

**ANALISIS ECOLOGICO DE INFESTACIONES DE LA HORMIGA DE FUEGO
Solenopsis invicta EN MATAMOROS TAMAULIPAS, MEXICO**

JORGE LUIS QUEZADA MARTINEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial

para Obtener el Grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

en Parasitología Agrícola.

Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

Programa de Graduados

Buenavista Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2010

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

**ANALISIS ECOLOGICO DE INFESTACIONES DE LA HORMIGA DE FUEGO *Solenopsis
invicta* EN MATAMOROS TAMAULIPAS, MEXICO**

TESIS

POR

JORGE LUIS QUEZADA MARTINEZ

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito
parcial para obtener el grado de:**

DOCTOR EN CIENCIAS

EN PARASITOLOGIA AGRICOLA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal: DR. SERGIO RENE SANCHEZ PEÑA

Asesor: DR. OSWALDO GARCÍA MARTÍNEZ

Asesor: DR. LUIS ALBERTO AGUIRRE URIBE

Asesor: DR. HERIBERTO DIAZ SOLIS

Asesor: DR. ÁLEJANDRO A CALIXTO

DR. FERNANDO RUIZ ZARATE

Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Noviembre de 2010

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor por permitirme llegar hasta este momento.

Con mucho respeto, cariño y amor para mis padres:

JORGE QUEZADA ABONCE

RAQUEL MARTINEZ HERNANDEZ

A ellos por haberme dado la vida, y a quienes les debo todo lo que soy ya que sin ustedes no lograria las metas y las superaciones, por todo el apoyo que en forma incondicional me brindaron sin pedir nada a cambio por eso y por mas que dios me los bendiga por siempre. Gracias.

A mis hermanos y sus familias.

ALBA, JUAN GUILLERMO, JAVIER, JOSE ALFREDO, y Ma ESTHER

Con mucho amor y cariño para cada uno de ustedes.

A MI ESPOSA

Ma GUADALUPE RAMIREZ AREVALO

Con mucho amor y cariño para tí, con quien comparto cada uno de los momentos, por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas durante mi formación y sobre todo por su apoyo y consejos que en forma incondicional me brinda. GRACIAS LUPITA.

AMIS HIJAS

BRENDA QUEZADA RAMIREZ

KARLA QUEZADA RAMIREZ

El pilar para seguir con este proyecto y llegar a buen fin.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo recibido para la realización de mis estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” , en forma muy especial al Departamento de Parasitología Agrícola por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios de Postgrado y por la formación académica que me otorgó.

Al Ing. Dr Sergio Rene Sanchez Peña catedratico y asesor principal de este trabajo de investigación por su decidido apoyo en forma incondicional, orientación, consejos y sobre todo por su gran amistad que me brindo durante todo este tiempo y hasta la fecha. Gracias.

Al Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe por su valiosa e importante contribución para la realización del presente trabajo, para quien no hay horario alguno para su investigación y por su gran amistad.

Al Dr. Oswaldo Garcia Martínez por la dedicación y consejos para la realización del presente trabajo y por su gran amistad que me brindo en la estancia en la universidad.

Al Dr. Heriberto Diaz Solis por su dedicación y consejos para la realización del presente trabajo.

Al Dr. Mariano Flores Davila por su apoyo de manera incondicional.

COMPENDIO

**ANALISIS ECOLOGICO DE INFESTACIONES DE LA HORMIGA DE FUEGO
Solenopsis invicta EN MATAMOROS TAMAULIPAS, MEXICO**

POR

JORGE LUIS QUEZADA MARTINEZ

DOCTORADO EN CIENCIAS

PARASITOLOGIA AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO, MAYO DE 2006

Análisis Ecológico de Infestaciones de la Hormiga de Fuego *Solenopsis Invicta* en Matamoros, Tamaulipas, México

Intriducción.

La hormiga de fuego *Solenopsis invicta* Buren es considerada la hormiga plaga mas importante a nivel mundial debido a su gran variedad de dieta, altas densidades de población en areas infestadas y colonizando diversos ecosistemas, una vez que han sido modificados por el hombre o fenómenos naturales (Kaspari, 2000; Schultz & McGlynn, 2000). Las obreras son depredadoras voraces y una vez que invaden una nueva área muchas veces son las hormigas mas abundantes que afectan a muchas veces las hormigas nativas (Wilson 1971, Morrison and Porter 2003). Las especies invasoras representan serios problemas a la ecología. Numerosos estudios han reportado el efecto de *S. invicta* sobre las poblaciones de hormigas nativas y la riqueza y abundancia de otros artrópodos; pueden tener un impacto negativo sobre otros vertebrados e invertebrados (Porter *et al.* 1990). Esto es a través de interacciones como competencia inter-específica y la ausencia de enemigos naturales. *S. invicta* ha sido asociada negativamente con la riqueza y abundancia de hormigas nativas ya que estas son sensibles a la densidad poblacional de este insecto. Algunas especies sin embargo presentan una rápida capacidad aumentando su densidad de población cuando disminuye la densidad de *S. invicta* por periodos sustanciales, *Dorymyrmex flavus* es una especie nativa la cual tiene la capacidad de aumentar su densidad en numero de individuos además de inhibir re-infestaciones de *S. invicta* formando asociaciones positivas con otras especies que compiten con *S. invicta* por área y alimento (Calixto *et al* 2008). En el 2005 *S. invicta* fue reportada por primera vez en México, en tres estados de la frontera de Mexicana: Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila (Sánchez- Peña *et al.*, 2005. Calixto *et al* (2008) utilizaron análisis multivariado para estudiar diferentes variables sobre poblaciones de hormigas locales con buenos resultados.

Abstract.

Solenopsis invicta Buren is exotic to Mexico. It has been recently detected at least 3 kilometers south of the Texas-Mexico border, (in Matamoros, Tamaulipas, Mexico). Previous studies conducted in the US have shown that the introduction and spread of *S. invicta* has resulted in a reduction in both relative density and diversity of resident ant

populations, having the ability to change their behavior and reducing their chances to associate with other ant species. This study was conducted from 2007 to 2009 in Matamoros, Tamaulipas, to assess the impact of the fire ant *S. invicta* Buren on the relative density, diversity and community association of resident ants. Several variables were determined in *S. invicta* infested-areas and compared to non-infested areas. Pitfall traps were used to monitor relative abundance and diversity. The goal of the study was to determine the impact of *S. invicta* on resident ant species across two different habitats (natural and agricultural fields) in infested and non-infested areas. A total of 31, 838 ants were collected (12,515 in the non-infested area, and 19,323 in the infested area), corresponding to 24 taxa and 6 sub-families. In non-infested areas the most abundant species was *Pheidole sp.*, while in the infested area the most abundant species was *S. invicta*. For both areas, the association pattern among species was indicated by *Forelius sp.*, *Pogonomyrmex barbatus* and *Dorymyrmex flavus*. These species have a positive association among themselves, but a negative association with *S. invicta* as has been reported in previous studies. Diversity was not different in *S. invicta*-infested and non-infested areas, but abundance was lower in infested areas.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	6
INDICE TABLAS	11
INDICE DE FIGURAS.....	12
REVISION DE LITERATURA.....	13
Etimologia.....	14
Taxonomia y Evolucion.....	14
Morfologia.....	15
Polimorfismo.....	16
Desarrollo y Reproduccion.....	17
Comportamiento y Ecologia.....	18
Defensa.....	18
Construccion de Colonias.....	19
Alimentacion.....	20
Relacion con otros organismos.....	20
Como plaga.....	21
Como especie invasora.....	22
Hormiga Roja Importada de Fuego (Solenopsis invicta).....	23
Descripcion.....	23
Morfologia e Identificacion.....	25
Biologia y Habitros.....	26
Importancia Economica.....	27
En ecología.....	27
Salud Humana.....	28
Metodos de Control de la Hormiga de Fuego S. invicta.....	28
Tratamiento al montículo.....	28
Insecticida directo al Monticulo (Empapado o Inundado).....	29
Insecticida a base de polvo.....	29
Insecticida Humectable o Granulado.....	29
Inyeccion al montículo.....	29
Cebos.....	29

Control Mecanico.....	29
Remedios Caseros	30
Tratamiento de emisión.....	30
Control Biologico	30
Solenopsis invicta y su impacto futuro como agente de control biológico..	31
Analisis Multivariado.....	32
Tipos de variables.....	33
Variables Nominales.....	34
Variables Ordinbales.....	34
Variables de Intervalo.....	34
Variables de Razon.....	34
Analisis Multivariado y sus grupos.....	34
Dependencia.....	34
Interdependencia.....	35
Estructurales.....	36
Metodos del análisis multivariado.....	36
Ventajas y Desventajas del Analisis Multivariado.....	37
Aplicaciones Generales.....	37
En la entomología.....	38
MATERIALES Y METODOS.....	39
Area de Estudio.....	40
Dias de Muestreo.....	40
Trampas Pitfall.....	40
Identificacion de Hormigas.....	40
Analisis de Datos.....	40
RESULTADOS.....	41
Diversidad y Densidad de poblaciones de Hormigas.....	41
Primer Muestreo.....	44
Area No Infestada.....	44
Area Infestada.....	44
Segundo Muestreo.....	45

Area No Infestada.....	45
Area Infestada.....	46
Tercer Muestreo.....	47
Area No Infestada.....	47
Area Infestada.....	47
Cuarto Muestreo.....	48
Area No Infestada.....	48
Area Infestada.....	48
DISCUSION.....	52
Abundancia Relativa.....	52
Diversidad de Hormigas.....	55
Asociacion de Hormigas.....	55
LITERATURA CITADA	56

INDICE DE TABLAS

Cuadro No.		Pagina
4.1	Total de hormigas capturadas en cuatro muestreos en Matamoros, Tamaulipas. Mex.	41
4.2	Diversidad y abundancia relative de hormigas capturadas en cuatro muestreos en Matamoros, Tamaulipas, Mex.	42
4.3	Eigenectores (species), Eigenvalores y la proporcion de el total de la varianza explicada por los dos primeros factores par alas species de hormigas capturadas en los muestreos	50
4.4	Promedio de hormigas campturadas en cuatro muestreos en Matamoros, Tamaulipas. Mex.	53

INDICE DE FIGURAS

Figura No		Pagina
1.1	Tecnicas y Metodos Multivariantes	36
4.1	Analisis de correlacion para la variable (species de hormigas) basados en los factores 1 y 2 para las species encontradas en el primer muestreo en el area no infestada por <i>S. invicta</i>	45
4.2	Analisis de correlacion par alas variables (species de hormigas) basadas en los factores 1 y 2 para las especies colectadas en el primer muestreo en areas infestadas por <i>S. invicta</i>	45
4.3	Analisis de correlacion para la variables (species de hormigas) basados en los factores 1 y 2 para las species encontradas en el segundo muestreo en el area no infestada por <i>S. invicta</i>	46
4.4	Analisis de correlacion para variables (species de hormigas) basadas en los Factores 1 y 2 para las species encontradas en el Segundo muestreo en areas infestadas por <i>S. invicta</i>	46
4.5	Analisis de correlacion para las variables (species de hormigas) basados en los factores 1 y 2 para las species encontradas en el tercer muestreo en el area no infestada por <i>S. invicta</i> . Numeros corresponden a: (1). <i>P. terricola</i> (2). <i>M. minimum</i> (3). <i>Tetramorium</i> (4). <i>Camponotus</i> (5). <i>Cyphomyrmex</i> (6). <i>Solenopsis molesta</i> (7). <i>P. barbatus</i> (8). <i>Labidus</i> (9). <i>Leptogenys</i> (10). <i>Crematogaster</i>	47
4.6	Analisis de correlacion par alas variables (species de hormigas) basados en los Factores 1 y 2 para las species encontradas en el tercer muestreo en el area infestada por <i>S. invicta</i> . Numeros corresponde a: (1). <i>Pheidole</i> (2). <i>D. bicolor</i> (3) <i>D. Flavus</i> (4) <i>M. minimum</i> . (5). <i>Tetramorium</i> (6). <i>Camponotus</i> (7). <i>Cyphomyrmex</i> (8). <i>S. molesta</i> (9). <i>P. barbatus</i> (10) <i>Labidus</i> (11). <i>Leptogenys</i> (12) <i>Leptothorax</i> (13). <i>Crematogaste</i>	48
4.7	Analisis de correlacion par las variables (especies de hormigas) basados en los factores 1 y 2 para las species encontradas en el tercer muestreo en el area no infestada por <i>S. invicta</i>	49
4.8	Analisis de correlacion par las variables (Especies de hormigas) basado en los factors 1 y 2 para las species colectadas en el cuarto muestreo en las areas infestadas por <i>S. invicta</i> . Numeros corresponden a: (1). <i>P. barbatus</i> (2). <i>P. brunneus</i> (3) <i>Leptogenys</i> (4) <i>F. pruinosis</i> . <i>Trachymyrmex</i>	49

Objetivo:

Evaluar el efecto de *S. invicta* sobre las hormigas nativas y locales en Matamoros, Tamaulipas.

Específicos:

- ✓ Determinar el efecto de *S. invicta* sobre la diversidad y densidad en la comunidad de hormigas locales.
- ✓ Determinar la relación asociativa de la comunidad de hormigas locales en áreas infestadas y no infestadas por *S. invicta*.

Revision de Literatura.

Los formícidos u hormigas (Formicidae) son una familia de insectos sociales que, como las avispas y las abejas, pertenecen al orden de los himenópteros. Las hormigas evolucionaron de antepasados similares a una avispa a mediados del Cretáceo, hace entre 110 y 130 millones de años. Son uno de los grupos de mayor éxito y en la actualidad están clasificadas más de 12.000 especies, con estimaciones que superan las 14.000. (Wade 2008 y Ohio State University 2009) Se identifican fácilmente por sus antenas en ángulo y su estructura en tres secciones con una estrecha cintura. La rama de la entomología que las estudia se denomina mirmecología.

Forman colonias de un tamaño que se extiende desde unas docenas de individuos predadores que viven en pequeñas cavidades naturales, a colonias muy organizadas que pueden ocupar grandes territorios compuestas por millones de individuos. Estas grandes colonias consisten sobre todo en hembras estériles sin alas que forman castas de «obreras», «soldados» y otros grupos especializados. Las colonias de hormigas también cuentan con algunos machos fértiles y una o varias hembras fértiles llamadas «reinas». Estas colonias son descritas a veces como superorganismos, dado que las hormigas parecen actuar como

una entidad única, trabajando colectivamente en apoyo de la colonia. (Oster y Wilson 1978).

Han colonizado casi todas las zonas terrestres del planeta; los únicos lugares que carecen de hormigas indígenas son la Antártida y ciertas islas remotas o inhóspitas. Las hormigas prosperan en la mayor parte de estos ecosistemas y se calcula que pueden formar el 15-25% de la biomasa de animales terrestres. Se considera que su éxito se debe a su organización social y a su capacidad para modificar hábitats, a su aprovechamiento de los recursos y a su capacidad de defensa. Muchas culturas humanas las utilizan como alimento, medicina y como objeto de rituales. Algunas especies son muy valoradas en su papel de agentes de control biológico. (Holldobler y Wilson 1990). Sin embargo, su capacidad de explotar recursos provoca que las hormigas entren en conflicto con los humanos, puesto que pueden dañar cultivos e invadir edificios. Algunas especies, como las hormigas de fuego (género *Solenopsis*), son consideradas especies invasoras, ya que se han establecido en nuevas áreas donde han sido introducidas casualmente. (Agricultural and Natural Resource 2007).

Etimología.

La palabra «hormiga» aparece por primera vez en el siglo XIV y deriva de la palabra latina *formīca*, que tiene el mismo significado. (Enciclopedia Catalana 2009). Tiene el mismo origen que las palabras correspondientes en otras lenguas romances, como por ejemplo *formiga* (portugués, catalán y gallego), *fourmi* (francés) y *formica* (italiano). El nombre de la familia, Formicidae, también deriva del latín *formīca*. (Simpson 1979).

Taxonomía y Evolución.

La familia Formicidae pertenece al orden de los himenópteros, que también incluye sínfitos, avispas y abejas. Las hormigas evolucionaron de un linaje dentro de las avispas vespoideas. Los análisis filogenéticos sugieren que las hormigas aparecieron a mediados del Cretáceo, hace aproximadamente entre 130 y 110 millones de años

Habitan en todos los continentes excepto la Antártida y algunas grandes islas, como Groenlandia, Islandia y partes de Polinesia. (Jones 2009) Las islas hawaianas también

carecen de especies de hormigas nativas. (Tomas 2007). Ocupan una gran variedad de nichos ecológicos y son capaces de explotar una amplia gama de recursos alimenticios actuando como herbívoras directas o indirectas, depredadoras y carroñeras. La mayor parte de especies son omnívoras generalistas pero algunas se alimentan de forma especializada. Su dominio ecológico se puede medir por su biomasa, y las estimaciones en distintos entornos sugieren que representan el 15-20% (por término medio y casi el 25% en la zona tropical) del total de biomasa animal terrestre, superando incluso la de los vertebrados. (Schultz 2000).

Distribución y Diversidad.

Su rango de tamaño varía entre 0,75 y 52 milímetros. (Holldobler y Wilson 1990) y (Shattuk 1999). Su color también varía; la mayoría son rojas o negras, el verde es menos habitual, y algunas especies tropicales tienen un tono metálico. Actualmente se conocen más de 12.000 especies (con una estimación superior de unas 14.000 especies), con la mayor diversidad localizada en la zona tropical. Los estudios taxonómicos continúan desarrollando su clasificación y sistemática, y las bases de datos en línea de especies de hormigas, incluidas *AntBase* e *Hymenoptera Name Server*, ayudan a seguir la pista de las especies conocidas y de las descritas más recientemente. (Agosti y Johnson 2005). La relativa facilidad con la que se pueden recoger especímenes y estudiar las hormigas en los distintos ecosistemas, las ha hecho muy útiles como especie indicadora en estudios de biodiversidad. (Agosti et al 2000 y Johnson 2007).

Morfología.

Tienen unas características morfológicas distintas de otros insectos, como las antenas en codo, glándulas metapleurales y una fuerte constricción de su segundo segmento abdominal en un peciolo en forma de nodo. La cabeza, mesosoma (el tórax más el primer segmento abdominal, fusionado a éste) y metasoma o gáster (el abdomen menos los segmentos abdominales del peciolo) son sus tres segmentos corporales claramente diferenciados. El peciolo forma una cintura estrecha entre su mesosoma y el gáster. El peciolo puede estar formado por uno o dos nodos (sólo el segundo, o el segundo y tercer segmento abdominal). (Borror et al 1989).

Como el resto de los insectos, las hormigas cuentan con exoesqueleto, una cobertura exterior que sirve de carcasa protectora alrededor del cuerpo y de punto de anclaje para los músculos. El sistema nervioso se compone de un cordón nervioso ventral que se extiende a lo largo del cuerpo, con varios ganglios y ramas que llegan a los extremos de los apéndices. (Borror et al 1989).

La cabeza de una hormiga contiene muchos órganos sensoriales. Como la mayor parte de insectos, tienen ojos compuestos formados por numerosas lentes minúsculas unidas. También tienen tres pequeños ocelos (ojos simples) en la parte superior de la cabeza, que detectan el nivel lumínico y la polarización de la luz. (Fent y Rudiger 1985).

Sus seis patas están ancladas al mesosoma (tórax). Una garra ganchuda situada al final de cada pata ayuda al animal a escalar y a engancharse a varios tipos de superficies. La mayoría de las reinas y los machos tienen alas; las reinas las pierden después del vuelo nupcial, dejando unas marcas visibles que son un rasgo distintivo de las reinas. Sin embargo, en algunas especies las reinas y los machos tampoco tienen alas. (Borror et al 1989).

Polimorfismo

En las colonias de algunas especies hay castas físicas (con obreras de diferentes clases según el tamaño, denominadas obreras menores, medias y mayores). Es habitual que las hormigas de mayor tamaño tengan cabezas desproporcionadamente grandes y, por lo tanto, unas mandíbulas mayores y más fuertes. Estos ejemplares son denominados a veces hormigas «soldados», porque sus mandíbulas más potentes las hacen más eficaces en el combate, a pesar de que continúan siendo obreras y sus «deberes» no suelen variar significativamente de los de las hormigas menores o medias. En algunas especies no existen las medianas y se aprecia una gran diferencia entre las menores y las mayores. (Wilson 1953). Las hormigas tejedoras (género *Oecophylla*), por ejemplo, tienen una marcada distribución de tamaño bimodal. (Weber 1946) y Afossil ant Colony 2009). Otras especies presentan una variación continua en el tamaño de las obreras. Las obreras más pequeñas de la especie *Pheidologeton diversus* tienen un peso en seco 500 veces inferior al de sus compañeras de mayor tamaño. (Moffett y Tobin 1991).

Las obreras no pueden aparearse; sin embargo, debido al sistema haplodiploide de determinación sexual de las hormigas, las obreras de ciertas especies pueden poner huevos no fertilizados que resultan en machos haploides completamente fértiles.

Inicialmente se creyó que este polimorfismo en la morfología y el comportamiento de las obreras estaba determinado por factores ambientales, como la nutrición o la acción de las hormonas, que conducían a diferentes tipos de desarrollo; sin embargo, se han detectado diferencias genéticas entre las castas obreras en especies del género *Acromyrmex*. (Hughes et al 2003). Estos polimorfismos son causados por cambios genéticos relativamente pequeños; las diferencias en un único gen de *Solenopsis invicta* pueden determinar si la colonia tendrá una o varias reinas. (Rossa et al 2003 y Tsutsui et al 2008).

Desarrollo y Reproducción.

La vida de una hormiga comienza a partir de un huevo. Si éste es fertilizado, nacerá una hembra (diploide); si no, será un macho (haploide). Este tipo de reproducción, característico de los himenópteros, se llama haplodiploidía.

Los formícidos son insectos holometábolos, que quiere decir que se desarrollan por metamorfosis completa, es decir, el estadio larval pasa por un estadio pupal antes de transformarse en adulto. La larva permanece prácticamente inmóvil y es alimentada y cuidada por las obreras.

La diferenciación entre reinas y obreras (ambas son hembras) y entre las diferentes castas de obreras (cuando existen), viene determinada por la alimentación que reciben las larvas.

La mayoría de las especies tienen un sistema en que sólo la reina y las hembras fértiles tienen la capacidad de aparearse. Algunos hormigueros tienen múltiples reinas, mientras que otros pueden existir sin reinas. Los machos con alas emergen de las pupas junto con las hembras fértiles (también aladas) y no hacen nada durante su vida aparte de comer y aparearse. La mayoría de las especies de hormigas son univoltinas, y producen una nueva generación cada año. (Taylor 2007). Durante el corto periodo de cría, los reproductores, excluyendo a la reina de la colonia, son llevados al exterior, donde otras colonias de la

misma especie hacen lo mismo. Entonces, todas las hormigas fértiles aladas se ponen a volar. El apareamiento tiene lugar durante el vuelo nupcial y los machos mueren poco después. Las hembras de algunas especies se aparean con varios machos. Las hembras que se han apareado buscan después un lugar adecuado para empezar una nueva colonia; allí se arrancan las alas y empiezan a poner los huevos y a cuidarlos. Las hembras almacenan el esperma que obtienen durante su vuelo nupcial para fertilizar de manera selectiva los futuros huevos.

Comportamiento y Ecología.

Las hormigas se comunican entre ellas por medio de feromonas. (Jackson y Ratnieks 2006)^[59] Estas señales químicas están más desarrolladas en los formícidos que en otros grupos de himenópteros. Como otros insectos, las hormigas perciben olores con sus largas y delgadas antenas móviles, que ofrecen además información sobre la dirección y la intensidad de los olores. Dado que la mayoría viven en tierra, usan la superficie del suelo para dejar rastros de feromonas que las otras hormigas pueden seguir. En las especies que recolectan en grupos, un recolector que encuentra alimento deja un rastro cuando vuelve al hormiguero; las demás siguen este rastro, y después lo refuerzan cuando vuelven a la colonia con alimentos. Cuando se agota la fuente de alimento ya no van dejando el rastro, y las feromonas se disipan lentamente. Este comportamiento les ayuda a adaptarse a los cambios en su ambiente. Por ejemplo, cuando un camino establecido hacia una fuente de alimento queda bloqueado por un obstáculo, las recolectoras lo abandonan para explorar nuevas rutas. (Goss et al 1989).

Las hormigas no usan las feromonas sólo para dejar rastros. Si no también feromonas de alarma cuando son atacadas, etc. (D'Ettorre 2001). Las feromonas son producidas por una gran variedad de estructuras, como la glándula de Dufour, las glándulas venenosas y las del intestino posterior, el pigidio, el recto, el esternón y la tibia posterior. (Franks et al 2003). Las feromonas también pueden ser intercambiadas cuando se mezclan con la comida y son traspasadas por trofalaxia, acción que permite transmitir información dentro de la colonia. (Detrain et al 1999). Esto también les permite determinar a qué grupo de trabajo (por ejemplo, recolección o mantenimiento del hormiguero) pertenecen los otros miembros de la

colonia. (Greene y Gordon 2007). En las especies con castas de reinas, las obreras empiezan a criar nuevas reinas en la colonia cuando la reina dominante deja de producir una feromona específica. (Holldobler y Wilson 1990).

Defensa.

Las hormigas atacan y se defienden mordiendo y, en muchas especies, picando (sólo unas pocas especies poseen aguijón propiamente dicho), a menudo inyectando o rociando productos químicos como el ácido fórmico. Se considera que *Paraponera clavata*, originaria de América Central y América del Sur, tiene la picadura más dolorosa de cualquier insecto, aunque generalmente no suele resultar fatal para los humanos. La picadura de la especie *Myrmecia pilosula* puede llegar a ser letal, (Clarke 1986). Pero se ha desarrollado un antisuero. (Brown et al 2005). Las hormigas del género *Solenopsis* son las únicas que tienen un saco de veneno que contiene alcaloides de piperidina. (Obin y Vander Meer 1985). Sus picaduras son dolorosas y pueden ser peligrosas para las personas hipersensibles. (Stafford 1996).

Las hormigas del género *Odontomachus* están equipadas con unas mandíbulas llamadas «mandíbulas-trampa», que se cierran más rápido que cualquier otro apéndice predador del reino animal. (Patek et al 2006).

Además de defenderse de los depredadores, tienen que proteger sus colonias de los patógenos. Algunas hormigas obreras se encargan de la higiene de la colonia, y entre sus actividades se incluye eliminar los cadáveres de compañeras muertas (necroforesis). (Julian y Cahan 1999). En la especie *Atta mexicana* se ha identificado el ácido oleico como el compuesto liberado por las hormigas muertas que provoca este comportamiento necroforico, (Lopez y Riquelme 2006). Mientras las obreras de *Linepithema humile* reaccionan a la ausencia de compuestos químicos característicos (dolichodial e iridomyrmecin) presentes en la cutícula de sus compañeras de nido vivas. (Choe et al 2009)

Construcción de colonias

Muchas especies construyen hormigueros complejos, pero otras son nómadas y no crean estructuras permanentes. Pueden construir colonias subterráneas o construirlas en árboles y otras estructuras naturales o artificiales. Estos nidos pueden encontrarse bajo tierra, bajo piedras o troncos, en el interior de troncos, tallos huecos o incluso bellotas. Los materiales que utilizan para construir el hormiguero generalmente incluyen tierra y materia vegetal. (Holldobler y Wilson 1990).

Las hormigas legionarias de América del Sur y las hormigas viajeras de África (género *Dorylus*) no construyen hormigueros permanentes, sino que van alternando el nomadismo con etapas en que las obreras forman un nido temporal. Las obreras utilizan sus propios cuerpos sujetándose unas a otras, creando así la estructura del nido para proteger a la reina y a las larvas, y lo deshacen posteriormente cuando continúan con su viaje. (Holldobler y Wilson 1990).

Alimentación.

La mayor parte de las hormigas son depredadoras generalistas, carroñeras o herbívoras directas o indirectas, (Wilson y Holldobler 2005). Pero algunas especies han evolucionado hacia una especialización en los modos de obtener alimentos.

Las hormigas cortadoras de hojas (*Atta* y *Acromyrmex*) se alimentan exclusivamente de un hongo que sólo crece dentro de sus colonias. Recogen continuamente hojas que después llevan a la colonia, las cortan en trozos pequeños y las ponen en jardines de hongos. Las obreras se especializan en tareas según su tamaño; las más grandes cortan tallos, las medianas mastican las hojas y las más pequeñas cuidan de los hongos. Estas hormigas son lo bastante sensibles como para reconocer la reacción de los hongos ante diferentes tipos de vegetales, aparentemente detectando señales químicas de los hongos. Si un determinado tipo de hoja es tóxico para el hongo, la colonia ya no recogerá más. Las hormigas se alimentan de unas estructuras producidas por los hongos denominadas *gongylidia*. (Fernandez 2003). Unas bacterias simbióticas que se encuentran en la superficie exterior de las hormigas producen unos antibióticos que eliminan las bacterias que podrían dañar los hongos. (Schultz 1990).

Relación con otros organismos.

Las hormigas desempeñan múltiples papeles ecológicos que resultan beneficiosos para los humanos, como la eliminación de plagas y la aireación del suelo. Se considera que el uso de hormigas tejedoras en el cultivo de cítricos al sur de China es una de las aplicaciones más antiguas conocidas de control biológico. (Holldobler y Wilson 1990) Por otro lado, las hormigas pueden convertirse en un problema cuando invaden edificios, o causan pérdidas económicas en las actividades agrícolas. (Universidad Buenos Aires 2009) y (Juan 2007).

En algunas partes del mundo (principalmente en África y Sudamérica), se utilizan hormigas grandes, especialmente hormigas guerreras, como sutura. Para hacerlo, aprietan los bordes de la herida uno contra otro mientras se aplican las hormigas; éstas muerden con fuerza con sus mandíbulas y en ese momento se les corta el cuerpo, dejando sólo la cabeza y la mandíbula para mantener la herida cerrada. (Gottrup y Leaper 2004), (Gudger 1925) y (Sapolsky 2001).

Algunas especies de la familia Ponerinae poseen un veneno altamente tóxico y potencialmente peligroso, que puede requerir de atención médica. Estas especies incluyen *Paraponera clavata* (hormiga bala o *tocandira*) y *Dinoponera* spp. (falsa *tocandira*) de América del Sur, (Haddad, 2005), así como las *Myrmecia* de Australia. (McGain, 2002)

En Sudáfrica se utilizan para ayudar en la recolección de rooibos (*Aspalathus linearis*), arbustos que tienen pequeñas semillas utilizadas para hacer infusiones de hierbas. La planta dispersa mucho sus semillas, lo que hace que sea difícil la recolección manual. Las hormigas recogen estas y otras semillas y las almacenan en el hormiguero, de donde los humanos las pueden recoger todas juntas. Se pueden obtener hasta 200 gramos de semillas de cada hormiguero. (Downes, 1999) y (Cheney 1963).

Aunque la mayor parte de especies sobreviven a las tentativas de los humanos de erradicarlas, unas cuantas se encuentran amenazadas. Son sobre todo especies isleñas que han desarrollado características especializadas, como las especies en peligro de extinción *Aneuretus simoni* de Sri Lanka y *Adetomyrma venatrix* de Madagascar. (Chapman, 2001).

Como plaga.

Algunas especies de hormigas son consideradas plagas, (Pest Note, 2007) y, debido a la naturaleza adaptativa de sus colonias, eliminarlas por completo es casi imposible. Por lo tanto, la gestión de plagas se centra en controlar las poblaciones locales, en lugar de intentar eliminar una colonia entera, y la mayor parte de las tentativas para su control son soluciones temporales.

Entre las especies con la consideración de plagas se encuentran *Tetramorium caespitum*, *Anoplolepis gracilipes*, *Camponotus consobrinus*, *Monomorium pharaonis*, *Linepithema humile*, *Tapinoma sessile*, *Solenopsis invicta*, *Myrmica rubra* y el género *Camponotus*. Las poblaciones se controlan por medio de cebos de insecticida, en forma granulada o líquida. Las hormigas recogen el cebo como si fuera comida y lo llevan al hormiguero, donde el insecticida se transmite inadvertidamente a otros miembros de la colonia por trofalaxis. El ácido bórico y el bórax son dos insecticidas habituales, al ser relativamente seguros para los humanos. Se puede esparcir cebo por una zona amplia para controlar especies como *Solenopsis invicta*, que ocupan grandes áreas. Las colonias de esta especie pueden ser destruidas si se sigue su recorrido hasta el nido y se arroja agua hirviendo en éste para matar a la reina. Esto funciona en aproximadamente el 60% de los casos y requiere unos catorce litros de agua por hormiguero. (Two Step Methods, 2009).

Como Especies Invasoras.

Entre los cien peores organismos invasores incluidos en la Base de Datos Global de Especies Invasoras, compilada por la UICN/SSC Invasive Species Specialist Group (ISSG), se encuentran cinco hormigas: *Anoplolepis gracilipes*, *Linepithema humile*, *Pheidole megacephala*, *Solenopsis invicta* y *Wasmannia auropunctata*. (100 of the worlds, 2009) Las hormigas invasoras tienen gran impacto en los ecosistemas al afectar su composición y sus interacciones ecológicas. Por ejemplo, varían la composición de las hormigas nativas y afectan sus importantes roles como depredadoras, carroñeras, herbívoras, detritívoras y granívoras, así como su función como fuente alimenticia de una variedad de especies especializadas en hormigas. Alteran también interacciones especializadas con plantas en la dispersión de semillas, la polinización, la protección de plantas mirmecófilas y con

animales como los hemípteros productores de mielatos. Los ecosistemas de islas son especialmente sensibles a las hormigas invasoras, sobre todo en las islas oceánicas donde hay pocas especies de hormigas y las invasoras no encuentran competidores o predadores. Muchos invertebrados nativos pueden allí declinar o incluso extinguirse al no tener adaptaciones defensivas contra las hormigas exóticas. (Some General Impact 2009)

Hormiga Roja Importada de Fuego (*Solenopsis invicta*).

Solenopsis invicta es una de las más de 280 especies del extenso género de hormigas *Solenopsis*. Aunque *S. invicta* sea originaria de Sudamérica, se ha convertido en una plaga en el sur de los Estados Unidos, Australia, Taiwán, Filipinas y el sur de la provincia china Guangdong. *Solenopsis invicta* es conocida por tener una fuerte, dolorosa y persistentemente irritante picadura que a menudo deja una pústula en la piel. (UF/IFAS, 2009).

En los años 1930, algunas colonias fueron introducidas casualmente en los Estados Unidos a través del puerto de Mobile (Alabama). (USDAAPHIS, 2009)² Buques mercantes de Brasil atracados en Mobile descargaron mercancías infestadas con las hormigas. Éstas se extendieron desde entonces desde Alabama a casi cada estado del Sur estadounidense, desde Texas hasta Maryland. Desde los años 1990, se han reportado infestaciones en California y en Nuevo México, aunque probablemente se han propagado vía barcos o camiones (no por tierra) en el caso de California. (UF/IFAS, 2009).

De forma similar, las hormigas llegaron también de forma accidental a Australia en el año 2001. (McCubbin, 2002). En el 2005 fueron detectadas en varias localidades de México (Nuevo Laredo y Matamoros), en la frontera con Texas, Estados Unidos. (Sanchez-Peña, et-al 2005).

Descripción.

S. invicta es más agresiva que la mayoría de las especies de hormigas nativas y tiene una dolorosa picadura. Generalmente una persona se encuentra con ellas pisando por descuido uno de sus montículos, lo que hace que las hormigas suban por las piernas de la persona,

atacando *en masa*. Las hormigas responden a feromonas que son liberadas por la primera hormiga en atacar. Entonces pican a la vez, a menudo causando la muerte de animales pequeños sobrecargando su sistema inmunológico.

S. invicta compite con éxito contra otras hormigas locales, ampliando su rango de distribución, especialmente en los Estados Unidos, donde se han extendido gradualmente por el norte y el oeste, a pesar de los intensos esfuerzos para detenerlas o eliminarlas.

S. invicta está siempre en movimiento, a menudo viajando de una zona a otra en césped, cepellones de viveros y otros productos agrícolas. Son una plaga para el hombre, no sólo por el dolor físico que pueden infligir, sino porque la construcción de los montículos de sus hormigueros puede dañar las raíces de las plantas, con la consiguiente pérdida de cosechas, e interferir en los cultivos mecanizados. Es bastante común que varios montículos de *S. invicta* aparezcan repentinamente en un jardín suburbano o en el campo de un agricultor, aparentemente durante la noche.

Sus picaduras raramente constituyen una amenaza para la vida de las personas y de animales grandes, aunque han causado al menos la muerte de 80 personas debido a un shock anafiláctico por alergia a su picadura. (Hawaii Invasive Species Council, 2009). Sin embargo, a menudo matan a pequeños animales como las aves o incluso pequeños terneros recién nacidos si no se ponen de pie lo suficientemente rápido. (Texas Imported Fire Ant Research and Management Projec, 2009). La picadura de *S. invicta* contiene un veneno que contiene un alcaloide natural que muestra una potente actividad necrotóxica y que causa tanto el dolor como la formación de pústulas blancas que aparecen un día después de la picadura. El resto del veneno contiene una solución acuosa de proteínas, péptidos, y otras pequeñas moléculas que producen la reacción alérgica en individuos hipersensibles. (Laura Collins y Rudolf H. Scheffrahn 2008).

Son unas hormigas muy resistentes y se han adaptado para sobrevivir tanto con inundaciones como con condiciones de sequía. Si las hormigas perciben un aumento en el nivel del agua en sus colonias, se unirán para formar una pelota enorme o una balsa que es capaz de flotar en el agua, con las obreras en el exterior y la reina en su interior. Una vez que la pelota golpea un árbol u otro objeto inmóvil, las hormigas se suben a él y esperan a

que el nivel del agua retroceda. Para sobrevivir en condiciones de sequía, la estructura de sus colonias contiene una red de túneles de recolección subterráneos que se extienden bajo la capa freática. También, a pesar de que no hibernan durante el invierno, las colonias pueden sobrevivir en condiciones frías a temperaturas de hasta 9 °C.

Actualmente en los Estados Unidos *S. invicta* puede ser controlada, pero no erradicada. Hay disponibles varios productos que pueden usarse montículo a montículo para destruir colonias de hormigas cuando aparecen. Con estos productos lo que se pretende es alcanzar y matar a las reinas, que pueden encontrarse hasta a 2 m de profundidad, aunque algunas reinas pueden simplemente trasladarse a poca distancia y rápidamente restablecer la colonia. Sin embargo, durante los últimos años hasta esta técnica fracasó en su intento de controlar el crecimiento de las colonias. Los científicos descubrieron entonces que una adaptación de esta especie tuvo como consecuencia que muchas colonias tuvieran varias reinas en montículos a lo largo de un área extensa. (UF/IFAS, 2009). *S. invicta* fue el primer caso claro descubierto de la teoría del gen egoísta, (Laura Collins et al 2008) según la cual la selección natural puede favorecer el comportamiento altruista.

Morfología e Identificación.

Los individuos de *S. invicta* presenta las siguientes características: el pedicelo, o "cintura" consta de dos segmentos. Las obreras son polimórficas (varios tamaños) entre 2,4 a 6 mm (1 / 8 a 1 / 4 in) (Hedges, 1998). El maxilar inferior presenta cuatro dientes, antenas de 10 segmentos, que termina en un escapo antenal de dos segmentos. Aguijón presente en la punta del gáster. Su color generalmente del gáster es de un rojo marrón. (Hedges, 1997) (Foto 1). Pero la característica distintiva es la presencia de un diente en la parte media del clipeo (Foto 2). A menudo es difícil distinguirlas de otras especies del género, como *S. richteri*, o de híbridos entre las dos especies, lo que dificulta su control como plaga. Una identificación más exacta es realizando una cromatografía líquida de alta eficacia para distinguir diferencias en los hidrocarburos cuticulares (Ward, 2007)¹ Es importante distinguir a *S. invicta* de las hormigas nativas como *S. geminata* a fin de determinar las medidas de control adecuadas. Los individuos obreras de *S. geminata* presentaran la

cabeza de forma cuadrada y mucho más grande en relación a la proporción de su cuerpo. (Drees 1997).

Los montículos generalmente están contruidos en el suelo de un tamaño promedio de 46 cm de diámetro (18 pulgadas). Cuando el montículo es alterado, surgen las hormigas de una forma muy agresiva atacando con mordidas y piquetes al intruso (Cohen 1992).

Una identificación válida se puede realizar utilizando cromatografía líquida de alta eficacia para distinguir diferencias en los hidrocarburos cuticulares.

Biología y Hábitos.

El ciclo de vida de las obreras de *S. invicta* depende de su tamaño, en promedio pueden llegar a vivir desde los 30 hasta los 180 días, mientras que las reinas pueden vivir de dos a seis años. El ciclo de vida de huevo a adulto dura de 22 a 38 días (Hedges, 1997). El inicio de una nueva colonia o propagación inicia con el vuelo de apareamiento el cual por lo general ocurre en primavera y el otoño después de un lluvia (Vinson y Sorenson, 1986). Una vez que las hembras se han apareado rompen sus alas e inician la búsqueda de un nuevo lugar para iniciar una nueva colonia. (Hölldobler, 1990).

Generalmente este lugar es debajo de las piedras, hojas o pequeñas grietas. La reina empieza a excavar para formar una nueva cámara en la cual deposita de 10 a 15 huevecillos que son los iniciadores de la nueva colonia, este proceso dura de dos semanas a un mes. (Vinson y Sorenson 1986). Las primeras obreras son las responsables de iniciar la construcción del montículo y buscar comida para alimentar a la reina y a las nuevas larvas recién eclosionadas. A los seis meses la colonia ya cuenta con varios miles de obreras. La colonia cuenta con tres tipos de obreras estériles que su función es mantener la colonia.

La reina es la única que produce descendencia (huevecillos) (Vinson y Sorenson 1986). La dieta de las obreras es a base de proteínas y grasas, la obtiene forrajeando animales muertos incluyendo insectos, lombrices de tierra y algunos pequeños vertebrados. Es muy conocido el piquete de este insecto ya que posee un aguijón que inyecta un veneno de naturaleza

alcaloide que exhibe una proteína de actividad necrotoxica. Estas hormigas pueden picar y morder pero solo la picadura es responsable de dolor y la pústula. (Goddard, 1996).

S. invicta presenta ciertas características que representan una gran ventaja para competir por alimento y espacio una de ellas es su alta densidad de población ya sea por el numero de montículos por área, a si como por el número de individuos, otra ventaja se debe a la característica de la colonia que pueden ser monogynea (una sola reina por montículo) o poligynia (varias reinas por montículo). Las colonias poligyneas se diferencian de las monogyneas por varias características como 1). En las poliginias los montículos están más cerca y más numerosos por unidad de superficie. 2) Las monogyneas las colonias son más pequeñas y con menor cantidad de obreras, las obreras no son tan agresivas con colonias vecinas, en las poliginias las reinas son de menor tamaño y producen menor cantidad de huevos. (Hedges 1998, Vinson y Sorenson 1986).

Importancia Económica.

Desde su introducción *S. invicta*, se ha convertido en una plaga de importancia en la agricultura, ganadería, aéreas verdes, campos de golf, parques y aéreas urbanas principalmente, otra característica es su picadura la cual es muy dolorosa y las personas pueden presentar reacciones alérgicas en consecuencia afecta el equilibrio de los agroecosistemas donde se establece. (Stimac y Alves, 1994). En la agricultura invade los cultivos de soya llegando a ocasionar disminución en la producción y afectando el rendimiento. (Lofgren y Adams, 1981).

En las aéreas urbanas *S. invicta* puede anidar en el césped, debajo de los bordes de las aceras, en las cajas eléctricas, etc., ocasionado con ello una serie de daños a la estructura y directamente a la sociedad a través de su picadura, cuando anida en cajas eléctricas puede ocasionar cortos circuitos e incendios en la casa. (Vinson y Sorenson, 1986).

En Ecología

Se ha reportado que la presencia de este insecto reduce las poblaciones de roedores y aves, llegando a eliminar por completo las especies que anidan en el suelo. (Vinson y Sorenson,

1986). De igual manera afecta fuertemente la fauna de hormigas locales llegando a reducir las poblaciones a que en ocasiones no pueden ser detectadas. Sin embargo, a menudo matan a pequeños animales como aves o incluso pequeños terneros recién nacidos si no se ponen de pie lo suficientemente rápido (Laura and Rudolf 2008).

Salud Humana

Sus picaduras raramente constituyen una amenaza para la vida de las personas y de animales grandes, aunque han causado al menos la muerte de 80 personas debido a un shock anafiláctico por alergia a su picadura.²³ La picadura de *S. invicta* contiene un veneno que contiene un alcaloide natural que muestra una potente actividad necrotóxica y que causa tanto el dolor como la formación de pústulas blancas que aparecen un día después de la picadura. El resto del veneno contiene una solución acuosa de proteínas, péptidos, y otras pequeñas moléculas que producen la reacción alérgica en individuos hipersensibles. (Laura and Rudolf 2008).

Las hormigas con frecuencia invaden los hogares anidando en el césped, en los patios de la escuela, campos deportivos, campos de golf, parques y otras áreas recreativas, además tiene preferencia por anidar en las cajas del equipo eléctrico. Todo lo anterior se debe considerar para elegir un método de control.

Métodos de Control de la Hormiga de Fuego *S. invicta*.

Actualmente en los Estados Unidos *S. invicta* puede ser controlada, pero no erradicada. Hay disponibles varios productos y métodos que pueden usarse uno de ellos y el más común es tratar montículo por montículo para destruir colonias de hormigas cuando aparecen. Con estos productos lo que se pretende es alcanzar y matar a la (s) reina (s), que pueden encontrarse hasta a 2 m de profundidad, aunque algunas reinas pueden simplemente trasladarse a poca distancia y rápidamente restablecer la colonia. Sin embargo, durante los últimos años esta técnica fracasó en su intento de controlar el crecimiento de las colonias. Los científicos descubrieron entonces que una adaptación de esta especie tuvo como consecuencia que muchas colonias tuvieran varias reinas en montículos a lo largo de un área extensa.²²

Tratamientos al Montículo.

El objetivo de este tratamiento es tratar directamente montículo por montículo para eliminar la colonia, actualmente se encuentran seis métodos: (Vinson y Sorenson, 1986).

Insecticida Directo al Montículo (Empapado o Inundado).

El producto químico se mezcla con agua caliente o fría, se vierte directamente sobre el montículo hasta empaparlos, tiene una desventaja que no puede llegar el producto a afectar a la reina, y es muy común que se produzcan reinfestaciones.

Insecticida a base de Polvo Humectable o Granulados.

Este método es similar al anterior, se vierte el insecticida sobre el montículo posteriormente se agrega agua en forma de regadera para que penetre el tóxico al interior del montículo, y es muy común que se produzcan reinfestaciones ya que por lo general el tóxico no llega a afectar a la reina.

Inyección al Montículo.

El insecticida se aplica a presión con un equipo especial, es un método más caro que el de empapado o inundación, se requiere de personal capacitado para su aplicación, es más efectivo en el control, al igual que los anteriores la reina es difícil que se afecte por el químico y es muy común que se produzcan reinfestaciones.

Cebos.

Los cebos se pueden utilizar para tratar los montículos individualmente o por difusión. La dosis recomendada se esparce directamente y alrededor de este, las obreras se encargan de llevar el cebo al interior del montículo para alimentar al resto de las hormigas (larva, reina, soldados, etc.), es un método de acción más lento pero más efectivo, generando el control efectivo de la reina, las reinfestaciones de nuevas colonias es más tardado.

Control mecánico.

Algunos aparatos de tipo mecánico y eléctrico se encuentran actualmente en el mercado para el control de la hormiga de fuego, tanto su control como su eficiencia no se han documentado. (Vinson y Sorenson 1986).

Remedios caseros.

Debido al problema de la hormiga de fuego muchas persona optan por utilizar otra alternativa de control como puede ser el uso de agua hirviendo, combustibles líquidos (gasolina, petróleo, aceite quemado, etc.), estos se vierte directamente al montículo, este método ofrece un grado de control pero no son recomendables ya que son muy peligrosos no solo a los seres humanos si no también al medio ambiente.

Actualmente en Matamoros, Tamaulipas (Ejido Longoreño) los habitantes para tratar de controlar este insecto rocían la periferia de sus casa y montículos con aceite quemado y gasolina.

Tratamiento de Emisión.

En la actualidad en el mercado se encuentra un reducido número de productos disponibles para el tratamiento de difusión a grandes superficies. Estos productos son insecticidas ya sea granulados o cebos compuestos de aceite de soya y la sustancia toxica en un vehículo a base de maíz. Estos productos se esparcen sobre una área determinada, al ser descubiertos por las hormigas lo llevan a la colonia alimentando al resto de la población incluyendo la(s) reina(s). Este método es muy eficaz pero presenta algunas limitantes (1) el cebo si no es detectado en un tiempo determinado pierde su efectividad. (2) en ocasiones el cebo no es atractivo para las hormigas. (3) algunos cebos como la hydrometilona pueden inactivarse antes de ser descubiertos por las hormigas. (4) los cebos no son específicos para la hormiga de fuego por lo que se puede afectar a las hormigas locales. (Vinson y Sorenson 1986).

Control Biológico.

Actualmente están en proceso de evaluación el uso de agentes de control biológico como son los protozoarios (*Microsporidios solenopsae*, *Thelohania* y el hongo *Beauveria bassiana*, así como dos mosquitas parasitas de la familia Phoridae (*Pseudacteon tricuspis* y

P. Curvatus. Se están realizando estudios con una hormiga parasita (Solenopsis daguerri – Santschi-) la cual invade la colonia y sustituye a la reina. Para preservar la competencia de otras especies de hormigas se debe de sustituir el control químico cuando las poblaciones son bajas (20 montículos por acre). La aplicación de cebos en estas aéreas es más recomendable ²¹.

Actualmente no hay ningún método de control que ofrezca el cien por ciento de control por lo que debemos utilizar varias alternativas para obtener un mejor control de este insecto.

***S. invicta* y su impacto futuro como agente de control biológico**

Se ha documentado el impacto de la depredación por *S. invicta* sobre plagas como barrenador de la caña de azúcar, chinche del arroz, picudo y gusano rosado del algodón, medidor de la soya, mosca del cuerno y muchas otras plagas agropecuarias.

Este insecto es muy abundante en campos agrícolas del sur de Estados Unidos pudiendo afectar a los artrópodos en estos agroecosistemas, la mayoría la considera una especie con un impacto negativo. Es una especie generalista en su alimentación y puede tener una o más fuentes de alimento, incluyendo otros grupos de artrópodos particularmente los insectos plaga, como es sin embargo debido a su alta competitividad se han reportado numerosos estudios en el que se presenta un decremento en la diversidad y densidad de otros organismos particularmente sobre las hormigas locales o nativas, lo cual concuerda con nuestros estudios ya que en áreas infestadas representa entre el 50 y 55 % de la comunidad de hormigas locales en Matamoros (Calixto et al 2004; Quezada et al 2010).

A continuación se presentan algunos estudios en diferentes cultivos donde se evaluó el efecto de *S. invicta* sobre los organismos plaga.

ALGODÓN. Evans J.A. (2009) observo la depredación de *S. invicta* sobre *helicoverpa zea* (Boddie), *Spodoptera exigia* Hugner, sin embargo se incrementan las densidades de población de *Aphis gossypii* Glover en parcelas no infestadas por este insecto, (Meagher, R. L. 2009 y Díaz et al 2004). El Impacto sobre los enemigos naturales en cuanto a la densidad en el número de individuos se ve afectada negativamente, tales es el caso de los

escarabajos reduce en un 68 %, las arañas en un 13 %, el acaro *Abrolophus sp* en un 52 %, la crisopa en un 21 % y la chinche pirata en un 13 %.

GARRAPATAS. Numerosos estudios han demostrado que algunas especies de hormigas incluyendo el género *Solenopsis spp*, son predadoras de las larvas y huevos de garrapatas y otros artrópodos. Estudios en los EE.UU. muestran que en praderas con abundantes colonias de hormigas coloradas del genero *Solenopsis* la población de garrapatas disminuye. Un efecto secundario es el ácido fórmico el cual actúa como repelente sobre las mismas. (Junquera P 2007)

CAÑA AZUCAR. Por otra parte en caña de azúcar se demostró que la depredación del barrenador debida a *S. invicta* contribuía al control con un 15.7% (Bessin et al. 1990 citado Meagher 2007).

Análisis Multivariado.

Su origen data a principio del siglo XX, el cual surge como parte de la Psicología aplicada como una teoría matemática que trata de explicar el concepto de inteligencia Spearman (1904) y Pearson (1901) trataron de medir una variable me midiera el grado de inteligencia y que fuera un compendio o resumen (una combinación lineal) de los componentes de la misma. Esto seria el origen de lo que actualmente se denomina el método de componentes principales. A partir de aquí de han desarrollado numerosas técnicas vara medir variables tanto cuantitativas como categóricas.

El Análisis Multivariado en resumen se define como el estudio de varias variables de modo simultaneo. Otros autores lo definen como el conjunto de métodos estadísticos cuya finalidad es analizar simultáneamente conjuntos de datos multivariantes en el sentido de que hay varias variables medidas para cada individuo u objeto de estudio.

Es decir tomamos un objeto y no solo le medimos un aspecto (eg una persona que se le mide solo la estatura), si no que consideramos varios aspectos y tratamos de determinar las relaciones entre estas medidas. Es decir además de su altura medimos su peso, su sexo, tipo

de vestir, paga renta, tiene novio(a), etc. Además no solo los valores en cada caso, si no también las relaciones simultaneas entre ellas.

En definitiva, el desarrollo teórico surgido en el siglo XX junto con las aplicaciones crecientes de la estadística, la vida económica de los países han hecho de las técnicas del Análisis Multivarido en conjunto con el análisis de regresión, uno de los instrumentos más empleados para el estudio del entorno ambiental, social y económico.

Este análisis nos permite valorar el efecto de un numero extenso de factores de riesgo sobre una variable dependiente, es necesario emplear técnicas estadísticas que sean capaces de valorar el efecto individual de cada factor de riesgo sobre la variable de resultado, quitando o apartando el efecto de confusión de las demás variables; pero, sin que presenten las desventajas del análisis estratificado. Estas técnicas son los análisis multivariado a través de los modelos de regresión, los cuales, mediante aproximaciones a funciones matemáticas, son capaces de deducir el comportamiento de una variable (variable dependiente)a partir de la existencia de otras (variables independientes). Este modelo de regresión se han venido utilizando cada vez con mas frecuencia en diferentes tipos de investigación.

La utilización de uno u otro tipo de análisis de regresión depende de las características de las variables que se estén analizando. Es decir si las variables dependientes e independientes son continuas o categóricas y, dentro de estas (dicotómicas o policotomicas).

Los objetivos del análisis multivariado pueden sintetizarse en dos:

- Proporcionar métodos cuya finalidad es el estudio conjunto de datos multivariantes que el análisis estadístico uni y bidimensional es incapaz de conseguir.
- Ayuda al analista o investigador a tomar decisiones optimas en el contexto en el que se encuentre teniendo en cuenta la información disponible por el conjunto de datos analizados.

Tipos de Variables.

En estadística uno de los problemas fundamentales es como medir los aspectos de las personas, seres vivos u objetos. Es decir, no es lo mismo tomar una población cualquiera y

medir la altura de las personas en dos clases altos y bajos, que tomar una escala métrica y dividirla en segmentos, asignando a cada persona el número o medida en cm. En este caso tendremos una variable categórica (con dos categorías altos y bajos) y en el otro una variable cuantitativa (1, 70; 1, 65; etc) en el primer caso no tendrá sentido hallar una media (bajo-alto) pero si una moda y en el otro, si será congruente hablar de la altura media. De la misma forma, se puede decir lo mismo en Análisis Multivariante. Técnicas como el análisis discriminante se aplica en variables cuantitativas distribuidas como una distribución normal, mientras que el análisis log-lineal se aplica en variables categóricas en exclusiva.

Como posible clasificación, según el grado de información que contienen unas variables se pueden dividir estas en:

Variables Nominales. Son variables categóricas que no existe ninguna jerarquía entre ellas. Ejemplo: Las variables, sexo: mujer, hombre. La variable color: azul, violeta, rojo, etc.

Variables Ordinales. Distinguen distintas categorías para una variable, se puede distinguir una relación de orden entre ellas. Ejemplo Tamaño de letra en un procesador de texto: menuda, pequeña, norma, grande extra grande. Se puede codificar como 1, 2, 3, 4 y 5 y establecer una relación de orden $1 < 2 < 3 < 4 < 5$. Es decir la diferencia entre las variables no tiene sentido, además no existe origen en la escala de las medidas (por ejemplo tamaño 0).

Variables de Intervalo. Contiene las características de los dos anteriores (distingue entre valores y entre la distinta jerarquía de valores). Es decir, la distancia o diferencia entre dos valores consecutivos de la variable es siempre el mismo. Por ejemplo 0° es el punto de congelación del agua pura no la ausencia de temperatura.

Variables de Razón. Son iguales que las anteriores la diferencia es que presentan un origen absoluto de medida, decir que un valor es el doble que otro. Por ejemplo la edad expresada en años el cero tendría en el sentido de una persona no nacida.

El análisis multivariado y sus grupos:

1. Métodos de Dependencia:

Se supone que las variables analizadas están divididos en dos grupos las variables dependientes y las variables independientes. El objetivo de estos métodos de dependencia consiste en determinar si el conjunto de variables independientes afecta al conjunto de variables dependientes y de que forma.

Un Estudio de la regresión nos permite averiguar hasta que punto una variable puede ser prevista conociendo otra. Se utiliza para intentar predecir el comportamiento de ciertas variables a partir de otras, como por ejemplo los beneficios de una película a partir del gasto en márketing y del gasto en producción.

El análisis de la correlación canónica intenta analizar la posible existencia de relación entre dos grupos de variables.

Un análisis discriminante nos puede dar una función discriminante que puede ser utilizada para distinguir entre dos o más grupos, y de este modo tomar decisiones.

Un análisis multivariado de la varianza (MANOVA), extendiendo el análisis de la varianza (ANOVA), cubre los casos en los que se conozca la existencia de más de una variable dependiente sin poderse simplificar más el modelo.

La regresión logística permite la elaboración de un análisis de regresión para estimar y probar la influencia de una variable sobre otra, cuando la variable dependiente o de respuesta es de tipo dicotómico.

2. Métodos de Interdependencia:

Estos métodos no distinguen entre variables dependientes e independientes y su objetivo consiste en identificar que variables están relacionadas, como lo están y porque.

El análisis de los componentes principales procura determinar un sistema más pequeño de variables que sinteticen el sistema original.

El análisis clúster clasifica una muestra de entidades (individuos o variables) en un número pequeño de grupos de forma que las observaciones pertenecientes a un grupo sean muy

similares entre sí y muy disimilares del resto. A diferencia del Análisis discriminante se desconoce el número y la composición de dichos grupos.

La Iconografía de las correlaciones.

3. Métodos Estructurales:

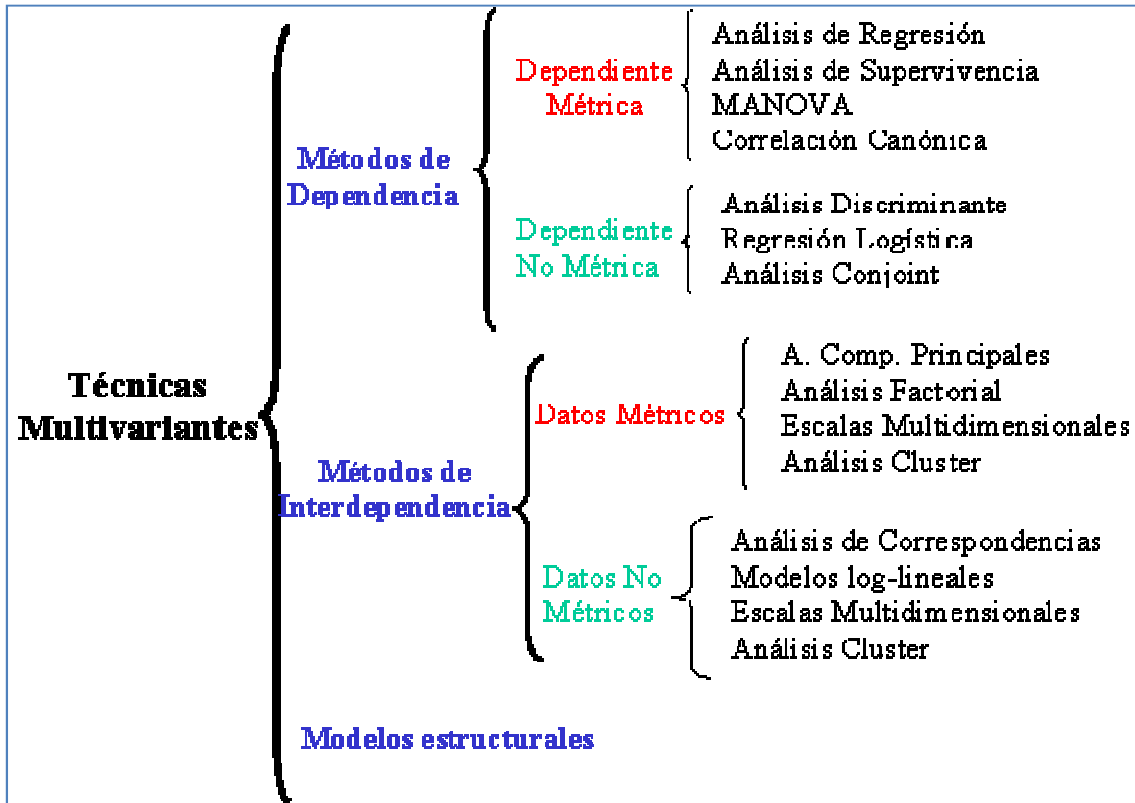
Supone que las variables están agrupadas en dos grupos: el de las variables dependientes y el de las independientes. El objetivo de este método es analizar no solo como las variables independientes afectan a las variables dependientes, si no también como están relacionadas las variables de los dos grupos entre si.

Métodos del Análisis Multivariado.

Entre los métodos del análisis multivariado para detectar la independencia entre variables y también entre individuos se incluye el análisis de factores, análisis por conglomerados o clusters, el análisis de correlación canónica, el análisis por componentes principales, el análisis de ordenamiento multidimensional y algunos métodos no para métricos. Los métodos para detectar dependencia comprenden el análisis de regresión múltiple, el análisis de contingencia múltiple y el análisis discriminante, etc. como se ilustra en el Diagrama 1

El método de componentes principales es uno de los más difundidos, permite la estructuración de un conjunto de datos multivariados obtenidos de una población.

Figura 3.1 Técnicas y Métodos Mutivariantes



Ventajas y Desventajas del Análisis Multivariado.

1. Proporcionar métodos cuya finalidad es el estudio conjunto de datos multivariantes que el análisis estadístico uni y bidimensional es incapaz de conseguir.
2. Ayudar al analista o investigador a tomar decisiones óptimas en el contexto en el que se encuentre teniendo en cuenta la información disponible por el conjunto de datos analizado.
3. Las desventajas de la utilización de modelos de regresión se ponen de manifiesto cuando se usan imprudencialmente.

Aplicaciones Generales.

El análisis multivariado es un método estadístico mucho más complejo en el análisis en cuanto al número de variables, que el análisis univariado, ya que día con día está siendo utilizado con mayor frecuencia en diferentes áreas de la ciencia, por un lado por los beneficios que representa, ya que nos proporciona un panorama más amplio para interpretar los resultados de acuerdo a las variables de estudio.

En la entomología.

Uno de los primeros estudios que se tiene reporte es el realizado por Camilo 1990 en el cual utilizo el análisis multivariado (componentes principales) para determinar la el tipo o grados de asociación entre la comunidad de hormigas.

Por otro lado Calixto et al 2007, realizo estudios evaluando la reducción de la densidad poblacional *de S. invicta* utilizando cebos con toxico como efecto de control, utilizando el análisis multivariado para observar el comportamiento de las hormigas (grado de asociación y distribución) conforme la densidad de *S. invicta* se reducida por efecto del toxico del 2000 al 2002.

Calixto et al 2005, realizo estudios avaluando la distribución de arañas en el cultivo del nogal, utilizando el Multivariado para determinar el grado de asociación y distribución de las arañas en el área bajo estudio.

En ecología de insectos se reportan numerosos estudios evaluando la distribución de las poblaciones de insectos en los diferentes hábitats, utilizando el análisis multivariado para determinar la preferencia de estos en los diferentes ecosistemas.

En la evaluación del parasitismo se realizan estudios para determinar como afectan las variables como temperatura, humedad relativa, estadio del hospedero, etc. Sobre la preferencia de ovoposición del parasitoide sobre su hospedero.

Los **métodos estadísticos multivariantes** y el análisis multivariante son herramientas estadísticas que nos facilitan el estudio del comportamiento de tres o más variables al mismo tiempo. Se usan principalmente para buscar las variables menos representativas para poder eliminarlas, simplificando así modelos estadísticos en los que el número de variables sea un problema y para comprender la relación entre varios grupos de variables.

Es un método que día con día esta siendo utilizado por los investigadores con mas frecuencia ya que en el ambiente entomológico hay muchas variables de estudio involucradas y el Análisis Multivariado nos permite explicar el efecto o la interacción de estas sobre el objeto de estudio.

En lo que respecta a nuestro estudio no permitió entender el patrón comportamiento así como el grado de asociación de las hormigas locales cuando esta presente y cuando no esta presente la hormiga invasora *S. invicta*.

Materiales y Metodos

Area de Estudio. El estudio fue conducidos de marzo de 2007 a octubre de 2009. Las muestras fueron colectadas de dos difrentes sitios localizados en: area 1: 25^o 51'38"N; 97^o 24' 37W"; y area 2: 25^o 50' 13"N; 97^o 23' 56"W. Las areas estan localizadas en el noreste de México adyacentes al Rio Bravo en la frontera Mexico-Texas. El clima es calido y con lluvia en verano (INEGI, 2008). La temperature oscila entre los -6°C y 40°C. El promedio anual de precipitacion es de 600 mm. La colecta de hormigas fue llevada a cabo en dos ecosistemas: 1) Area Agricoa (suelo seco con cultivo de maiz y sorgo) y areas adyacente a caminos rurales, el 2) relativamente un area natural no disturbada o weedy vegetation consisting of grasses and shrubby, desert Fabaceae (*Acacia*, *Prosopis*, *Leucaena*, *Parkinsonia*, *Phitecellobium*).

Dias de Muestreo. Las muestras se colectaron dos veces en 2007 (20 Marzo y 31 Agosto), 18 Marzo 2008 y 15 Octubre 2009. El primero y Segundo muestreo correspondio a areas con un grado variable de infestacion por *S. invicta*. En el tercero y cuarto muestreo fueron incluidas dos areas, una infestada y otra no infestada por *S. invicta*. Para verificar la presencia de *S. invicta*, se llevo a cabo un muestreo preliminar con cebos a base de hot-dogs y atun (Calixto et al 2007; Sánchez-Peña et al. 2009).

Trampas Pitfall. Esta tecnica de muestreo fue utlizada para estimar el grado de actividad, densidad relative y diversidad de hormigas nativas y *S. invicta*. Las trampas consistieron de recipients de plastic conteniendo shampoo como agente letal. Las trampas fueron colocadas a 30 m una de otra en un transecto lineal. Todos los transectos fueron de 450 a 500 m de longitud. Un total de 731 trampas pitfall fueron colocadas. En el primer muestreo se colocaron 225 (166 en cinco transectos en el area infestada y 59 en tres transectos en el area no infestada). Las trampas fueron de

plastico de 9 cm de profundidad y 4 cm de diametro (113 ml). En el Segundo muestreo, se colocaron 131 trampas (87 en tres transectos en el area infestada y 44 en dos transectos en el area no infestada). Fueron usados trampas de plastico de 75 ml (6 cm de profundidad y 5 cm de diametro). En el tercer muestreo se colocaron 188 trampas (98 en dos transectos para el area infestada y 90 en dos transectos para el area no infestada. Para el cuarto muestreo se colocaron 187 trampas (106 en dos transectos para el area infestada y 81 en dos transectos para el area no infestada). En el tercero y cuarto muestreo las trampas de plastic fueron de 500 ml, 7 cm de profundidad y 11 cm de diametro. Pasadas 72 horas las trampas fueron recogidas y llevadas a cabo al laboratorio para su conteo e identificacion de insectos. El primero y el Segundo muestreo los transectos fueron separados en dos grupos basados en la presencia o ausencia de *S. invicta* para definir el area infestada y no infestada por la plaga. Esto se menciona para los dos dias de muestre, ya que estas areas representan gaps en la poblaciones de *S. invicta*, ya que representan una pequeña escala en el patron de comportamiento de *S. invicta* en general por las area infestadas.

Es importante mencionar que estas dos días, estas areas representan pequeñas islas de poblaciones de *S. invicta*, representado por un mosaico de patrones de *S. invicta* presente generalmente en areas infestadas. Esta islas en presencia de *S. invicta* representan generalmente areas infestadas en un rango aparente menor a los 100 metros.

Identificacion de Hormigas. Las especies fueron identificadas con un stereoscopio Stemi DRC Zeiss (Germany), y se utilizaron las claves taxonomicas de Cook et al. 2002; Holldobler and Wilson, 1990; Plowes and Patrock, 2000; and Fisher 200-2008. Las hormigas fueron identificadas a especie cuando fue possible. El número de individuos fue determinado cada genero y especie por trampa en todos los sitios.

Analisis de Datos:

Estructura de Asociacion de Hormigas. La relación entre áreas infestadas y no infestadas por *S. invicta* fue analizado por un Análisis de Factores (Manly 1992); a partir de una matriz de datos de abundancia (número de hormigas por trampa) basado en la información de las trampas pitfall (Tabla 2 o Cuadro 2). Los factores son variables compuestas de las variables originales que cumplen criterios de máxima variabilidad y ortogonalidad.

Para el análisis de primero y segundo muestreo se consideraron áreas no infestadas a los transectos sin captura de *S. invicta* en trampas pitfall y cebos. Se utilizo un análisis multivariado con los datos obtenidos en las trampas pitfall., para determinar la combinación

o arreglo entre las variables (géneros y especies de hormigas), como resultado de una combinación lineal de pequeños números de variables F1, F2, F3...Fm llamados índices de factor (Johnson, *et al* 1988.) Para cuantificar el efecto de *S. invicta* en la comunidad de hormigas, usamos las densidades de diferentes especies de hormigas como variables compuestas (factores) que explican la asociación entre diferentes especies de hormigas. Este análisis determina la correlación entre variables (numero de hormigas) y la asociación (grupos) y simultáneamente su relación con el factor. El análisis determina la carga o peso de los factores que mejor explican la estructura de la comunidad de hormigas. Se consideraron los factores mas importantes denominados F1 y F2 que representan los valores mas altos de la varianza, generando un espacio bidimensional (Krzanowski 1988). Se utilizo el software Statistica ver 6 para este análisis. (Statistica Ver 6, 1988).

Resultados.

Diversidad y Densidad de Poblaciones de Hormigas. Un total de 31,838 hormigas fueron capturadas en las trampas pitfall: 5,335 en el primer muestreo, 3,673 en el Segundo muestreo, 11,544 en el tercer muestreo, and 11,285 en el cuarto muestreo (Tabla 1).

	Primer Muestreo		Segundo Muestreo		Tercer Muestreo		Cuarto Muestreo	
	Area no Infestada	Area Infestada	Area no Infestada	Area Infestada	Area no Infestada	Area Infestada	Area no Infestada	Area Infestada
Total de Hormigas	984	4,351	513	3,160	7,450	4,090	3,568	7,718

Tabla 4.1 Total de hormigas capturadas en cuatro muestreos en Matamoros, Tamaulipas, Mex.

Se colectaron seis subfamilias y 32 taxas de hormigas. Myrmicinae fue la mas diversa de las subfamilias (14 taxas) seguida por Formicinae (6), Ponerinae (5) and Dolichoderinae and Ecitoninae, (3 cada una) y Pseudomyrmicinae (1). (Tabla 2). En las areas no infestadas la taxa mas abundante en el primero, Segundo y tercer muestreo fue *Pheidole spp.* (64%, 46%, y 32% de hormigas colectadas); en el cuarto muestreo la mas abundante fue *S. geminata*, seguida por *Forelius spp.* En los cuatro muestreos la especie mas bundante en las areas infestadas fue *S. invicta* representando 50%, 55%, 55% and 63 % de la poblacionn de hormigas, seguida por *Forelius spp.* *S. invicta* nunca fue colectada en las areas no infestadas en los años de muestreo (2007-2009).

Sub Family	Species	Primer Muestreo				Segundo Muestreo				Tercer Muestreo				Cuarto Muestreo			
		Área No Infestada		Área Infestada		Área No Infestada		Área Infestada		Área No Infestada		Área Infestada		Área No Infestada		Área Infestada	
		Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Dolichoderinae	<i>D. bicolor</i>	8	0.81	122	2.8	1	0.19	21	0.66	565	7.58	48	1.17	0	0	0	0
Dolichoderinae	<i>D. flavus</i>	28	2.85	214	4.92	43	8.38	69	2.18	299	4.01	66	1.61	457	12.81	91	1.18
Dolichoderinae	<i>Forelius</i> sp	81	8.23	867	19.93	78	15.20	933	29.5	960	12.89	497	12.14	895	25.08	1164	15.08
Ecitoninae	<i>Labidus</i> sp	0	0	0	0	0	0.00	0	0	83	1.11	30	0.73	0	0	0	0.00
Ecitoninae	Ecitoninae	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0.00	1	0.03	0	0.00
Ecitoninae	<i>Neivamyrmex</i> sp	9	0.91	38	0.87	0	0.00	0	0	1	0.01	0	0.00	0	0	0	0.00
Formicinae	<i>Camponotus</i> sp	38	3.86	2	0.05	1	0.19	9	0.28	35	0.47	21	0.51	37	1.04	159	2.06
Formicinae	<i>Formica</i> sp	0	0	0	0	0	0.00	0	0	3	0.04	2	0.05	0	0	0	0.00
Formicinae	<i>Nylanderia</i> sp	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0.00	26	0.73	13	0.17
Formicinae	<i>P. terricola</i>	31	3.15	23	0.53	1	0.19	1	0.03	82	1.10	0	0.00	16	0.45	28	0.36
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i>	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0.00	1	0.03	0	0.00
Formicinae	<i>Myrmecocystus</i>	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0.00	0	0	1	0.01
Myrmicinae	<i>Cardiocondyla</i> sp	0	0	0	0	0	0.00	0	0	5	0.07	0	0.00	0	0	0	0.00
Myrmicinae	<i>Crematogaster</i> sp	4	0.41	8	0.18	0	0.00	1	0.03	40	0.54	36	0.88	37	1.04	82	1.06
Myrmicinae	<i>Cyphomyrmex</i> sp	1	0.1	7	0.16	16	3.12	24	0.76	111	1.49	81	1.98	38	1.07	151	1.96
Myrmicinae	<i>Leptothorax</i> sp	19	1.93	48	1.1	0	0.00	0	0	100	1.34	48	1.17	55	1.54	20	0.26

Myrmicinae	M. minimun	37	3.76	164	3.77	16	3.12	42	1.33	159	2.13	46	1.12	104	2.91	72	0.93
Myrmicinae	P. barbatus	21	2.13	9	0.21	25	4.87	40	1.27	113	1.52	187	4.57	253	7.09	73	0.95
Myrmicinae	Pheidole sp	631	64.13	361	8.3	240	46.78	100	3.16	2401	32.23	261	6.38	416	11.66	518	6.71
Myrmicinae	S. geminata	22	2.24	230	5.29	90	17.54	164	5.19	2147	28.82	293	7.16	1044	29.26	140	1.81
Myrmicinae	S. invicta	0	0	2198	50.52	0	0.00	1746	55.3	0	0.00	2257	55.13	0	0	4936	63.95
Myrmicinae	S. molesta	4	0.41	4	0.09	0	0.00	0	0	42	0.56	48	1.17	2	0.06	10	0.13
Myrmicinae	Strumigenys sp	0	0	12	0.28	0	0.00	5	0.16	6	0.08	5	0.12	0	0	2	0.03
Myrmicinae	Tetramorium sp	49	4.98	38	0.87	0	0.00	3	0.09	222	2.98	141	3.44	97	2.72	148	1.92
Myrmicinae	Trachymyrmex sp	0	0	0	0	0	0.00	0	0	3	0.04	0	0.00	9	0.25	15	0.19
Myrmicinae	Cephalotes	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0.00	1	0.03	0	0.00
Ponerinae	Leptogenys sp	0	0	0	0	0	0.00	0	0	30	0.40	15	0.37	3	0.08	19	0.25
Ponerinae	P. harpax	1	0.1	5	0.11	0	0.00	1	0.03	18	0.24	3	0.07	2	0.06	11	0.14
Ponerinae	P. villosa	0	0	0	0	0	0.00	0	0	14	0.19	1	0.02	56	1.57	26	0.34
Ponerinae	Ponera sp	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0.00	2	0.06	0	0.00
Ponerinae	H. opacior	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0.00	2	0.06	0	0.00
Pseudomyrmicinae	Pseudomyrmex sp	0	0	1	0.02	2	0.39	1	0.03	11	0.15	8	0.20	14	0.39	39	0.51
Total		984	100	4351	100	513	100	3160	100	7450	100	4094	100	3568	100	7718	100
Numero de Especies		16		19		11		16		24		21		24		22	

1 Table 4.2. Diversidad y abundancia relative de hormigas capturadas en cuatro muestreos en Matamoros, Tamaulipas. Mex

1 El mayor numero de generos fue colectado en el area no infestada en el tercer y cuarto
2 muestreo (24 generos), seguido por el area infestada en los cuatro muestreo con (22 generos).
3 Para el primero y segundo muestreo el area infestada fue la mas diversa con 19 y 16 generos
4 respectivamente, mientras que el area no infestada se colectaron 16 y 11 generos para el
5 primero y segundo muestreo. Un mayor número de trampas pitfall fueron usadas en el area
6 infestada (166 en el primero y 87 en el Segundo muestreo) mientras que en el area no infestada
7 fue menor el numero de trampas (59 en el primero y 44 en el Segundo muestreo). En el tercer y
8 cuarto muestreo en el area no infestada yielded el mayor numero de generos (24), mientras que el
9 area infestada resulto yielded con 21 y 23 generos Un mayor numero de taxas fueron
10 colectados en el tercer y cuarto muestreo para el area infestada y no infestada, mientras que el
11 primero y Segundo muestreo result menor, debido al uso de trampas de mayor tamaño en el
12 tercero y cuarto muestreo. (Tabla 2).

13 Primer Muestreo:

14 Area No Infestada: El analisis muestra que los dos primeros factores representan el 37 %
15 del total de la varianza (Tabla 3). El primer factor explica el 20 % y representa una correlacion
16 positiva entre: *Forelius sp.*, *Pogonomyrmex barbatus* y *Dorymyrmex flavus* (Figura 1, Grupo
17 A). El Segundo factor explica el 17% del total de la varianza y representa una correlacion
18 positiva alo largo de areas con vegetación mas alta: *Leptothorax sp*, *Camponotus sp* y
19 *Tetramorium sp*. (Figura 1, Group B), y una correlacion negative con *S. geminata*.

20 Area Infestada: El analisis muestra que los dos primeros factores representan el 35 % del
21 total de la varianza (Tabla 3). El primer factor explica el 18%, y representa una correlacion
22 positiva entre *D. bicolor*, *P. barbatus*, y *Tetramorium sp* (Figura 2, Grupo A), pero no presenta
23 una correlacion negative con otras variables (hormigas). El Segundo factor expliuca el 17% de
24 la varianza total y representa una correlacion positiva entre hormigas en areas disturbadas: *S.*
25 *invicta* y *Nylanderia terricola* (Figura 2, Grupo B).

26

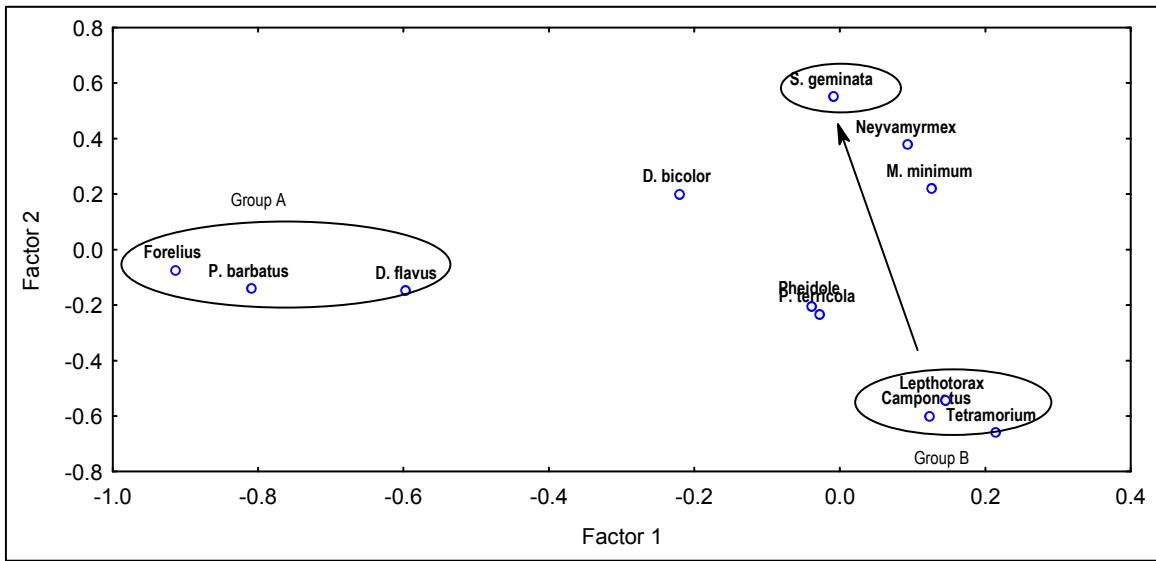
27

28

29

30

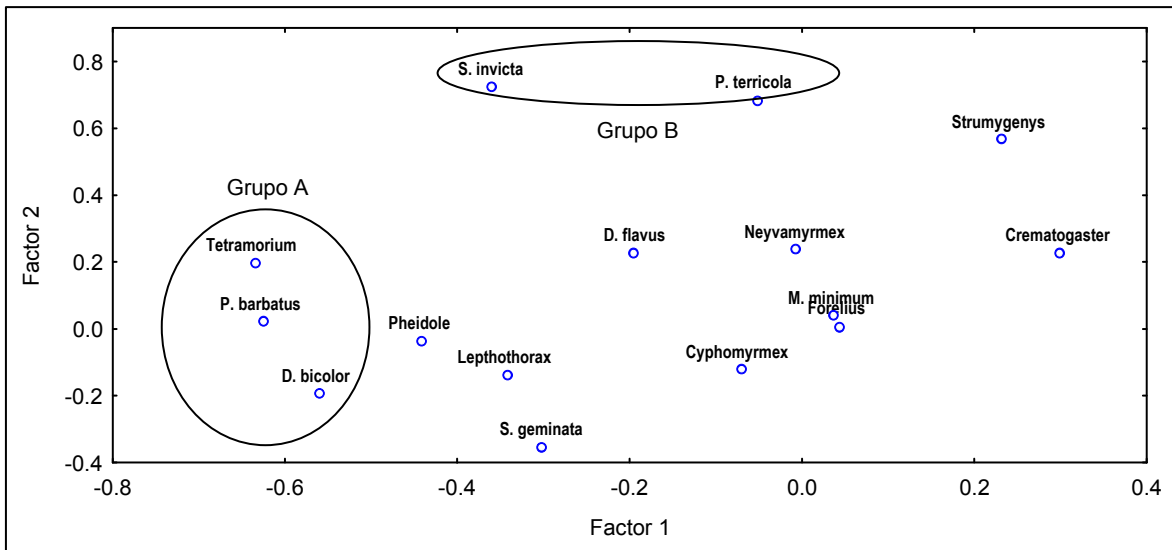
1
2
3
4
5
6
7



8
9
10
11

Figura 4.1. Analisis de correlacion para la variable (species de hormigas) basados en los factores 1 y 2 para las especies encontradas en el primer muestreo en el area no infestada por *S. invicta*.

12
13
14
15
16
17
18
19
20



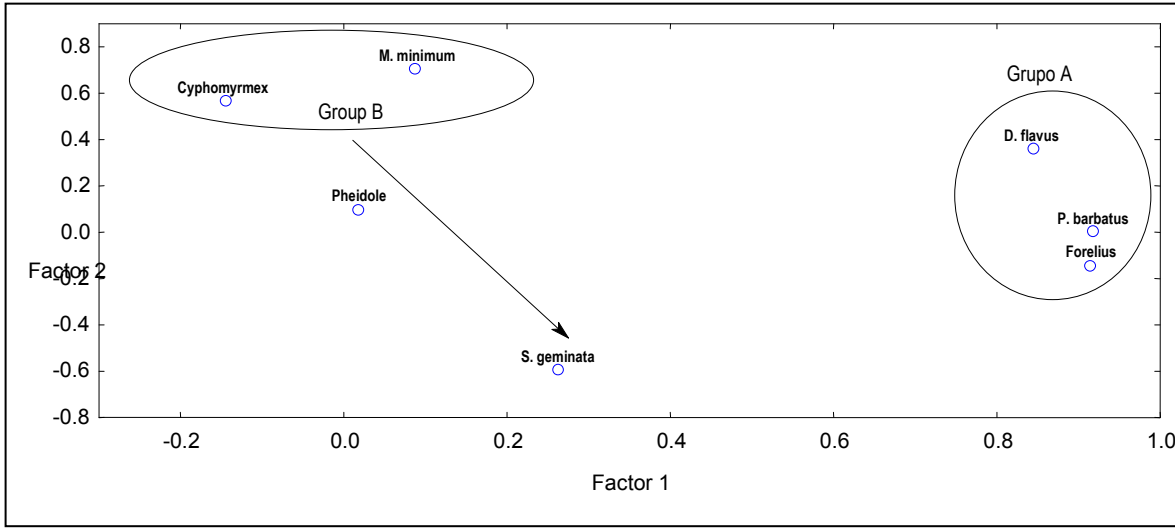
21

Figure 4.2. Analisis de correlacion par alas variables (species de hormigas) basadas en los factores 1 y 2 para las especies colectadas en el primer muestreo en areas infestadas por *S. invicta* .

25 Segundo Muestreo:

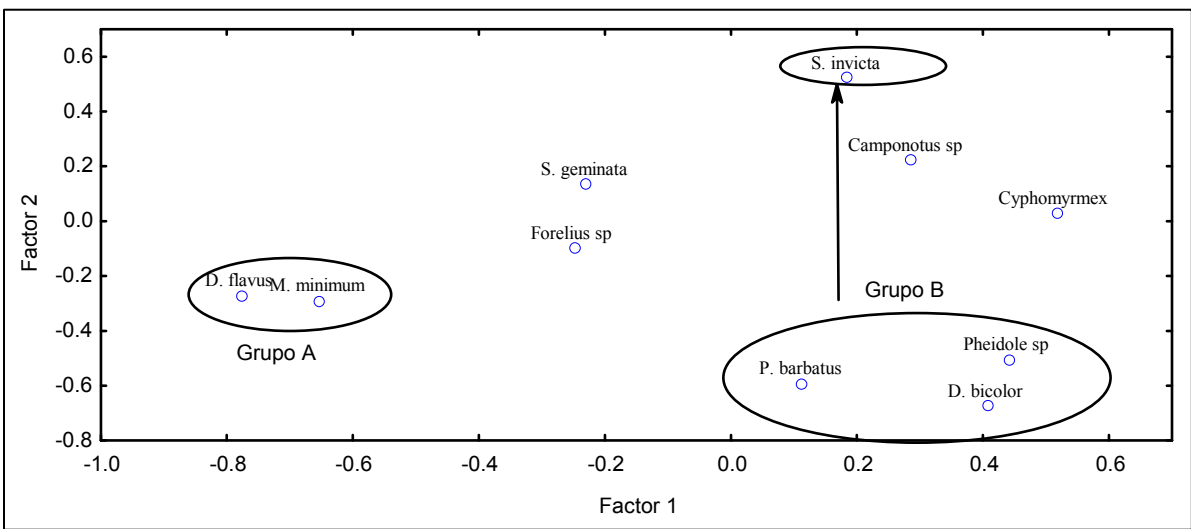
26 Area No infestada: El analisis muestra que los dos primeros factores representan el 37%
27 dl total de la varianza (Tabla 3). El primer factor explica el 24%, y representa una correlacion

1 positiva entre *Forelius sp*, *P. barbatus* y *D. flavus* (Figura 3, Grupo A). El Segundo factor
 2 explica el 13% del total de la varianza y representa una correlacion positiva entre *Monomorium*
 3 *minimum* y *Cyphomyrmex spp.*, y a su vez una relacion negative con *S. geminata* (Figura 3,
 4 Grupo B).



19 Figura 4.3. Analisis de correlacion para las variables (species de hormigas) basados en los
 20 factores 1 y 2 para las especies encontradas en el segundo muestreo en el area no infestada por *S.*
 21 *invicta*.

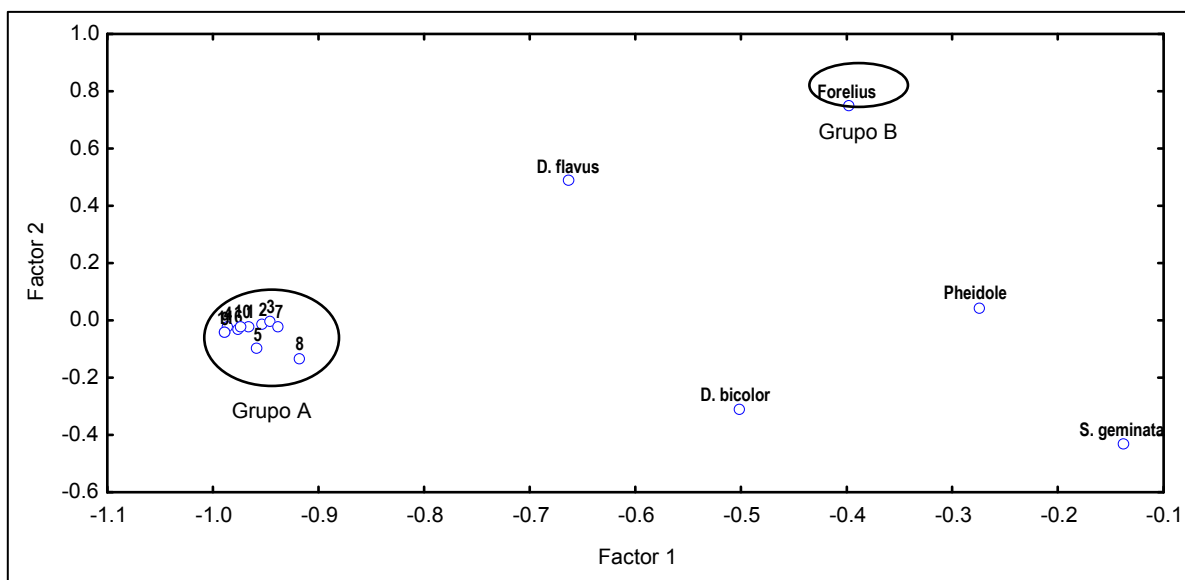
22 Area Infestada: El analisis muestra que los dos primeros factores representa el 34% de la
 23 varianza total (Tabla 3). El primer factor explica el 19%, y representa una correlacion positiva
 24 entre *D. flavus* y *M. minimum* (Figura 4, Grupo A), y a su vez una correlacion negativa con
 25 *Cyphomyrmex spp.* El Segundo factor explica el 15% de la varianza total y representa una
 26 correlacion positiva entre *P. barbatus*, *D. bicolor* y *Pheidole spp* (Figura 4, Grupo B), y a su
 27 vez una correlacion negative con *S. invicta*.



1 Figura 4.4. Analisis de correlacion para variables (species de hormigas) basadas en los
2 Factores 1 y 2 para las especies encontradas en el Segundo muestreo en areas infestadas por
3 *S. invicta*.

4 Tercer Muestreo:

5 Area No Infestada: El analisis muestra que los dos primeros factores representan el 13%
6 del total de la varianza (Tabla 3). El primer factor explica el 12%, y representa una correlacion
7 positiva entre 13 taxa (Figura 5, Grupo A). El Segundo factor explica el 1% de la varianza
8 representad por *Forelius sp.* (Figura 5, Grupo B).



19 Figure 4.5. Analisis de correlacion para las variables (species de hormigas) basados en los
20 factores 1 y 2 para las especies encontradas en el tercer muestreo en el area no infestada por *S.*
21 *invicta*. Numeros corresponden a: (1). *P. terricola* (2). *M. minimum* (3). *Tetramorium* (4).
22 *Camponotus* (5). *Cyphomyrmex* (6). *Solenopsis molesta* (7). *P. barbatus* (8). *Labidus* (9).
23 *Leptogenys* (10). *Crematogaster*

24

25 Area Infestada: El analisis muestra que los dos primeros factores representan el 13 % del total de
26 la varianza (Tabla 3). El primer factor explica el 12%, y representa una correlacion positiva entre 15
27 taxaa (Figura 6, Grupo A). El Segundo factor explica solo el 1% del total de la varianza y esta
28 representada por *S. invicta* (Figura 6, Grupo B).

29

30

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

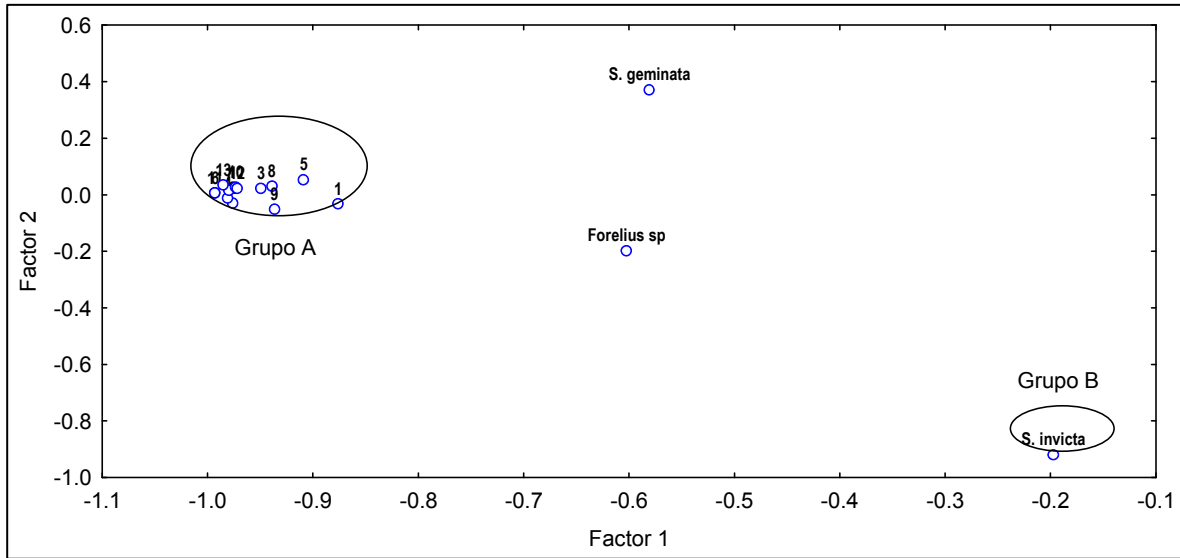
15

16

17

18

19



20

21

22

23

24

25

26 Cuarto Muestreo:

27

28

29

30

Area No Infestada: Los dos factores representan el 38% de la varianza total (Tabla 3). El primer factor explica el 21%, y representa una correlacion positiva entre 13 taxas incluyendo *P. barbatus* y *Nylanderia* sp. (Figura 7, Grupo A). El Segundo factor explica el 17% de la varianza total y esta representado por *Pheidole* sp. (Figura 7, Grupo B).

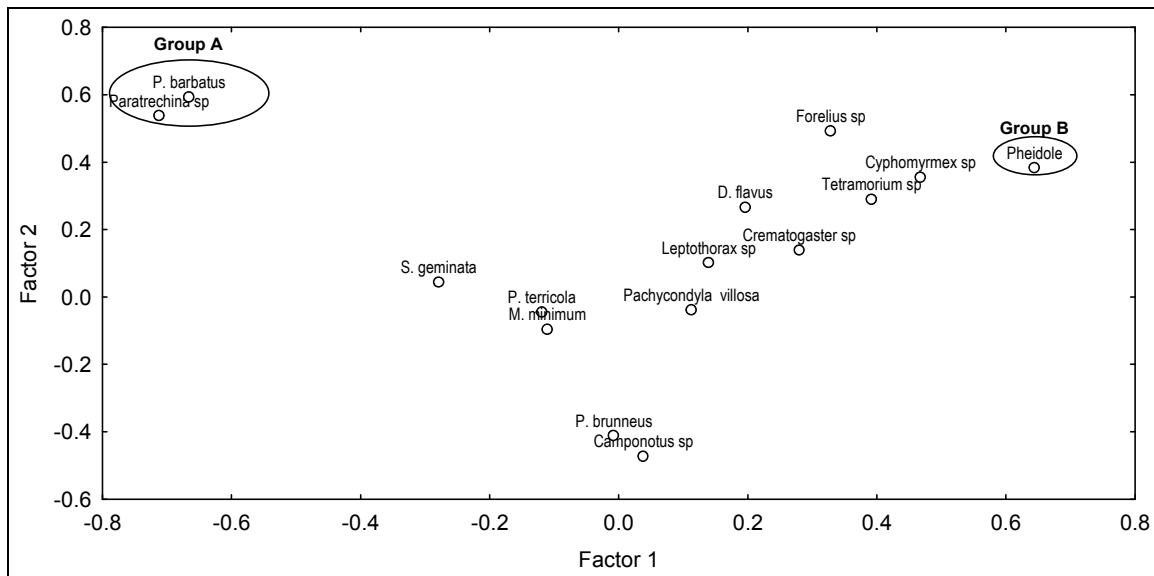
31

32

33

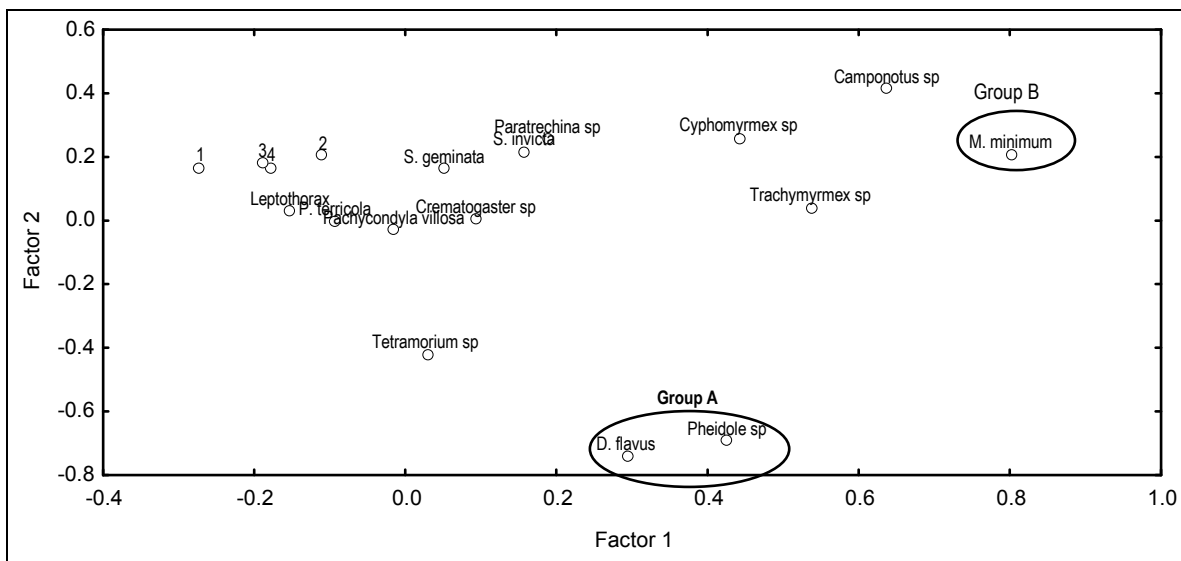
34

Area Infestada: Los dos factores representan el 37% de la varianza total (Tabla 3). El primer factor explica el 20%, y representa una correlacion positiva entre *D. flavus* y *Pheidole* (Figura 8, Grupo A). El Segundo factor explica el 17 % de la varianza total y esta representado pors *M. minimum* (Figura 8, Grupo B).



1
2
3
4
5

Figura 4.7. Analisis de correlacion par las variables (especies de hormigas) basados en los factores 1 y 2 para las especies encontradas en el tercer muestreo en el area no infestada por *S. invicta*.



6
7
8
9
10
11
12

Figure 4.8. Analisis de correlacion par las variables (Especies de hormigas) basado en los factors 1 y 2 para las especies colectadas en el cuarto muestreo en las areas infestadas por *S. invicta*. Numeros corresponden a: (1). *P. barbatus* (2). *P. brunneus* (3) *Leptogenys* (4) *F. pruinosus*. *Trachymyrmex*

Species	Primer Muestreo				Segundo Muestreo				Tercer Muestreo				Cuarto Muestreo			
	Area No Infestada		Area Infestada		Area No Infestada		Area Infestada		Area No Infestada		Area Infestada		Area No Infestada		Area Infestada	
	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2
Camponotus	0.1215	-0.5966	-	-	-	-	0.2850	0.2206	-0.9861	-0.0255	-0.9929	0.0055	0.0381	-0.4723	0.6377	0.4136
Crematogaster	-	-	0.2987	0.2295	-0.1459	0.5674	-	-	-0.9887	-0.0379	-0.9850	0.0338	0.2799	0.1388	0.0946	0.0039
Cyphomyrmex	-	-	-0.0722	-0.1210	-	-	0.5175	0.0273	-0.9578	-0.0983	-0.9797	0.0155	0.4677	0.3554	0.4421	0.2610
D. bicolor	-0.2203	0.2019	-0.5608	-0.1928	-	-	0.4076	-0.6766	-0.5017	-0.3088	-0.9761	-0.0303	-	-	-	--
D. flavus	-0.5973	-0.1461	-0.1954	0.2297	0.8436	0.3613	-0.7772	-0.2700	-0.6620	0.4854	-0.9493	0.0222	0.1963	0.2659	0.2937	-0.7425
Forelius	-0.9146	-0.0695	0.0428	0.0098	0.9154	-0.1404	-0.2482	-0.0989	-0.3976	0.7513	-0.6024	-0.1982	0.3285	0.4932	-0.1772	0.1666
Labidus	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.9182	-0.1301	-0.9734	0.0264	-	-	-	-
Lepthogenys	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.9884	-0.0443	-0.9928	0.0058	-	-	-0.1893	0.1797
Lepthorax	0.1438	-0.5426	-0.3421	-0.1361	-	-	-	-	-0.9724	-0.0195	-0.9719	0.0216	0.1396	0.1024	-0.1523	0.0307
M. minimum	0.1262	0.2212	0.0362	0.0408	0.0862	0.7029	-0.6540	-0.2883	-0.9529	-0.0108	-0.9809	-0.0119	-0.1105	-0.0968	0.8027	0.2079
Neyvamyrmex	0.0922	0.3821	-0.0078	0.2392	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P. barbatus	-0.8106	-0.1390	-0.6267	0.0240	0.9185	-0.0001	0.1143	-0.5904	-0.9377	-0.0179	-0.9364	-0.0514	-0.6659	0.5936	-0.2713	0.1664
P. terricola	-0.0277	-0.2305	-0.0535	0.6869	-	-	-	-	-0.9649	-0.0184	-	-	-0.1190	-0.0448	-0.0918	-0.0011
Nylanderia sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.7122	0.5380	0.1885	0.2559
Pheidole	-0.0405	-0.2008	-0.4430	-0.0351	0.0186	0.1010	0.4428	-0.5036	-0.2752	0.0464	-0.8760	-0.0323	0.6440	0.3831	0.4244	-0.6932

P. brunneus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.0080	-0.4113	-0.1091	0.2038
P. villosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1128	-0.0383	-0.0170	-0.0306
S. geminata	-0.0110	0.5553	-0.3022	-0.3511	0.2617	-0.5953	-0.2297	0.1343	-0.1367	-0.4312	-0.5808	0.3709	-0.2790	0.0440	0.0529	0.1608	
S. invicta	-	-	-0.3608	0.7245	-	-	0.1861	0.5224	-	-	-0.1974	-0.9207	-	-	0.1586	0.2175	
S. molesta	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.9762	-0.0357	-0.9389	0.0296	-	-	-	-	
Strumygenys	-	-	0.2307	0.5683	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Trachimymex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5387	0.0401
Tetramorium	0.2132	-0.6569	-0.6348	0.1996	-	-	-	-	-0.9459	-0.0003	-0.9090	0.0529	0.3917	0.2895	0.0286	-0.4192	
Variance explained	2.0068	1.7649	1.8370	1.7194	2.4909	1.3308	1.9050	1.5662	11.1411	1.1166	12.7009	1.0361	2.1004	1.7495	2.0609	1.7615	
Proportion of total variance	0.1672	0.1471	0.1225	0.1146	0.3558	0.1901	0.1905	0.1566	0.6963	0.0698	0.7938	0.0648	0.1400	0.1166	0.1145	0.0979	

1

2 Tabla 3.3. Eigenvalues (species), Eigenvalues and the proportion of the total variance explained by the two first factors for the species of ants
3 captured in the samples.

4

5

6

1 **Discussion.**

2

3 Luff (1975) reporta que la eficacia de las trampas pitfall depende de el tamaño, shape y
4 el tipo de material. Trampas pequeñas y largas son mas eficientes en la captura de hormigas de
5 tamaño pequeño y grande. (van den Bergh 1992)., en particular, Luff (1975) recomiendan usar
6 trampas pitfall de tamaño grande. La captura de los artropodos depende tambien de factores
7 como la actividad y de la densidad de poblacion (Briggs 1961, Greenslade 1964), que a su ves
8 pueden ser afectados por el tipo de vegetacion y suelo presents en el area. (Greenslade 1964,
9 Baars 1979).

10

11 *Abundancia Relativa.*

12 En las areas infestadas, la especie mas abundante en los tres muestreos fue *S. invicta*, con 50,
13 55 y 55 % del total de las hormigas capturadas respectivamente. (Tabla 1; ver Table 4 para
14 porcentajes). Esta abundancia debio haber sido a la habilidad y eficacia del insect para competir
15 por alimento, comida y (Camilo et al 1990; Wojcik et al 2001; Cook 2003; and Calixto et al
16 2007). It was followed by *Forelius* (19, 29 and 12 %). Estos resultados coniciden con los
17 reportados por Camilo et al (1990), donde *S. invicta* acumulo el 41.9 % de las hormigas
18 capturadas en el centro del Texas usando trampas pitfall. Cherry (2001) reporta que *S. invicta*
19 tubo una mayor densidad de poblacion que las species de hormigas nativas. En el area no
20 infestada la especie de hormiga mas abundante fue *Pheidole* spp. (32-64%), seguida por by *S.*
21 *geminata* y *Forelius* spp.

22

Sub Familia	Especies	Area No Infestada				Promedio	Area Infestada				Promedio
		Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo	Cuarto Muestreo		Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo	Cuarto Muestreo	
Dolichoderinae	D. bicolor	8	1	565	0	143.5	122	21	48	0	47.75
Dolichoderinae	D. flavus	28	43	299	457	206.75	214	69	66	91	110
Dolichoderinae	Forelius sp	81	78	960	895	503.5	867	933	497	1164	865.25
Ecitoninae	Labidus sp	0	0	83	0	20.75	0	0	30	0	7.5
Ecitoninae	Ecitoninae	0	0	0	1	0.25	0	0	0	0	0
Ecitoninae	Neivamyrmex sp	9	0	1	0	2.5	38	0	0	0	9.5
Formicinae	Camponotus sp	38	1	35	37	27.75	2	9	21	159	47.75
Formicinae	Formica sp	0	0	3	0	0.75	0	0	2	0	0.5
Formicinae	Nylanderia sp	0	0	0	26	6.5	0	0	0	13	3.25
Formicinae	P. terricola	31	1	82	16	32.5	23	1	0	28	13
Formicinae	Brachymyrmex	0	0	0	1	0.25	0	0	0	0	0
Formicinae	Myrmecocystus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.25
Myrmicinae	Cardiocondyla sp	0	0	5	0	1.25	0	0	0	0	0
Myrmicinae	Crematogaster sp	4	0	40	37	20.25	8	1	36	82	31.75
Myrmicinae	Cyphomyrmex sp	1	16	111	38	41.5	7	24	81	151	65.75
Myrmicinae	Leptothorax sp	19	0	100	55	43.5	48	0	48	20	29
Myrmicinae	M. minimun	37	16	159	104	79	164	42	46	72	81
Myrmicinae	P. barbatus	21	25	113	253	103	9	40	187	73	77.25
Myrmicinae	Pheidole sp	631	240	2401	416	922	361	100	261	518	310

Myrmicinae	<i>S. geminata</i>	22	90	2147	1044	825.75	230	164	293	140	206.75
Myrmicinae	<i>S. invicta</i>	0	0	0	0	0	2198	1746	2257	4936	2784.25
Myrmicinae	<i>S. molesta</i>	4	0	42	2	12	4	0	48	10	15.5
Myrmicinae	<i>Strumigenys</i> sp	0	0	6	0	1.5	12	5	5	2	6
Myrmicinae	<i>Tetramorium</i> sp	49	0	222	97	92	38	3	141	148	82.5
Myrmicinae	<i>Trachymyrmex</i> sp	0	0	3	9	3	0	0	0	15	3.75
Myrmicinae	<i>Cephalotes</i>	0	0	0	1	0.25	0	0	0	0	0
Ponerinae	<i>Leptogenys</i> sp	0	0	30	3	8.25	0	0	15	19	8.5
Ponerinae	<i>P. harpax</i>	1	0	18	2	5.25	5	1	3	11	5
Ponerinae	<i>P. villosa</i>	0	0	14	56	17.5	0	0	1	26	6.75
Ponerinae	<i>Ponera</i> sp	0	0	0	2	0.5	0	0	0	0	0
Ponerinae	<i>H. opacior</i>	0	0	0	2	0.5	0	0	0	0	0
Pseudomyrmicinae	<i>Pseudomyrmex</i> sp	0	2	11	14	6.75	1	1	8	39	12.25

Tabla 3.4. Promedio de hormigas capturadas en cuatro muestreos en Matamoros, Tamaulipas. Mex.

1

2

Diversidad de Hormigas.

En áreas infestadas por *S. invicta*, fue ligeramente mayor el número de taxas que en el área no infestada (Tabla 1), esto puede ser debido al mayor número de trampas por transecto así como al mayor número de trampas en las áreas infestadas. Es importante notar que en el Segundo muestreo, aparentemente la diversidad de hormigas no decrece en respuesta al número pequeño de trampas puede ser más probable debido a que se utilizaron trampas de mayor tamaño (6 cm de diámetro).

Las hormigas colectadas incluyeron 32 de 57 géneros de hormigas colectados históricamente para el Cameron County, Texas (O'Keefe et al. 2000), el cual es adyacente al Río Bravo donde se realizó el muestreo. Calixto (2004) y Calixto (2007) reporta la ausencia hasta de 8 especies de hormigas en las áreas infestadas por *S. invicta*.

Asociación de Hormigas.

El análisis multivariado factorial muestra que *S. invicta* en áreas infestadas y no infestadas fue diferente el patrón de asociación especial en las poblaciones de hormigas nativas y su interacción. En los dos primeros muestreos En los dos primeros días de muestreo las especies de hormigas fueron más dispersas. *D. flavus*, *P. barbatus* and *Forelius* sp posiblemente coexisten y su alimentación es muy similar, a lo producido en las viviendas u otros recursos naturales. En las áreas infestadas, la diversidad la diversidad de poblaciones de hormigas nativas permanece, indicando que *S. invicta* y las especies nativas nativas posiblemente usan diferentes recursos naturales. El tercer muestreo (Figura 5) muestra claras diferencias en la diversidad de hormigas en áreas infestadas y no infestadas por *S. invicta*. En áreas infestadas la especie más abundante fue, *S. invic*, y el análisis factorial indica que tuvo una interacción negativa con *S. geminata* and *Forelius*. La mayoría de las otras especies (Grupo A) muestran una asociación positiva entre ellas cuando está presente *S. invicta*. Similarmente, en las áreas no infestadas (Figura 6), present una asociación positiva entre ellas grupo A, en respuesta a la especie dominante *S. geminata*, *D. flavus*, *D. bicolor* y *Pheidole* sp. Camilo et al. (1990) reporta que *S. invicta* interactúa con nueve especies de hormigas nativas en el centro de Texas, y se observe un impacto negativo con *Pogonomyrmex* and *Pheidole*. Así mismo, en nuestro análisis,

Pheidole sp, *P. barbatus*, *D. flavus* y *Forelius* sp fue asociado negativamente con *S. invicta*. Calixto 2007 reporta que *D. flavus*, *P. barbatus* y *Pheidole* presentaron una interacción negativa con *S. invicta*, una reducción en las poblaciones de *S. invicta* resultó en un incremento en las poblaciones en densidad y diversidad de hormigas siendo, *D. flavus* siendo la especie que más respondió. Nuestros datos en el área no infestada provienen de una base de datos y una referencia especial para futuros estudios sobre *S. invicta* en el desarrollo de interacciones con hormigas mexicanas y mezoamericanas.

Literatura Citada.

- A Fossil Ant Colony: New Evidence of Social Antiquity. *Psyche* **71**: pp. 93-103. 1964. doi:10.1155/1964/17612. <http://psyche.entclub.org/pdf/71/71-093.pdf>.
- Agosti D, Johnson NF (eds.) (2005). *Antbase*. American Museum of Natural History.
- Agosti D, Majer JD, Alonso JE, Schultz TR (eds.) (2000). *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press.
- Baars, M.A. 1979. Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia* (Berl.) 41:25-46
- Bert Hölldobler, Edward O. Wilson (1990). *The Ants*. Harvard University Press. ISBN 0674040759
- Briggs, J.B. 1961. A comparison of pitfall trapping and soil sampling in assessing populations of two species of ground beetles (Col.: Carabidae). Report of the East Malling Research Station 1960:108-112.
- Brown SGA, Heddle RJ, Wiese MD, Blackman KE (2005). Efficacy of ant venom immunotherapy and whole body extracts. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* **116** (2): pp. 464-465. doi:10.1016/j.jaci.2005.04.025.
- Brusca R.C y Brusca G. J (2005). XXVI, *Invertebrados*, 2ª edición, Madrid y otros: McGraw-Hill-Interamericana, p. 1005. ISBN 0-87893-097-3.
- Camilo, G. R. y S. A. Philips. 1990. Evolution of ant communities in response to invasion by the fire ant *Solenopsis invicta*, pp.190-198 in: R. K. Vander Meer, K. Jaffé y A. Cedeno, eds., *Applied Myrmecology: A World Perspective* Westview Press, Boulder.
- Cook (2003) Conservation and biodiversity in an area impacted by the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera:Formicidae). *Biodiversity and Conservation* 12:187-195.

- Cook, J. L., Stephen, F., O'Keefe, S. T. & Vinson, S. B. (2002) Texas Fire Ant Identification: An Illustrated Key. Fire Ant Plan Fact Sheet 13. Texas Cooperative Extension/Texas Agricultural Experiment Station.
- Calixto, A., M. K. Harris., A. Knutson and C, L, Barr 2008 Response of Native Ant Assemblages to *Solenopsis invicta* Buren Reduction by a Broadcast Bait In press
- Calixto, A. 2004 Diversity, Abundance, Seasonality and Interactions of Ants (Hymenoptera:Formicidae) in pecans in Mumford, Robertson Co., Texas. MSc Thesis. Texas A&m University. 164 p
- Calixto, A., M. K. Harris., A. Knutson and C, L, Barr 2007. Native Ant Responses to *Solenopsis invicta* Buren Reduction Using Broadcast Bait. *Environ. Entomol* 36(5):1112-1123.
- Calixto, A., M. K. Harris., A. Knutson and C, L, Barr 2008 Response of Native Ant Assemblages to *Solenopsis invicta* Buren Reduction by a Broadcast Bait In press.
- Clarke PS (1986). The natural history of sensitivity to jack jumper ants (Hymenoptera: Formicidae: *Myrmecia pilosula*) in Tasmania» *Medical Journal of Australia* **145**: pp. 564-566. PMID 3796365.
- Chapman, RE y Bourke, Andrew FG (2001). The influence of sociality on the conservation biology of social insects *Ecology Letters* **4** (6): pp. 650-662. <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/120712743/PDFSTART>.
- Cheney RH, Scholtz E (1963). Rooibos tea, a South African contribution to world beverages. *Economic Botany* **17** (3): pp.186-194. ISSN 1874-9364. <http://www.springerlink.com/content/321875k510720085/fulltext.pdf>.
- Cherry, R. (2001) Interrelationships of ant (Hymenoptera:Formicidae) and souther Chinch Bug (Hemipter:Lygaeidae) in Florida *Laws Journal of Entomological Science* 36:4
- Choe D-H, Millar JG, Rust MK (2009). Chemical signals associated with life inhibit necrophoresis in Argentine ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106** (20): pp. 8251-8255. doi:10.1073/pnas.0901270106.
- D'Ettorre P, Heinze J (2001). Sociobiology of slave-making ants. *Acta ethologica* **3**: pp. 67-82. <http://www.springerlink.com/content/cj1arl0gqb2amw7h/>.
- Detrain C, Deneubourg JL, Pasteels JM (1999). *Information processing in social insects*. Birkhäuser, pp. 224-227. ISBN 3764357924.
- Donal J. Borror, Charles A. Triplehorn, Norman F. Johnson (1989). *Introduction to the Study of Insects*, 6ª edición , Saunders College Publishing. ISBN 0030253977.

- Downes D, Laird SA (1999). Innovative mechanisms for sharing benefits of biodiversity and related knowledge (PDF). The Center for International Environmental Law.
- Fent K, Rudiger W (1985). Ocelli: A celestial compass in the desert ant *Cataglyphis*. *Science* **228** (4696): pp. 192-194. doi:10.1126/science.228.4696.192. PMID 17779641.
- Fernández, F. (2003). «Relaciones entre hormigas y plantas: una introducción», *Introducción a las hormigas de la región Neotropical* (PDF), Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, p. 174
- Fisher, B. L. (2000-2008) *Ants of the World*.
- Formiga. *Enciclopèdia Catalana*. <http://ec.grec.net/lexicx.jsp?GECART=0066217>.
- Goss S, Aron S, Deneubourg JL, Pasteels JM (1989). Self-organized shortcuts in the Argentine ant. *Naturwissenschaften* **76**: pp. 579-581. doi:10.1007/BF00462870.
- Greene MJ, Gordon DM (2007). Structural complexity of chemical recognition cues affects the perception of group membership in the ants *Linepithema humile* and *Aphaenogaster cockerelli*. *Journal of Experimental Biology* **210**: pp. 897-905. doi:10.1242/jeb.02706. <http://jeb.biologists.org/cgi/content/abstract/210/5/897>.
- Gottrup F, Leaper D (2004). Wound healing: Historical aspects. *EWMA Journal* **4** (2): p. 21. http://ewma.org/fileadmin/user_upload/EWMA/pdf/journals/EWMA_Journal_Vol_4_No_2.pdf. Consultado el 30 de mayo de 2009.
- Greenslade, P.J.M. 1964. Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology* **33**:301-310.
- Gudger EW (1925). Stitching wounds with the mandibles of ants and beetles *Journal of the American Medical Association* **84**: pp. 1861-1864.
- Haddad Jr. V, Cardoso JLC, Moraes RHP (2005). Description of an injury in a human caused by a false tocandira (*Dinoponera gigantea*, Perty, 1833) with a revision on folkloric, pharmacological and clinical aspects of the giant ants of the genera *Paraponera* and *Dinoponera* (sub-family Ponerinae). *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* **47** (4):pp. 235-238. <http://www.scielo.br/pdf/rimtsp/v47n4/25664.pdf>. Consultado el 30 de mayo de 2009.
- Hymenoptera name server. Formicidae species count. Ohio State University.

- Holldobler, B. & Wilson, E. O. (1990) The ants. 732 pp. Cambridge, Massachusetts. Harvard University Press (Ed).
- Hughes W.O.H, Sumner S, Van Borm S, Boomsma JJ (2003). Worker caste polymorphism has a genetic basis in *Acromyrmex* leaf-cutting ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **100** (16): pp. 9394-9397. doi:10.1073/pnas.1633701100. PMID 12878720.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) 2008. <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx>
- Jones, Alice S. Fantastic ants - Did you know?. National Geographic Magazine.
- Johnson, NF (2007). Hymenoptera Name Server. Ohio State University.
- Juan Mousques (2007). Hormigas cortadoras causan importantes pérdidas». *Crónica Rural*.
- Julian GE, Cahan S (1999). «Undertaking specialization in the desert leaf-cutter ant *Acromyrmex versicolor*. *Animal Behaviour* **58** (2): pp. 437-442. doi:10.1006/anbe.1999.1184.
- Kaspari, M. (2000) A primer on ant ecology pp. 9–24. In Agosti, D., Majer, J., Alonso, E. and Schultz, T., (eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Biological diversity handbook series. Smithsonian Institution Press. Washington DC.
- Krzanowski W. J. (1988) Principles of multivariate analysis. A user's perspective. 2nd ed. New York. Us:Oxford University Press
- Laura Collins y Rudolf H. Scheffrahn (2008). Red imported fire ant. University of Florida
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2000). *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 12pp. Primera edición, en inglés, sacada junto con el número 12 de la revista Aliens, Diciembre 2000. Versión traducida y actualizada: Noviembre 2004.
- López-Riquelme GO, Malo EA, Cruz-López L, Fanjul-Moles ML (2006). «Antennal olfactory sensitivity in response to task-related odours of three castes of the ant *Atta mexicana* (hymenoptera: formicidae). *Physiological Entomology* **31** (4): pp. 353-360. <http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3032.2006.00526.x>.
- Luff, M. L. 1975. Some features influencing the efficiency of pitfall traps. *Oecologia* (Berl.) 19:345-357.

- McGain F, Winkel KD (2002). Ant sting mortality in Australia. *Toxicon* **40** (8): pp. 1095-1100.
- Manly B.F. 1992 *Multivariate Statistical Methods : a primer* First Edition Chapman & hall 159p London
- Mark W. Moffett. Hormigas, insectos civilizados. National Geographic en español.
- McCubbin K, Weiner J (2002). Fire ants in Australia: a new medical and ecological hazard. *Medical Journal of Australia* **176** (11): pp. 518–519. PMID 12064981
- Moffett MW, Tobin JE (1991). Physical castes in ant workers: a problem for *Dacetone armigerum* and other ants. *Psyche* **98**: pp. 283-292. doi:10.1155/1991/30265. <http://psyche.entclub.org/pdf/98/98-283.pdf>.
- Morrison, L. W. and S. D, Porter 2003 Positive association between densities of red import fire ant. *Solenopsis invicta* (Hymenoptera:Formicidae) and generalized ant and arthropod diversity. *Environ. Entomol.* 32:548-554.
- Patek SN, Baio JE, Fisher BL, Suárez AV 2006. Multifunctionality and mechanical origins: Ballistic jaw propulsion in trap-jaw ants *Proceedings of the National Academy of Sciences* **103** (34): pp. 12787-12792. doi:10.1073/pnas.0604290103. PMID 16924120. <http://www.pnas.org/content/103/34/12787.full.pdf>.
- Pest Notes: Ants (Publication 7411). University of California, Agriculture and Natural Resources (2007).
- Pest Notes: Ants University of California Agriculture and Natural Resources How to Manage Pests. Pests of Homes, Structures, People, and Pets (2007).
- Porter, S. & Savignano, D. (1990) Invasion of Polygyne Fire Ants Decimates Native Ants and Disrupts Arthropod Community. *Ecology* 71: 6, 2095-2106.
- Plowes, N. J. & Patrock, R. (2000) A field key to the ant (Hymenoptera, Formicidae) found at Brackenridge field laboratories, Austin, Travis County, Texas. Fire ant Lab Brackenridge Field Laboratories University of Texas at Austin. pp.22.
- Rabeling C, Brown JM y Verhaagh M (2008). Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution *PNAS* **105**: p. 14913. doi:10.1073/pnas.0806187105. PMID 18794530. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2567467/pdf/zpq14913.pdf>. Consultado el 31 de diciembre de 2009.

- Obin MS, Vander Meer RK (1985). Gaster flagging by fire ants (*Solenopsis spp.*): Functional significance of venom dispersal behavior. *Journal of Chemical Ecology* **11**: pp. 1757-1768. doi:10.1007/BF01012125.
- O'Keefe S. T (et al) 2000. The Distribution of Texas Ants. SouthWestern Entomologist. Supplement No 22. 92p
- Oster G.F, Wilson E O (1978). *Caste and ecology in the social insects*. Princeton: Princeton University Press, pp. 21-22. ISBN 0691023611.
- Rossa K.G, Kriegera M.J.B, Shoemaker DD (2003). Alternative genetic foundations for a key social polymorphism in fire ants. *Genetics* **165**: pp. 1853-1867.
- Sánchez-Peña, S. R., Patrock, R. J. & Gilbert, L. R. 2005 The red imported fire ant is now in Mexico: documentation of its wide distribution along the Texas-Mexico Border. *Entomological News* 116: 5, 363-366.
- Sánchez-Peña, S. R, Chacón-Cardosa, M. C., and Resendez-Perez, D. (2009) Identification of fire ants (Hymenoptera: Formicidae) from Northeastern Mexico using Morphology and Molecular markers. In press, Florida Entomologist.
- Schultz TR (1999). Ants, plants and antibiotics. *Nature* **398**: pp. 747-748. doi:10.1038/19619.
- Schultz TR (2000). In search of ant ancestors. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **97** (26): pp. 14028-14029. <http://www.pnas.org/cgi/content/full/97/26/14028>.
- Schultz, T.R. & McGlynn, T.P. (2000) The interactions of ants with other organisms pp. 35-44. In Agosti, D., Majer, J., Alonso, E. and Schultz, T., (eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Biological diversity handbook series. Smithsonian Institution Press. Washington DC.
- Shattuck, SO (1999). *Australian ants: their biology and identification* (en inglés). Collingwood, Victoria: CSIRO, p. 149. ISBN 0-643-06659-4.
- Simpson D. P (1979). *Cassell's Latin Dictionary*, 5 edición, Londres: Cassell Ltd. ISBN 0-304-52257-0.
- Silenciosas e incansables, nuevas especies de hormiga». Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.
- Some general impacts of invasive ants» (PDF). Invasive Species Specialist Group (ISSG).

- Stafford C.T (1996). Hypersensitivity to fire ant venom. *Annals of allergy, asthma, & immunology* **77** (2): pp. 87-99.
- Statistica (1998) Statistica for Windows (ver 6.0) statsoft Inc. Tulsa. Ok. USA
- Van den Bergh, E. 1992. On pitfall trapping invertebrates. *Entomological News* 103:149-156.
- Taylor, Richard W. (2007). Bloody funny wasps! Speculations on the evolution of eusociality in ants», Snelling, R. R., B. L. Fisher, & P. S. Ward (ed.). *Advances in ant systematics (Hymenoptera: Formicidae): homage to E. O. Wilson – 50 years of contributions. Memoirs of the American Entomological Institute, 80* (PDF), American Entomological Institute, pp. 580-609.
- Thomas, Philip (2007). Pest Ants in Hawaii. Hawaiian Ecosystems at Risk project (HEAR).
- Two step method for fire ant control. Oklahoma State University.
- Wade, Nicholas. *Taking a Cue From Ants on Evolution of Humans*. The New York Times. <http://www.nytimes.com/2008/07/15/science/15wils.html>. Consultado el 18 de abril de 2009.
- Ward, Philip S (2007). Phylogeny, classification, and species-level taxonomy of ants (Hymenoptera: Formicidae) *Zootaxa* **1668**: pp. 549-563. <http://www.mapress.com/zootaxa/2007f/zt01668p563.pdf>. Consultado el 30 de mayo de 2009.
- Weber, NA (1946). Dimorphism in the African *Oecophylla* worker and an anomaly (Hym.: Formicidae). *Annals of the Entomological Society of America* **39**: pp. 7-10. <http://antbase.org/ants/publications/10434/10434.pdf>.
- Wilson, E.O (1953). The origin and evolution of polymorphism in ants. *Quarterly Review of Biology* **28** (2): pp. 136-156. doi:10.1086/399512.
- Wilson, E.O. 1971. *The Insect Societies*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA. 448 pp.
- Wilson E.O, Hölldobler B (2005). The rise of the ants: A phylogenetic and ecological explanation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **102** (21): pp. 7411-7414. doi:10.1073/pnas.0502264102. PMID 15899976. <http://www.pnas.org/cgi/content/full/102/21/7411>.
- Wojcik, D., Allen, C., Brenner, R. J, Jouvenaz, D. P. & Lutz R. S. (2001) Red Imported fire ants: impact on biodiversity *American Entomologist* 47:1, 16-23.

_____ Red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. United States Animal and Plant Health Inspection Service. 2009.

_____ USDA Quarantine Map (PDF). United States Department of Agriculture (13/3/2009).

_____ Red Imported Fire Ant, aka RIFA. Hawaii Invasive Species Council.

_____ Texas Veterinarian Survey : Impact of red imported fire ants on animal health (PDF). Texas Imported Fire Ant Research and Management Project