alcohol cuya concentración iba del 70% al 100% en ciclos de quince minutos, moviendo las hormigas en intervalos de cada cinco minutos, finalmente se sumergió la hormiga en otra solución de acetato metílico para asegurar su conservación , a continuación con ayuda de un estereoscopio y pinzas la hormiga fue pegada de manera ventral sobre un polígono de papel clavado en un alfiler entomológico del número 1, el cuerpo debe quedar de lado, recto y con las patas correctamente extendidas y posicionadas, las hormigas montadas fueron colocadas en una colección entomológica para su conservación.

Esta técnica permitió la manipulación sencilla para su observación bajo el microscopio de manera que la identificación taxonómica pudiera ser realizada sin complicaciones.



Figura 7. Montaje de hormigas.

8.5 Identificación Taxonómica

La identificación taxonómica de especies se realizó haciendo uso de las hormigas previamente montadas, estas fueron observadas en un estereoscopio con cámara Motic® y con ayuda de las claves de Mackay y Mackay (2014) en donde se especifican las características morfológicas presentes en los diversos géneros de hormigas, la identificación se realizó a nivel de género y/o especies. Los datos fueron registrados en una base de datos de Excel de acuerdo al área y temporada de muestreo para su posterior análisis.



Figura 8. Identificación Taxonómica de hormigas.

8.6 Análisis de Datos

Se calculó la abundancia con el número de organismos de cada especie, la riqueza con el número de especies, la diversidad con el índice de Shannon-Wiener (H'), la equidad con el índice de Pielou (J') y la similitud con el índice de Jaccard, utilizando el programa EstimateS versión 8.2.0.

Se realizó un análisis de correspondencia simple para asociar las especies de hormigas con los usos de suelo. Los datos fueron transformados a $\sqrt{+0.5}$ para normalizarlos y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) entre los usos de suelo

en relación abundancia, riqueza y diversidad de las hormigas, además se realizó una prueba de medias de Tukey $\alpha=0.05$ para comparar los usos de suelos. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa InfoStat versión 2013.

VIII. Resultados y Discusión

Se colectaron un total de 3,589 individuos pertenecientes a 14 especies de hormigas, en suelo con cultivo de lichi se registró la mayor abundancia de hormigas (Cuadro 1); sin embargo, esto fue debido a la abundancia de tres especies de hormigas *Ection borchelli paruispinum*, *Oligomyrmex* sp. y *Nomamyrmex* sp (figura 9) las cuales predominaron y se asociaron al suelo con lichi (Cuadro 1 y Figura 10).

Cuadro1. Abundancia, riqueza, diversidad y equidad de especies de hormigas forrajeras colectadas en los diferentes usos de suelo.

Especie de hormiga	Acahual	Limón Persa	Lichi
<i>Acropyga</i> sp.	202	16	0
<i>Atta mexicana</i>	77	0	0
<i>Camponotus atriceps</i>	12	24	6
<i>Cheliomyrmex</i> sp.	0	0	9
<i>Ectatomma ruidum</i>	69	0	0
<i>Ection borchelli paruispinum</i>	70	0	503
<i>Forelius keiferi</i>	10	8	0
<i>Mycocepurus smithii</i>	53	0	0
<i>Nomamyrmex hartigii</i>	25	0	0
<i>Odontomachus laticeps</i>	23	0	4
<i>Oligomyrmex</i> sp.	72	202	903
<i>Pachycondyla harpax</i>	341	0	0
<i>Polyergus</i> sp.	34	6	8
<i>Nomamyrmex</i> sp.	0	0	912
ABUNDANCIA	988	256	2345
RIQUEZA	12	5	7
DIVERSIDAD	2.01	0.78	1.13
EQUIDAD	0.76	0.29	0.43



Figura 9. Especies de hormigas más abundantes en lichi, a) *Ection borchelli paruispinum*, b) *Nomamyrmex* sp y. c) *Oligomyrmex* sp

Las dominancias de estas especies indican un efecto sobre la diversidad de hormiga. El suelo con acahual fue el que registró la mayor riqueza, diversidad y equidad de especies de hormigas, seguido del suelo con lichi y por último el suelo con limón Persa (Cuadro 1). La mayoría de las especies de hormigas fueron asociadas al suelo con acahual, excepto las especies *Camponotus atriceps* y *Forelius keiferi* (figura 11) las cuales estuvieron asociadas al suelo con limón Persa (Figura 3).

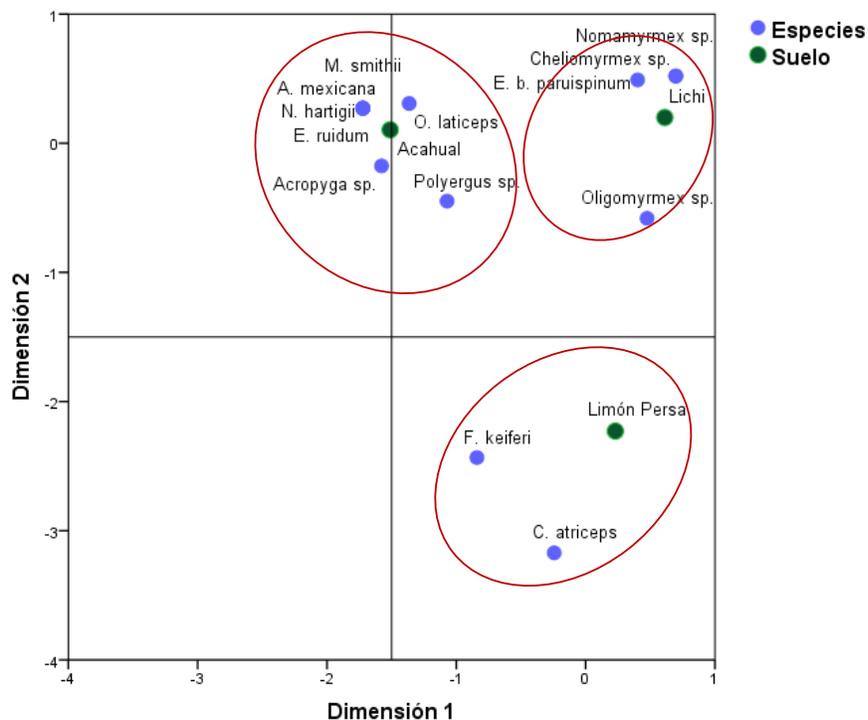


Figura 10. Análisis de correspondencia simple entre las especies de hormigas y los usos de suelos.

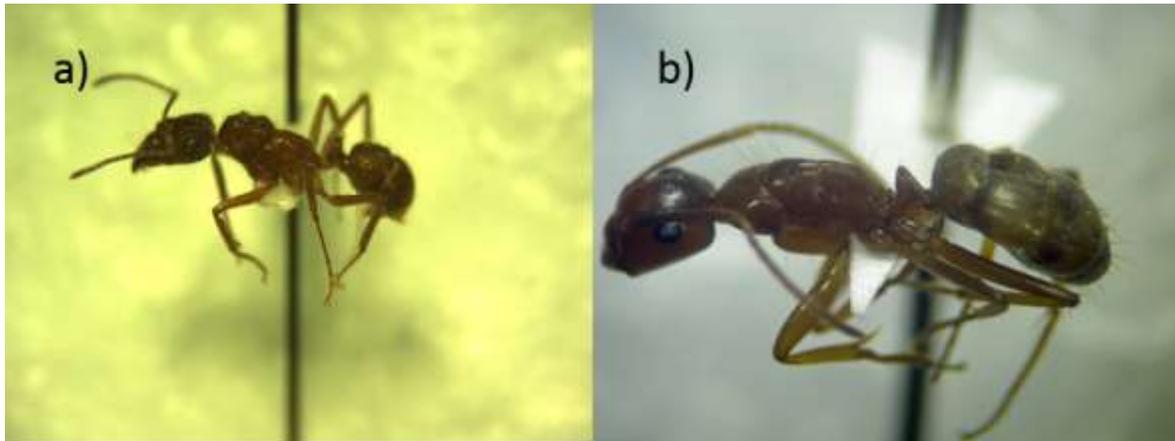


Figura 11. Especies de hormigas no asociadas a acahual, a) *Camponotus atriceps* y b) *Forelius keiferi*

De acuerdo al análisis de similitud de Jaccard, el cual expresa el grado en el que dos usos de suelo son semejantes por las especies presentes en ellos, los usos de suelo con acahual y limón Persa fueron los más similares entre sí (Cuadro 2); sin embargo, al comparar estos usos de suelo con el suelo de lichi, el suelo con lichi fue más similar al suelo con acahual que el suelo con limón Persa (Cuadro 2), lo que señala un mayor impacto sobre las especies de hormigas por parte del suelo con limón Persa.

Cuadro 2. Coeficiente de similitud de Jaccard entre los usos de suelos, el cual expresa el grado en el que dos usos de suelo son semejantes por las especies presentes en ellos.

	Limón Persa	Lichi
Acahual	0.42	0.36
Limón Persa		0.33

La variable de respuesta abundancia de hormigas registró diferencias significativas en el análisis de varianza al comparar los usos de suelo con una $p= 0.0131$ (Cuadro 3). Al comparar la abundancia de hormigas entre los usos de suelo con la prueba de medias de Tukey $\alpha=0.05$, encontramos que el suelo con lichi fue significativamente mayor en abundancia de hormigas (234.5 individuos en promedio) que el suelo con limón Persa, y que el suelo con acahual fue estadísticamente igual a los otros usos de suelo (Figura 12).

Cuadro 3. Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III) para la variable de respuesta abundancia de hormigas en los usos de suelo. N=30, R²= 0.27, C.V.= 60.49.

F.V.	S.C.	gl	C.M.	F	p-valor
Modelo	316.89	2	158.44	5.11	0.0038
Usos de suelo	316.89	2	158.44	5.11	0.0038
Error	837.34	27	31.01		
Total	1154.23	29			

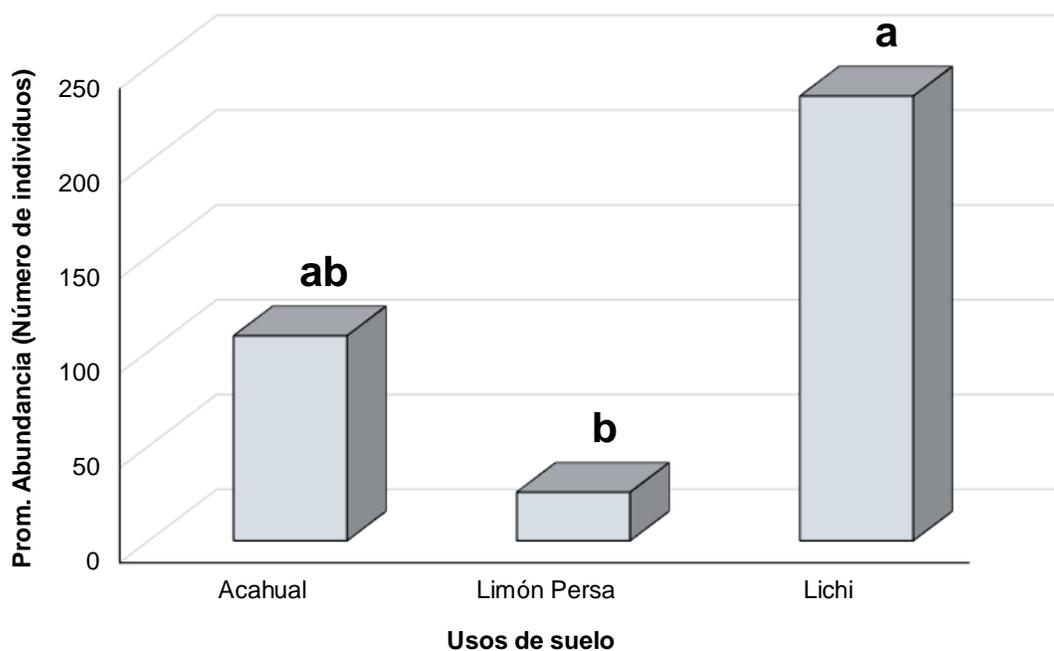


Figura 12. Promedio de abundancia de hormigas en los diferentes usos de suelo. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes $\alpha=0.05$.

Para la variable de respuesta riqueza de especies de hormigas, el análisis de varianza registró diferencias altamente significativas al comparar los usos de suelo (Cuadro 4). La prueba de medias de Tukey $\alpha= 0.05$, indicó que el suelo con acahual con la mayor riqueza de hormigas en promedio (6.1 especie) fue significativamente diferente a los otros usos de suelo, y que los usos de suelo con limón Persa y con lichi fueron estadísticamente iguales con las menores riquezas de hormigas en promedio (Figura 3).

La variable diversidad de hormigas registró diferencias significativas en el análisis de varianza cuando se compararon los usos de suelo (Cuadro 5). La mayor diversidad de hormigas se registró en el suelo con acahual (1.29) y fue significativamente diferente a los otros usos de suelo (Figura 3). El suelo con limón Persa y lichi fueron estadísticamente iguales con las menores diversidades de hormigas.

Cuadro 4. Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III) para la variable de respuesta riqueza de especies de hormigas en los usos de suelo. N=30, $R^2= 0.58$, C.V.= 22.35.

F.V.	S.C.	gl	C.M.	F	p-valor
Modelo	6.50	2	3.25	18.96	0.0001
Usos de suelo	6.50	2	3.25	18.96	0.0001
Error	4.63	27	0.17		
Total	11.12	29			

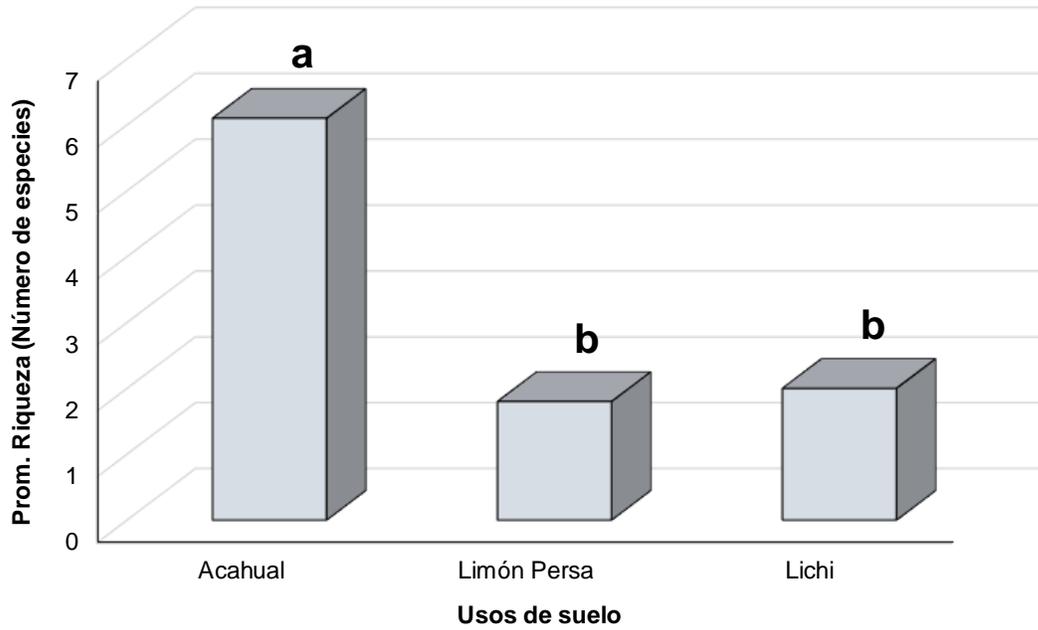


Figura 13. Promedio de riqueza de especies de hormigas en los diferentes usos de suelo. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes $\alpha=0.05$.

Cuadro 5. Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III) para la variable de respuesta diversidad de especies de hormigas en los usos de suelo. $N=30$, $R^2= 0.55$, $C.V.= 21.39$.

F.V.	S.C.	gl	C.M.	F	<i>p</i> -valor
Modelo	1.54	2	0.77	16.71	0.0001
Usos de suelo	1.54	2	0.77	16.71	0.0001
Error	1.25	27	0.05		
Total	2.79	29			

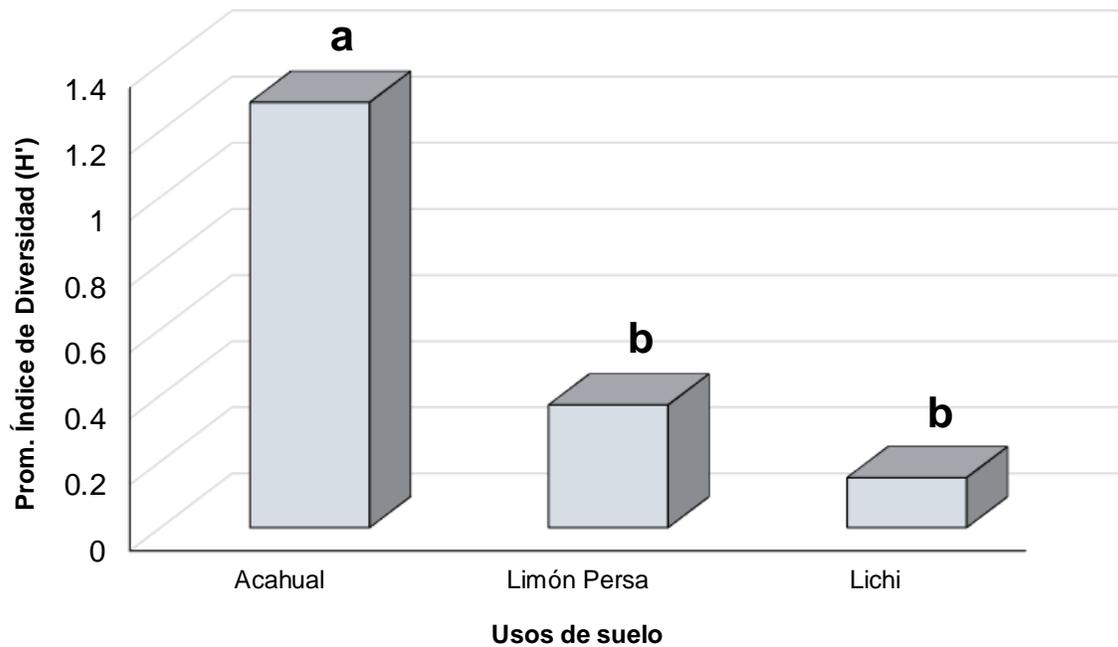


Figura 14. Promedio de diversidad de especies de hormigas en los diferentes usos de suelo. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes $\alpha=0.05$.

Para la variable equidad de especies de hormigas, el análisis de varianza registró diferencias significativas entre los usos de suelo (Cuadro 6). Siendo el suelo con acahual el de mayor equidad de especies (0.70) y diferente a los otros usos de suelo (Figura 15).

Cuadro 6. Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III) para la variable de respuesta equidad de especies de hormigas en los usos de suelo. $N=30$, $R^2= 0.24$, $C.V.= 17.8$.

F.V.	S.C.	gl	C.M.	F	<i>p</i> -valor
Modelo	0.34	2	0.17	6.08	0.0066
Usos de suelo	0.34	2	0.17	6.08	0.0066
Error	0.76	27	0.03		

Total 1.10 29

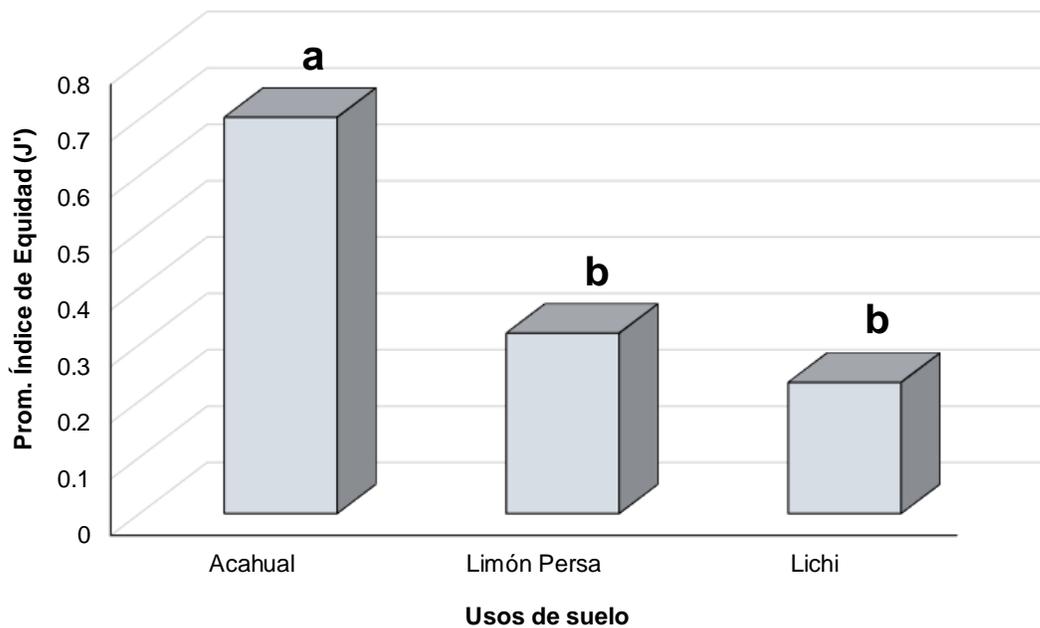


Figura 15. Promedio de equidad de especies de hormigas en los diferentes usos de suelo. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes $\alpha=0.05$.

Las hormigas son ejemplos de organismos con características de tolerancia a condiciones de perturbación, lo que ha permitido que estos organismos sean abundantes y diversos en diferentes gradientes de intensidad de manejo de uso de suelo (Chanatásig-Vaca et al., 2011, Morales-Vásquez et al. 2014). La secuencia típica del cambio de uso de suelo en la región de estudio es la conversión de acahual a cultivos como cítricos o frutales. Como era de esperarse, el suelo con acahual tuvo mayor diversidad y equidad de especies de hormigas, lo que sugiere una mayor estabilidad en el suelo y un mayor complemento de grupos y funciones ecológicas en comparación con los suelos con limón persa, vegetación silvopastoril y caña de azúcar.

Las especies de hormigas identificadas en los usos de suelo que se estudiaron se han reportado en otros usos de suelo de índole agrícola, forestal y áreas naturales

(Rojas, 2001; Chantásig-Vaca et al., 2011; Morales-Vásquez et al., 2014; Lara-Villalón et al., 2015). La riqueza, diversidad y equidad de hormigas registradas exclusivamente en cada uno de los usos de suelo, permitió inferir que el uso de suelo con caña de azúcar y silvopastoril afectan de forma significativa la mirmecofauna edáfica.



Figura 16. Diversidad de hormigas a) *Atta mexicana*, b) *Cheliomyrmex sp.*, c) *Dendromyrmex sp.*, d) *Mycocepurus sp.*, e) *Myrmecina sp.* y f) *Odontomatus sp.*

Nuestros resultados coinciden con Murillo et al. (2019), quienes reportan una mayor diversidad de artrópodos edáficos en acahual que en cultivos como caña de azúcar y pasto. También, Franco et al., (2016) reportaron una mayor diversidad de artrópodos edáficos en vegetación natural que en suelos con cultivos. Los valores bajos de diversidad de hormigas en suelo con limón Persa y lichi indicaron el nivel de degradación del suelo, debido al manejo intensivo del uso del suelo, como lo indican en otros trabajos (Barros et al., 2002; Cabrera et al., 2011; Cabrera, 2012). Estos resultados están influenciados por la menor diversidad de plantas y el manejo agronómico del suelo, que son características de un suelo con uso agrícola con manejo intensivo.

IX. Conclusiones

Los usos de suelo con limón Persa y lichi afectaron significativamente la diversidad de hormigas forrajeras. El uso de suelo con acahual favoreció y mantuvo una buena diversidad de hormigas forrajeras. Aunque las actividades agrícolas son rentables en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, nuestros resultados llaman la atención sobre una pérdida significativa de la diversidad de hormigas forrajeras debido al cambio de uso de suelo de acahuales a monocultivos de limón Persa y/o lichi.

X. Recomendaciones

Se recomiendan buscar estrategias de manejo de los cultivos de limón Persa y lichi, buscando realizar huertas diversificadas que combinen el cultivo principal con otras especies, permitiendo diversificar el paisaje vegetal y obtener un ambiente heterogéneo que permita una mayor diversidad de organismos y funciones biológicas que contribuyan a obtener servicios ambientales para mejorar el sistema de cultivo diversificado.

XI. Fuentes de Consulta

Andersen, A.N. 1997. Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology. *Conservation Ecology* [online] 1(1): 8.

Andersen (2000). Global ecology of rainforest ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity (Vol 1, pp: 25-34)

Ant Colony Developers Association (ACDA). 2003. The Red Imported Fire Ant. [En línea]http://www.antcolony.org./news/red_imported-fireant.htm [Fecha de consulta 02/09/2003].

Arcila, A. F. & Lozano-Zambrano, F. 2003. Hormigas como herramienta para la bioindicación y monitoreo. Capítulo 9, pp.159-166.

Avise, J. C. & J. L. Hamrick (eds.) 1996. Conservation genetics, case histories from nature. Chapman and Hall, New York.

Barros, E.; Pashanasi, B.; Constantino, R. & Lavelle, P (2002). Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. *Biology and Fertility of Soils*. 35:338.

Borror D., Triplehorn C., Johnson N. (1987) *Introducción al estudio de insectos*, Philadelphia, US, Sanders college.

Brown, G. G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J. C., Bueno, J., & Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, (Es1), 79-110.

Cabrera, Grisel. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y*

Forrajes, 35(4), 346-363. Recuperado en 12 de abril de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942012000400001&lng=es&tlng=es.

Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación / perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, Vol. 35(4): 349-364.

Cabrera, G., Robaina, N. y Ponce de León, D. (2011). Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, Vol. 34(3): 313-330.

Chanatásig-Vaca, C. I., H. E. Lwanga, F. P. Rojas, A. Ponce-Mendoza, V. J. Mendoza, R. A. Morón, H. Van der Wal y B. B. Dzib-Castillo (2011). Effect of soil use in ants (Formicidae: Hymenoptera) in Tikinmul, Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana* 27(2): 441-461.

Cordero, C. & J. Llorente. 2000. Los arthropoda de México: algunas comparaciones. Pp. 95-101. En: J.B. Llorente, E. González & N. Papavero (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. 2. UNAM, México, D.F

Díaz, P. J., Molano, P. C. E., & Gaviria, J. C. (2009). Diversidad genérica de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en ambientes de bosque seco de los Montes de María, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 1(2), 279-285.

De Bruyn, L., & Conacher, A. J. (1990). The role of termites and ants in soil modification-a review. *Soil Research*, 28(1), 55-93.

Diodato, L., & Fuster, A. (2016). Composición del ensamble de insectos del dosel de bosques subtropicales secos del chaco semiárido, Argentina. *Caldasia*, 38(1), 197-210.

Dominguez, D.F, M., Albuja, R., Castro., Lattke, J.E., & Donoso, D.A. (2016). Codigos de barras (COI barcodes) para hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de los bosques secos del sur del Ecuador. *Revista Ecosistemas*, 25 (2), 76-78.

Estrada, C., & Fernández, C. (1999). Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en un gradiente sucesional del bosque nublado (Nariño, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 47(1-2), 189-201.

Fernández, P. R. (2001). Las hormigas del suelo en México: diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, (Es1), 189-238.

Fernández F. (ed.). 2003. *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá-, Colombia. XXVI + 398 p.

Franco, ALC., Bartz, MLC., Cherubin, MR., Baretta, D., Cerri, CEP., Feigl, BJ., et al. (2016) Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment* 563-564: 160–168.

Frankham, R., 1995. Conservation Genetics. *Annual Review of Genetics* 29: 305-327.

Grez, Audrey A, Simonetti, Javier A, & Bustamante, Ramiro O. (2007). Biodiversidad en Ambientes Fragmentados de Chile: Patrones y Procesos a Diferentes Escalas.

Ciencia e investigación agraria, 34(2) 159. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202007000200009>

Hebert, P., Ratnasingham, S., Waard, J. 2003b. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences* 270:S96–S99.

Hölldobler, B. y E.O. Wilson. 1990. *The Ants*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass. 732 pp.

Kaspari, M.(2003). Introducción a la Ecología de las Hormigas. En Fernández F. *Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical* (pp. 97-112).Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Klotz, J., D. Williams, B. Reid, K. Vail and P. Koehler. August 2003. *AntTrails:A Key to Management with Baits*. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. ENY-259. pp.3-4.

Kress, W., García-Robledo, C., Uriarte, M., Erickson, D. 2015. DNA barcodes for ecology, evolution, and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 30:25-35.

Lanteri, A., Loiácono, M. S., & Margaría, C. (2002). Aportes de la biología molecular a la conservación de los insectos. *Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática*, 2, 207-220.

Lara-Villalón, M., M. Rosas-Mejía, P. Rojas-Fernández y P. Reyes-Castillo. (2015). Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a palma Camedor (*Chamedorea radicalis* Mart.) en el bosque tropical, Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 31(2): 270-274.

Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 24: 93-132. 2000. Ecological challenges for soil science. *Soil Sci.* 165: 73-86.

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

Lavelle, P., E. Blanchart, A. Martin, A.V. Spain & S. Martin. 1992. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. Pp. 157-185. En: R. Lal & P.A. Sánchez (eds.). *Myths and science of soils in the tropics*. SSSA Special Publication No. 29, Madison.

Lavelle, P., M. Dangerfield, C. Fragoso, V. Eschenbrenner, D. López-Hernández, B. Pashanasi & L. Brussaard. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. Pp. 137-169. En: P.L. Wooster & M.J. Swift (eds.). *The biological management of tropical soil fertility*. John Wiley & Sons, Chichester

Lawton, J. 1994. What do species do in ecosystems? *Oikos* 71:364-374.

MACKAY, W. P. 1981. A comparison of the nest phenologies of three species of *Pogonomyrmex* harvester ants (Hymenoptera: Formicidae). *Psyche* 88:25-74.

MACKAY, W. P., E. MACKAY, J. P. PEREZ, L. I. VALDEZ Y P. VIELMA. 1985. Las hormigas del estado de Chihuahua, México: El género *Pogonomyrmex*. *Sociobiology*. 11:39-54.

Mackay, W. P. and E. E. Mackay. 2005. Clave de los géneros de hormigas en Mexico (HYMENOPTERA: FORMICIDAE). Department of Biological Sciences. Laboratory of Environmental Biology. The University of Texas. El Paso, Texas. Pp. 1-36.

Majer, J.D. (1983). Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environmental management*, 7(4), 375-383.

May, R. M. 1973. *Stability and Complexity in Model Ecosystems*. Princeton, Princeton University Press.

Morales-Vásquez, E., R. S. Miguel-Méndez, A. Vázquez-Xochipa, M. Janelly-Barrientos-Roldan, D. E. Gutiérrez-Carmona y C. Altamirano-Leal. (2014). Análisis de la diversidad de la macrofauna edáfica por estratos en dos usos de suelo en San Lorenzo Ometepec, Puebla. *Entomología Mexicana* 1: 514-518.

Murillo-Cuevas, F. D., J. Adame-García, H. Cabrera-Mireles y J. A. Fernández Viveros. (2019). Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6 (16): 23-33.

Novoa, S., Castro, C., Ceroni, A., & Redolfi, I. (2003). Relación entre la hormiga *Camponotus* sp.(Hymenoptera: Formicidae) y una comunidad de cactus (Cactaceae) en el Valle del Río Chillón. *Ecología Aplicada*, 2(1), 69-73.

Ortuño, V. M., & Martínez-Pérez, F. D. (2011). Diversidad de artrópodos en España. *Memorias de la Real Sociedad Española Historia Natural*, 2(9), 235-284.

Pashanasi, B. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*. 12:75. 2001
Pon, A. N. (2016). Uso de hormigas como bioindicadores en el Parque Estatal General Lazaro Cardenas del Rio.

Rojas Fernández, P. (2001). Las hormigas del suelo en México: diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, (Es1).

Samways, M. J. (1994). *Insect conservation biology*. Chapman & Hall. London, New York.

Shattuck, S. O. and N. J. Barnett.(2001). Australian Ants Online – Ants as pests.CSIRO Australia. [En línea]www.ento.csiro.au/science/ants/pests.htm [Fecha de consulta 14/10/2007].

Smallwood, J. (1982). Nest relocation in ants. *Insectes Sociaux* 29:138-147

Weseloh R.M. (1996). Effect of supplemental foods on foraging behavior of forest ants in Connecticut. *Env. Ent.* 25 (4): 848-853.

Wilson, E.O. (1971). *The Insect Societies* Harvard University Press.

Wilson, E. O. (1994). *The Diversity of Life*. Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Mass. 422 pp