



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

CAMPUS IZTACALA

400282



61060

CONDUCTA DE LA HORMIGA DE FUEGO
Solenopsis geminata (Fabricius)
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) A EXTRACTOS
DE LA GLANDULA DE VENENO EN CONDICIONES
DE LABORATORIO

B01151/95
E₁.2

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :

FILIBERTO FIERRO SANTOS

ASESOR: M. EN C. JULIO CESAR ROJAS LEON

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEX. JUNIO DE 1995





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Sr. Eleazar Fierro Pérez (Q. E. P. D.) y Sra. Amparo Santos Valverde Vda. de Fierro. Por que gracias a sus consejos y gran ayuda moral y económica, he logrado cumplir satisfactoriamente una de mis metas que me había trazado en la vida y poder obtener así mi título profesional de Biólogo.

A MI ESPOSA: Lilia por su compañía y apoyo moral.

A MIS HIJOS: Gabriel Baruc, Indira Lilian y Omar Enrique, que constituyen una de mis principales motivaciones para mi superación.

A MIS HERMANOS: Maximiliano, Angelina, Benjamín, Abel, Floridalma y especialmente a la memoria de Belarmino por su ejemplo y tenacidad en el estudio y el trabajo.

A MIS AMIGOS: Del CET MAR de Pto. Madero, de ECOSUR-Tapachula, de la U.E.C.Y.T.M. ellos saben quienes son.

AGRADECIMIENTOS

A la **Unidad de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar** de la Secretaría de Educación Pública por haberme apoyado con mi “año sabático” para la realización de esta Tesis.

Al **Colegio de la Frontera Sur**. Unidad Tapachula por su apoyo material y académico en la realización de este trabajo de Tesis.

A la **U.N.A.M.** Campus Iztacala y a mis maestros que iniciaron y finalizaron la primera generación (79-82) del **Plan Modular**, en la que concluí mi formación profesional.

Al Lic. Arturo Salcido Beltrán por su amistad y apoyo para poder llevar a cabo este trabajo.

A mi Director de Tesis M. en C. Julio C. Rojas León por su invaluable apoyo en la dirección y asesoramiento de este trabajo de investigación.

Al Dr. Leopoldo Cruz López coasesor de este trabajo por sus sugerencias, revisión y discusión del presente trabajo.

Al M. en C. William de Rosa Reyes por su contribución estadística y revisión de los borradores.

A los Srs. Técnico Alvaro García Ballinas, Técnico Armando Virgen Schez, Q.A. Antonio Santiesteban Hernandez y a Olga Alejandra Escobar quienes contribuyeron de manera desinteresada en distintas fases del proceso de elaboración de esta tesis.

A la H. Comisión Dictaminadora formada por los Srs. M. en C. Ignacio Peñalosa Castro, M. en C. Pilar Villeda Calleja, M. en C. Jorge Padilla Ramírez, Biol. Ana Lilia Muñoz Viveros y Biol. Jorge R. Gersenowies R. por sus sugerencias en la revisión final de esta Tesis Profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.1.1. Objetivos específicos	3
3. ANTECEDENTES	4
3.1. Clasificación y nomenclatura de la hormiga nativa de fuego	4
3.1.1. Posición taxonómica	4
3.2. Generalidades de las hormigas de fuego del género <i>Solenopsis</i>	5
3.2.1. Organización social de las hormigas	5
3.2.2. Polimorfismo y división del trabajo	7
3.2.3. Hábitats y distribución geográfica	7
3.2.4. Forrajeo y fuentes de alimentación	8
3.2.5. Vuelo nupcial y fundación del nido	10
3.2.6. Crecimiento y edad de la colonia	12
3.2.7. Nidos monogínicos y poliginicos	13
3.2.8. Importancia del género <i>Solenopsis</i> como control biológico	15
3.2.9. Semioquímicos	16
3.2.9.1. Aleloquímicos	16
3.2.9.2. Feromonas	17
3.2.10. Clasificación de las feromonas	18
3.2.11. Estructura química y peso molecular	19
3.2.12. Feromonas de la reina en <i>Solenopsis spp</i>	20
3.2.13. Fuentes de producción de feromonas en <i>Solenopsis spp</i>	21

4. MATERIALES Y MÉTODOS	27
4.1. Lugar de la investigación.....	27
4.2. Colecta de insectos.....	27
4.3. Mantenimiento de los insectos.....	29
4.4. Disección del aparato de veneno y preparación de los extractos	29
4.5. Diseño del olfatómetro	30
4.6. Bioensayos.....	33
4.7. Análisis químico de los compuestos de la glándula de veneno de las reinas.....	34
4.8. Descripción de los experimentos	34
4.8.1. Respuesta de las obreras a extractos de la glándula de veneno de las reinas, hembras vírgenes aladas, desaladas mecánicamente, hembras recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial y obreras pequeñas, medianas y grandes	34
4.8.2. Relación dosis-respuesta de los extractos de la glándula de veneno de las reinas sobre las obreras	36
4.8.3. Influencia del tamaño del olfatómetro sobre las respuestas de las obreras a extractos de la glándula de veneno de las reinas	36
4.8.4. Duración de la actividad biológica de los extractos de la glándula de veneno de las reinas en el tiempo	36
4.8.5. Respuestas de las obreras de diferentes colonias a extractos de la glándula de veneno o secreciones de reinas vivas	36
4.9. Análisis estadístico de los datos.....	37
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1. Respuesta de las obreras a extractos de la glándula de veneno de las reinas, hembras vírgenes aladas, desaladas mecánicamente, hembras recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial y obreras pequeñas, medianas y grandes	38
5.2. Relación dosis-respuesta de los extractos de la glándula de veneno de las reinas sobre las obreras	46
5.3. Influencia del tamaño del olfatómetro sobre las respuestas de las obreras a extractos de la glándula de veneno de las reinas	49

5.4. Duración de la actividad biológica de los extractos de la glándula de veneno de las reinas en el tiempo	54
5.5. Respuestas de las obreras de diferentes colonias a secreciones de las reinas vivas.....	58
5.6. Análisis químico de los compuestos de la glándula de veneno de la reina.....	63
6. CONCLUSIONES	64
7. LITERATURA CITADA.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Experimento factorial de 7 X 3 que se utilizó para evaluar las respuestas de las obreras de diferentes tamaños a extractos de la glándula de veneno de las reinas y otras castas.....	35
2. Análisis de varianza para el índice de respuesta de las obreras de <i>S. geminata</i> a extractos de la glándula de veneno de las reinas y de otras castas P < 0.05 de significancia.....	38
3. Comparación de medias con la prueba de Tukey para los extractos.....	43
4. Comparación de medias con la prueba de Tukey para el grado de respuesta de las obreras.....	43
5. Comparación de medias con la prueba de Tukey para diferentes tiempos de respuesta.....	46
6. Análisis de varianza para la influencia del tamaño del olfatómetro sobre el índice de respuesta de las obreras.....	49
7. Comparación de medias con la prueba de Tukey para diferentes tamaños del olfatómetro.....	52
8. Comparación de medias con la prueba de Tukey para diferentes intervalos de tiempo.....	53
9. Análisis de varianza para la permanencia del extracto en el tiempo sobre el índice de respuesta de las obreras con nivel de significancia P < 0.05.....	54

10. Comparación de medias con la prueba de Tukey para la duración de la actividad biológica de los extractos en el tiempo	57
11. Comparación de medias con la prueba de Tukey para el índice de respuesta de la duración de la actividad biológica de los extractos en el tiempo a 3, 6, 9, 12 y 15 minutos	58
12. Análisis de varianza para el índice de respuesta de obreras de diferentes colonias a dos reinas con diferente grado de fisogastría a un nivel de significancia $P < 0.05$	59
13. Comparación de medias con la prueba de Tukey para la reina A y B	60
14. Comparación de medias con la prueba de Tukey para obreras de diferentes colonias (C1, C2, C3, C4, C5 y C6)	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Castas de hormigas de la subfamilia <i>Myrmicinae</i>	6
2. Diagrama que muestra la mayoría de las glándulas exócrinas en hormigas de la subfamilia <i>Myrmicinae</i>	22
3. Diagrama del Abdomen de una hormiga de la familia <i>Myrmicinae</i> , donde se muestra la ubicación anatómica del aparato de veneno.....	23
4. Morfología general del aparato de veneno.....	25
5. Localización geográfica de la zona de colecta de insectos.....	28
6. Esquema del olfatómetro diseñado para evaluar la actividad biológica de los extractos de la glándula de veneno.....	31
7. Esquema del olfatómetro diseñado para evaluar la actividad biológica de las secreciones de la reina viva confinadas en jaulas.....	32
8. Índice de respuesta de obreras de <i>Solenopsis geminata</i> a extractos de la glándula de veneno de la reina y otras castas.....	40
9. Grado de respuesta olfatoria de tres diferentes tamaños de obreras a la feromona de la reina de <i>S. geminata</i> en diferentes intervalos de tiempo.....	45
10. Índice de respuesta de obreras de <i>S. geminata</i> a diferentes dosis de extractos de la glándula de veneno de la reina.....	48
11. Índice de respuesta de obreras de <i>S. geminata</i> en diferentes tamaños de olfatómetro.....	51

12. Índice de respuesta de obreras de <i>S. geminata</i> a diferentes intervalos de tiempo de volatilización del extracto de la glándula de veneno de la reina.....	56
13. Respuesta de obreras de <i>S. geminata</i> de diferentes colonias a las secreciones de dos reinas en competencia	61

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de la glándula de veneno de las reinas, de las hembras vírgenes aladas, de las hembras vírgenes desaladas mecánicamente, de las hembras aladas recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial y obreras de la hormiga de fuego *Solenopsis geminata* (Fabricius), y probar su efecto sobre la conducta de las obreras.

Las hembras vírgenes aladas, las desaladas mecánicamente y las recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial, se aislaron por 15 días en pequeños recipientes de plástico, después se disectaron a las reinas y a las otras castas, para obtener la glándula de veneno, estas se depositaron en un vial con hexano, colocando 10 glándulas por mililitro de disolvente, de tal manera que 0.1 ml del extracto corresponde a una glándula equivalente (1 G.E.). Todos los bioensayos fueron realizados a concentración de una glándula equivalente. (excepto para el experimento **dosis-respuesta** en el que se utilizó una concentración de 0.1-3.0 G.E. La evaluación de las respuestas de las obreras a la actividad biológica de estos extractos fue realizada utilizando un olfatómetro circular de 19 cm. de diámetro, y contando el número de obreras atraídas a la muestra o al testigo a intervalos de 3, 6, 9, 12 y 15 minutos. Se realizaron cinco bioensayos diferentes:

Bioensayo 1.- Se encontró que los extractos del saco de veneno de las obreras y de las reinas vírgenes aladas fueron muy poco atractivos, sin embargo se observó que cuando las reinas vírgenes son desaladas mecánicamente, producen compuestos químicos atrayentes. Los extractos de las hembras aladas recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial también fueron atractivos a las obreras, pero los extractos de las reinas fueron muy atrayentes.

Bioensayo 2.- Se determinó la relación **dosis-respuesta** de los extractos del saco de veneno de las reinas a diferentes concentraciones y se encontró que los extractos de la reina inducen la atracción de las obreras en una concentración de 0.1 a 2.0 G.E, el índice máximo de respuesta se registró entre 0.5-0.8 G.E, siendo la respuesta negativa arriba de 2.0 G.E.

Bioensayo 3.- Se midió la influencia del tamaño del olfatómetro, utilizándose olfatómetros entre (10-100 cm) de diámetro se encontró que el índice máximo de respuesta se registro en el olfatómetro de 20 cm y la más baja en el olfatómetro de 40 cm.

Bioensayo 4.- Se evaluó la duración de la actividad biológica del extracto una vez que el extracto fue depositado en papel filtro, se encontró que a mayor permanencia del extracto expuesto al ambiente, se obtuvo un menor índice de respuesta y el compuesto permaneció activo hasta por dos horas aunque su atracción declinó con el tiempo, deduciéndose que la feromona es poco volátil. (por convención las feromonas son: no volátil, poco volátil y volátil).

Bioensayo 5.- Se valoraron las respuestas de las obreras de diferentes colonias a las secreciones que liberan las reinas vivas, [(en este experimento se seleccionaron 2 reinas una fisogástrica (>20mg) y otra no fisogástrica (<20 mg), y 6 colonias de donde se obtuvieron las dos reinas)], se encontró que existen diferencias significativas en el nivel de producción de feromonas entre una reina y la otra de diferentes colonias, y que ello esta determinado por el grado de fisogastría (nivel de fertilidad de las reinas), lo que ocasiona diferencias en el grado de respuesta de las obreras hacia su reina y hacia la otra reina inespecífica. Los datos fueron analizados por análisis de varianza (ANOVA), para todos los experimentos y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey $P < 0.05$. El experimento **dosis-respuesta** que fue analizado por regresión lineal.

1. INTRODUCCIÓN

Las hormigas han sido utilizadas desde la antigüedad para el control biológico de plagas en frutales (Way y Khoo, 1992). En la actualidad se siguen utilizando en el control de plagas en plantas cultivadas y de insectos vectores de enfermedades (Lastres, 1990). El nombre de hormiga de fuego, hormiga roja y hormiga brava son nombres comunes para designar a las hormigas del género *Solenopsis*. Entre las especies más importantes podemos citar a *Solenopsis invicta* Buren, *Solenopsis richteri* Forel, *Solenopsis saevissima* F. Smith, *Solenopsis geminata* (Fabricius) y *Solenopsis xyloni* (MacCook). Las especies de este género se caracterizan por ser hormigas extremadamente agresivas, de picadura muy dolorosa y de amplia distribución geográfica. Ciertas especies de hormigas de fuego, como *S. richteri* y particularmente *S. invicta*, las cuales fueron introducidas accidentalmente a los Estados Unidos de América, provenientes de Sudamérica, han causado problemas a la agricultura de ese País, disminuyendo la producción agrícola y contribuyendo a alterar a los ecosistemas naturales, al grado de considerárseles insectos "plaga" (Trager, 1991; MacKay *et al.*, 1990), sin embargo un grupo creciente de agricultores consideran a estas hormigas como insectos benéficos por su capacidad para controlar plagas en agroecosistemas (MacKay, *op. cit.*).

S. geminata es una especie que tiene una amplia distribución geográfica en nuestro País, y se considera una especie con amplias posibilidades de ser utilizada para el control biológico de plagas especialmente de plantas cultivadas (MacKay *op. cit.*). Sin embargo, a pesar de su importancia se desconocen muchos aspectos de su biología básica. Por consiguiente en este trabajo se pretende contribuir al conocimiento de la comunicación química entre la reina y sus obreras.

El comportamiento de las hormigas obreras esta controlado por feromonas de la reina, que al ser detectadas evocan una respuesta conductual específica, este conocimiento puede ser utilizado para manipular la conducta de las hormigas del género *Solenopsis* en el control biológico de plagas.

Hay evidencias de que algunas feromonas en *Solenopsis spp* son sintetizadas en la glándula de veneno y almacenadas en su reservorio (saco de veneno) Vander Meer *et al.*, (1980) y Glancey *et al.*, (1981), por lo que es posible separar esta glándula por disección y evaluar la actividad biológica de sus componentes para obtener datos que nos ayuden a conocer muchas partes del comportamiento social de las hormigas (Wilson, 1963)

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el contenido de la glándula de veneno de las reinas, hembras vírgenes aladas, hembras vírgenes desaladas mecánicamente, hembras aladas recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial y obreras de la hormiga de fuego *Solenopsis geminata* (F.) y su efecto sobre la conducta de las obreras.

2.1.1. Objetivos Específicos

- a) Valorar las respuestas conductuales de las obreras grandes, medianas y pequeñas a extractos de la glándula de veneno de las reinas, hembras vírgenes aladas, hembras vírgenes desaladas mecánicamente, hembras aladas recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial y obreras grandes, medianas y pequeñas.
- b) Evaluar la relación **dosis-respuesta** de los extractos del saco de veneno de las reinas sobre las obreras a diferentes concentraciones.
- c) Valorar la influencia de olfatómetros de diferentes tamaños, sobre las respuestas de las obreras a los extractos de la glándula de veneno de las reinas.
- d) Medir la permanencia (volatilidad) de los extractos de la glándula de veneno de las reinas una vez que se han depositado el papel filtro a diferentes intervalos de tiempo.
- e) Evaluar las respuestas de obreras de diferentes colonias a extractos de la glándula de veneno o secreciones que liberan las reinas vivas.

3. ANTECEDENTES

3.1. Clasificación y nomenclatura de la hormiga nativa de fuego

Todas las hormigas son clasificadas en una sola familia, la Formicidae dentro del orden Hymenoptera (abejas, avispas y hormigas). Las hormigas vivientes comprenden 11 subfamilias con 297 géneros y alrededor de 8,800 especies (Hölldobler y Wilson, 1990), siendo las hormigas uno de los grupos animales más abundantes en los ecosistemas terrestres (Mackay, 1985).

3.1.1. Posición taxonómica

De acuerdo con (Trager, 1988), Borror *et al.*, (1989) y Arnett, (1991), la posición taxonómica de la hormiga nativa de fuego es la siguiente:

- Phyllum : Arthropoda (Siebold y Stannius 1845)
- Clase : Insecta (Linnaeus 1758, Latreille 1825)
- Orden : Hymenoptera (Maxwell 1955)
- Superfamilia : Formicoidea (Smith 1979)
- Familia : Formicidae (Brown 1976)
- Subfamilia : Myrmicinae (Ettershank 1966)
- Tribu : Solenopsidini (Ettershank 1966)
- Género : *Solenopsis* (Creighton 1950, Bolton 1987)
- Especie : *Solenopsis geminata* (Fabricius 1931)

3.2. Generalidades sobre las hormigas de fuego del género *Solenopsis*

3.2.1. Organización social de las hormigas

Las hormigas de fuego del género *Solenopsis*, son insectos eusociales caracterizados por una alta organización de la vida de la colonia en la cual la división del trabajo es distribuida en muchas tareas incluyendo la reproducción. Estas tareas son realizadas por los integrantes del nido como una cooperación mutua en beneficio de la colonia (Wilson, 1971; Pamilo, 1991), estos insectos viven organizados en colonias a través de un aumento en el número y grado de especialización de las castas y de un complejo código de comunicación química por medio del cual los miembros de la colonia coordinan sus actividades (Wilson, *op. cit.*).

En las hormigas las castas son un conjunto de individuos de un determinado tipo morfológico, o grupo de edades, o ambas cosas, que ejecutan tareas especializadas en la colonia (Figura 1) (Wilson, *op. cit.*).

En el género *Solenopsis* pueden encontrarse tres castas básicas que son: Las obreras, las hembras vírgenes aladas también llamadas “reinas vírgenes” y los machos, recientemente se han descubierto intercastas, que tienen características intermedias entre obreras y hembras aladas (Glancey *et al.*, 1980).

Las reinas vírgenes son más grandes que los demás miembros del grupo y usualmente aladas, tiran sus alas después del vuelo nupcial convirtiéndose en reinas fértiles, llamadas simplemente reinas, posteriormente fundan su nido y son las que ponen la totalidad de huevos en la colonia. Los machos también son alados y considerablemente más pequeños que las reinas, tienen un corto período de vida y son programados para el apareamiento muriendo después de la cópula que ocurre durante el vuelo nupcial. Las obreras son hembras estériles y sin alas realizan la mayoría de las tareas en una colonia (Borror, *op. cit.*).

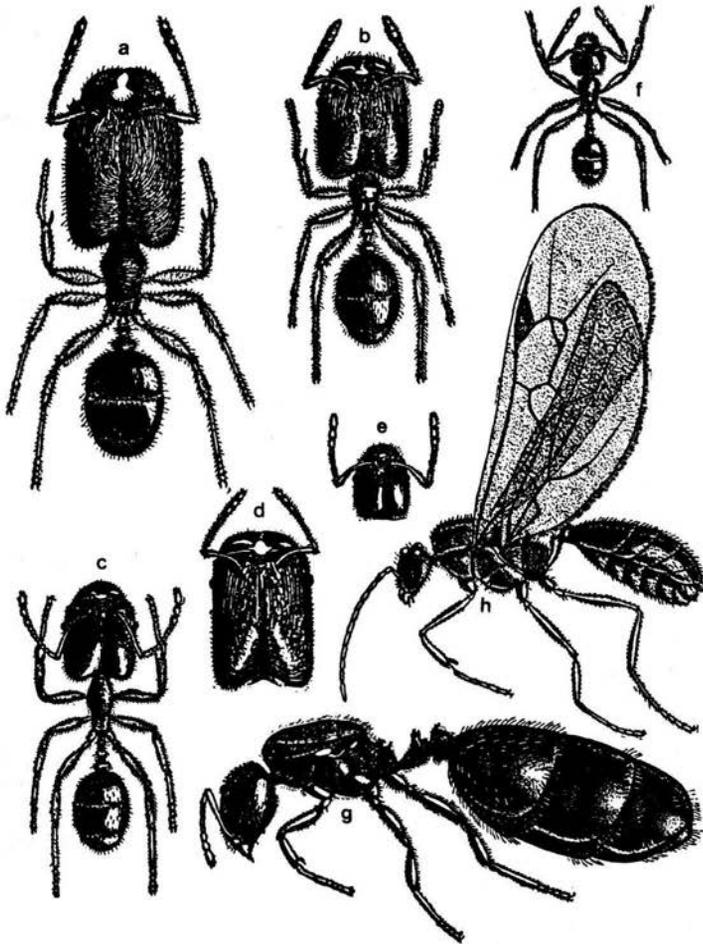


FIGURA 1. Castas de hormigas de la subfamilia *Myrmicinae*, en este dibujo clásico de Wheeler, (1910). Las castas de obreras muestran también la composición de subcastas de obreras sucesivamente por disminución del tamaño, donde (a) representa a las obreras mayores; (b-e) representas las obreras medianas en la que se incluyen cuatro tamaños para la misma clasificación; (f) representa las obreras menores; (g) representa las reinas y (h) representa los machos. (Tomado de Hölldobler, B y Wilson, E. O. 1990).

3.2.2. polimorfismo y división del trabajo

A excepción de los machos las hormigas *Solenopsis* spp, exhiben un amplio polimorfismo definido como la coexistencia de dos o más subcastas funcionales diferentes, dentro de un mismo sexo (Wilson, *op. cit.*; Glancey, *op. cit.*) por ejemplo dentro de las obreras existe variación de tamaño, en una colonia puede haber de tres a cuatro tamaños de obreras, estas pueden variar de forma, coloración y conducta (Borror, *op. cit.*). Comúnmente en una colonia las obreras más grandes son llamadas obreras mayores, las de tamaño medio obreras medianas y las más pequeñas se denominan obreras menores. Usualmente las primeras obreras de una colonia recién fundada por una reina son típicamente de tamaño mínimo denominadas "naníticas" (Markin *et al.*, 1972; Wood, 1981). En una colonia joven las obreras más abundantes son las hormigas de tamaño menor y en una colonia madura, es más frecuente encontrar obreras de tamaño mayor.

Las obreras presentan una marcada división del trabajo, en función del tamaño y edad de la colonia, en *S. invicta* y *S. geminata* las obreras más grandes y medianas son las forrajeras y las obreras más pequeñas cuidan y alimentan a las crías y la reina (Mirenda y Vinson, 1981). Cuando las obreras pequeñas buscan comida llevan por lo general líquidos y las obreras más grandes partículas sólidas e insectos, las obreras medianas y grandes se encargan de defender a la colonia contra otros insectos intrusos (Mackey *et al.*, 1990).

3.2.3. Hábitats y distribución geográfica

La hormiga roja de fuego *S. invicta* y la hormiga negra de fuego *S. richteri* son dos especies originarias de Sudamérica principalmente de Brazil, Uruguay y Argentina (Buren *et al.*, 1974). Estas especies fueron introducidas accidentalmente a los Estados Unidos de América en Mobile, Alabama., alrededor de 1918 y 1945 respectivamente. Estas hormigas invasoras se fueron dispersando rápidamente gracias a los vuelos nupciales y por ser fácilmente transportadas por el hombre (Markin *et al.*, 1971).

Estos organismos utilizaron muchos nichos desocupados similares a las de su lugar de origen y desde su invasión dominaron y eliminaron a otras hormigas competidoras, que fueron desplazadas en grandes áreas del Sureste de los E.U.A. donde se ha desarrollado principalmente en los estados de Carolina del Norte, Florida, Alabama, Mississippi, Louisiana, Nuevo México y Texas.

Durante los años 1950, sin embargo *S. richteri*, comenzo a ser desplazada y solamente *S. invicta* permaneció como una especie dominante (Buren, *op. cit.*). En México *Solenopsis geminata* es considerada dentro de las hormigas de fuego, esta es una especie de amplia distribución geográfica y abundancia en nuestro País y se encuentra desde el sur de los E.U.A. hasta Centro América, El Caribe y parte de Sudamérica.

En general las preferencias ecológicas del género *Solenopsis*, se resume como sigue: habitan en áreas perturbadas por el hombre, son particularmente comunes en la rivera de los ríos, orillas de caminos y carreteras asfaltadas pero también fundan sus nidos en áreas urbanas, junto a casas y edificios aislados, así como en jardines y prados (Allen *et al.*, 1974). Los nidos son evidentes formando pequeños montículos bajos (7-25 cm de diámetro), de partículas finas de suelo, pero casi siempre se les encuentra por debajo del suelo por lo general junto a objetos sólidos. Miles de hormigas de *S. invicta* y *S. geminata* se han descubierto invadiendo edificios, y sus nidos se han encontrado en las grietas, y en condiciones apropiadas de humedad temperatura y disponibilidad de alimentos, pueden permanecer por largos períodos de tiempo (Lofgren, 1978). Estas hormigas también habitan en campos cultivados de frutales, cereales y granos básicos (Mackay, *op. cit.*).

3.2.4..Forrajeo y fuentes de alimentación

S. invicta es una especie agresiva que se desarrolla forrajeando y defendiendo su territorio contra otras especies de hormigas, la competencia directa por el alimento con otras hormigas que no son de fuego, puede ser un factor importante en la sobrevivencia de *S. invicta* en su hábitat nativo (Apperson y Powell, 1984).

Una de las características poco comunes en las hormigas es que *S. invicta*, utiliza túneles subterráneos para forrajear, los nidos llegan a tener sistemas de túneles de 57-84 m que salen por todos lados alrededor de la entrada principal del nido, la distancia promedio de la apertura de un túnel a la fuente de alimento es de 26-41 cm, esto hace que las hormigas puedan reducir el impacto de depredadores por un rápido reclutamiento después de que la fuente de alimento ha sido descubierta y disminuir los efectos de las altas temperaturas de la superficie (Apperson y Powell, *op. cit.*; MacKay, *op. cit.*).

En las hormigas de fuego del género *Solenopsis* el forrajeo se realiza durante las mañanas, con una intensa actividad por la noche. Lofgren *et al.*, (1975) encontraron que el máximo forrajeo ocurre cuando la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad se encuentra entre 21-35 °C.

Las hormigas *S. invicta* y *S. geminata* pueden agotar muy rápidamente una fuente de alimento y *S. invicta* tiende a excluir a otras especies de hormigas simpátricas cuando encuentran una carnada (Mackay, *op. cit.*). Los hábitos alimenticios de las hormigas de fuego de *Solenopsis spp.*, son muy variados y se les consideran omnívoras, pueden consumir el endospermo de semillas germinadas y jugos de muchas plantas, también se alimentan de sustancias energéticas líquidas como melazas y lípidos, sin embargo prefieren materiales de origen animal como presas de insectos y partes de animales muertos por lo que son preferentemente carnívoras (Kaakeh y Dutcher, 1992; Lofgren, *op. cit.*; Green, H. B. 1952).

El intercambio de alimentos líquidos es común entre las hormigas de fuego, este intercambio puede ser oral o anal (trofolaxis), este fenómeno provee nutrientes a todos los miembros de la colonia y tiene una alta importancia en la organización social de las hormigas (Summerling *et al.*, 1975). El alimento líquido es consumido por las obreras adultas y es transferido por trofolaxis a las larvas, las larvas también pueden ser alimentadas con nutrientes sólidos en finas partículas por los adultos a partir del 4o. estadio, así como también de huevos tróficos de la misma colonia, esto está demostrado en casi todas las hormigas (Petralia y Vinson, 1978; Hung *et al.*, 1981; Sorensen, *et al.*, 1983).

La distribución del alimento en una colonia es muy compleja, por ejemplo se ha demostrado que la comida es distribuida muy rápidamente a todos los miembros del nido, las obreras pueden responder a las necesidades de la colonia cuando necesitan más comida o de una calidad diferente, los azúcares por lo general son distribuidos a las obreras, los aminoácidos y proteínas a las larvas y los lípidos a todos los miembros del nido. (Lofgreen, *op. cit.*).

3.2.5. Vuelo nupcial y fundación del nido

Como en la mayoría de las especies, las hormigas de fuego de la subfamilia *Myrmicinae* fundan su nido de manera similar. El ciclo de vida de una colonia y de una hormiga individual comienza con el vuelo nupcial, el término "fundación del nido" se refiere al periodo de tiempo entre el apareamiento de una reina virgen hasta la aparición de las primeras obreras hijas de la reina (Markin *et al.*, 1972).

En el caso específico de *S. invicta* la fundación del nido comienza con el vuelo nupcial, después del vuelo las reinas apareadas tiran sus alas y comienzan a excavar su nido. El nido puede estar hecho en áreas abiertas o debajo de objetos sólidos y entre 6-7 hr ellas han terminado su nido y la entrada es sellada, este método se llama "enclaustramiento" si durante la fundación del nido la reina actúa sola, el proceso se llama haplometrosis, y si cooperan varias reinas en la construcción del nido, el proceso se llama pleometrosis, en este método, todas las reinas contribuyen en la oviposición, alimentación y cuidado de las crías, sin embargo las primeras obreras matan a las reinas dejando a la más fértil en el nido (Mackay, *op. cit.*; Markin, *op. cit.*; Tschinkel, 1988).

El segundo método es por división del nido original, cruzándose entre hermanos para evitar el vuelo nupcial, algunas veces existe vuelo nupcial y las hembras ya inseminadas regresan al mismo nido, después, cada reina sale con un grupo de obreras del nido original para fundar un nuevo nido (MacKay, *op. cit.*).

Los vuelos nupciales se llevan a cabo en cualquier mes del año, pero se ha observado que ocurren con mayor frecuencia durante el periodo de lluvias, después de una lluvia un gran número de formas sexuales (hembras y machos alados) de diversas colonias toman parte en el apareamiento masivo durante el vuelo y donde cada hembra se cruza con un solo macho (Markin, *op. cit.*). Después del vuelo nupcial las hembras inseminadas pierden sus alas y dos procesos metabólicos comienzan:

- a) Dentro de 24 horas los músculos alares entran en proceso de histólisis, disminuye la cantidad de grasa del cuerpo y el material es utilizado para formar huevecillos (oogenesis).
- b) El esófago y buche gástrico que se encuentran en el tórax se amplifican llenándose de un líquido amarillo, que es un triglicérido que sirve para alimentar a las primeras crías (Markin, *op. cit.*; Glancey, *op. cit.*; Fletcher y Blum, 1980).

Los primeros signos de la degeneración de los músculos alares pueden ser vistos dentro de 4 días después del vuelo nupcial y aproximadamente en 20 días la degeneración de los músculos se ha completado (Markin, *op. cit.*). Los productos de la histólisis de los músculos alares juegan un papel muy importante ya que estos son utilizados como fuente de reservas de energía durante la fundación del nido de una nueva colonia y en la producción de huevecillos (Toom *et al.*, 1976).

Las reinas de *S. invicta* empiezan a poner sus primeros huevecillos entre 24-48 hr después de terminado su nido (Lofgren, *op. cit.*) y ponen dos tipos de huevos los primeros son pequeños y embrionados (huevecillos normales), que dan origen a larvas y los segundos son grandes no embrionados (huevecillos tróficos), que sirven para alimentar a las larvas (Glancey *et al.*, 1975; Petralia y Vinson, *op. cit.*; DuBois y DuBois, 1994).

El término de "reina" es reservado para designar a las hembras vírgenes aladas sexualmente maduras, que después del vuelo nupcial son inseminadas pierden sus alas y son atendidas por las obreras, ejerciendo el control de la colonia a través de señales químicas denominadas feromonas (Morrill, 1974).

El término de “reina fisogástrica” se refiere al grado de fertilidad de las reinas, las reinas fisogástricas tienen muy desarrollados los ovarios y muchos cientos de oocitos en todos los estados de desarrollo, su fisogastría se determina arbitrariamente por el peso, considerándose una reina fisogástrica cuando su peso es superior a los 20 mg llegando a pesar hasta un máximo de 28 mg, contra un máximo de 14 mg para las reinas que no son fisogástricas (Porter, 1992).

Las reinas fisogástricas se pueden encontrar en nidos poligínicos y monogínicos pero las colonias monogínicas en su mayoría siempre van a tener reinas altamente fisogástricas (Porter, 1993), las reinas fisogástricas de colonias monogínicas ponen arriba de 80 huevecillos por hora (Fletcher *et al.*, 1980). En colonias jóvenes y maduras, cuando las condiciones ambientales propician una reducción de la oviposición las reinas no son fisogástricas, y su peso promedio es de alrededor de 15 mg (Willer y Fletcher, 1986).

El grado de fisogastría esta correlacionado con la fuerza atractiva que ejercen las reinas sobre sus obreras a través de una mayor producción de feromonas y un efectivo control de la colonia, por lo tanto esto es función directa del grado de madurez sexual.

3.2.6. Crecimiento y edad de la colonia

Después de terminado el nido entre 24-48 hr, las reinas de *S. invicta* y *S. geminata* empiezan a poner huevecillos y en 4 días eclosionan las primeras larvas y entre 22-37 días emergen las primeras crías (Lofgren, *op. cit.*), estas son de tamaño muy pequeño llamadas obreras mínimas o naníticas (Markin, *op. cit.*).

Un nido puede vivir por varios años manteniendo un crecimiento exponencial, alcanzando al final de su madurez un crecimiento logístico (Tschinkel, *op. cit.*). Una colonia alcanza su tamaño medio de 2.5-3.5 años y su tamaño máximo dentro de 4-6 años, con un rango de variación del número obreras estacionalmente. Después del primer año hay entre 4,000-7,000 obreras en el nido al segundo año hay en promedio 25,000 obreras, después de 3 años hay aproximadamente entre 50,000-80,000 obreras (Markin, *op. cit.*). Un nido bien establecido puede tener más de 150,000 obreras (Markin, *op. cit.*) siendo el alimento y la disponibilidad de agua factores importantes en el tamaño de la colonia.

Se ha observado que colonias con exceso de alimento cada día y una humedad óptima pueden llegar a tener hasta 500,000 obreras en un solo nido (Tschinkel, *op. cit.*).

El polimorfismo es función directa del crecimiento de la colonia y de la variación del tamaño de las obreras, considerando al polimorfismo como la diferenciación de las reinas y castas de obreras. En una colonia madura se han caracterizado varios grados de polimorfismo, esta variación del tamaño de las obreras se incrementa con la edad y tamaño de la colonia (Wood, *op. cit.*). Las especies *S. victa* y *S. geminata* exhiben un alto grado de polimorfismo. Los rangos de variación del tamaño de las obreras se determina midiendo la amplitud del tamaño de la cabeza, los rangos de medición oscilan entre 0.45 mm (obreras mínimas), hasta 1.50 mm (obreras mayores) (Tschinkel, *op. cit.*).

El tamaño de las obreras es determinado por criterios biológicos siendo de 0.45-0.80 mm para obreras menores; de 0.85-1.10 mm para obreras medianas y de 1.15-1.50 mm para obreras mayores (Wood, *op. cit.*; Tschinkel, *op. cit.*).

3.2.7. Nidos monogínicos y poligínicos

Las hormigas de fuego del género *Solenopsis* tienen dos forma de organización social y esta demostrado particularmente en *S. invicta*, *S. geminata* y *S. richteri* (Fletcher, *op. cit.*; Banks *et al.*, 1973; Vargo y Fletcher, 1987), estas son:

- a) **Colonias monogínicas.** Estos nidos se caracterizan por tener una sola reina fértil en el nido y es la única que pone huevos viables (reina funcional), (Lofgren, *op. cit.*). pero también pueden haber nidos con muchas reinas, pero solamente una pone huevos fértiles llamado nido monogínico funcional (Vargo y Ross, 1989).
- b) **Colonias poligínicas.** Estas se caracterizan por tener múltiples reinas fértiles en el nido y todas ponen huevos viables (reinas funcionales) (Fletcher, *op. cit.*; Lofgren y William, 1984; Willer y Fletcher, *op. cit.*). Se ha demostrado la existencia de unas cuantas, hasta cientos de reinas fértiles en una misma colonia y donde todas ponen huevos contribuyendo a la producción de crías.

La poliginia en insectos sociales esta definida por Wilson, (1971) como la "coexistencia en la misma colonia de dos o más reinas fértiles que ponen huevos." Las colonias poligínicas son definidas por la presencia de múltiples reinas inseminadas, con degeneración de los musculosa alares. La presencia del espermateca muestra que las reinas han sido apareadas y son capaces de poner huevos fertilizados, ya que también pueden haber seudos nidos poligínicos con muchas reinas sin alas que pueden poner huevos pero estos son haploides que dan origen a machos. La presencia de colonias monogínicas son confirmadas por la existencia de una sola reina altamente fisogástrica en el nido (> 20 mg) (Porter, *op. cit.*).

En adición a las dos formas de organización social los nidos poligínicos y monogínicos tienen otras importantes características que los diferencian, por ejemplo; las obreras de colonias poligínicas son más pequeñas, menos agresivas hacia otros nidos de la misma especie, son más tolerables a la presencia de múltiples reinas en el nido, su coloración es más clara, el promedio del número total de obreras por nido es más pequeño que el de los nidos monogínicos (Greenberg *et al.*, 1992).

En relación a la reproducción y fertilidad, los nidos poligínicos contienen reinas funcionales que son menos fecundas, que las reinas de las colonias monogínicas, también las colonias poligínicas producen pocos sexuales (hormigas aladas hembras y machos) y se producen miles en un nido monogínico (Vargo, *op. cit.*; Vargo y Porter, 1989).

Los nidos poligínicos frecuentemente forman grandes densidades de nidos con obreras más pequeñas llamados "super colonias" (Greenberg, *op. cit.*), fisiológicamente las dos forma son programadas para desarrollarse durante el estado de cría pero en la edad adulta cuando han alcanzado la madurez sexual difieren dramáticamente, las reinas de las colonias monogínicas tienen el abdomen más desarrollado conteniendo mayor reserva en su cuerpo que utilizarán para la formación de los primeros huevecillos por lo que son significativamente más pesadas que las reinas de colonias poligínicas, estas diferencias fisiológicas entre las dos reinas monogínicas y poligínicas tienen influencia directa en el nivel de producción de feromonas por las reinas (Keller y Kenneth, 1993).

3.2.8. Importancia del género *Solenopsis* como control biológico

La presencia de colonias de *S. invicta*, afecta la diversidad de animales nativos incluyendo artrópodos y vertebrados (Porter *et al.*, 1991) por lo que se le considera como una “plaga” (Trager, *op. cit.*). *S. invicta* y *S. richteri*, no solamente son consideradas como “plagas” en los E.U.A. donde ha causado problemas a la agricultura de ese País, ya que han causado daño a las semillas germinadas alimentandose del endospermo de soya, papa, maíz, sorgo, cítricos, melón, sandía, y calabaza (Adams, *et al.*, 1983), además de los problemas molestos por su picadura durante el periodo de cosechas ocasionando de esta manera pérdidas en la producción (Drees *et al.*, 1991). *S. invicta* sin embargo es un importante depredador de insectos plaga de plantas cultivadas (Way y Khoo, *op. cit.*) *S. invicta* controla plagas importantes entre las que destacan: pulgones; *Oebalus* (chinche café); *Anthonomus*, (picudos); *Anticarsia*, (gusano de la col); *Nezara*, (chinche verde); *Heliotis*, (gusano del elote); *Trialeurodes* (mosquita blanca) (Mackay, *op. cit.*; Way y Khoo, *op. cit.*). *S. invicta* por ejemplo puede depredar arriba de un 70 % matando los huevos de *Heliotis virescens* en 24 hr y Huevecillos de *Anthonomus grandis* en campos de algodón. Y mata en un 90 % las larvas de *Castania licus* sobre caña de azúcar. *S. geminata* es también un importante depredador de plagas en campos cultivados (Way y Khoo, *op. cit.*). Elimina rápidamente huevos, ninfas y adultos de *Triatoma gertaeckeri* (chinche vector del *Tripanosoma cruzi*) y reduce significativamente larvas del cogollero en campos de maíz (Lastres, *op. cit.*).

En conclusión, *Solenopsis spp.*, particularmente *S. Invicta* y *S. geminata*, tienen un potencial de ser utilizada para el control biológico como una alternativa para disminuir el daño ocasionado por plagas agrícolas. El éxito de estas hormigas como depredadores esta basado en su abundancia, agresividad y a su capacidad de picar y paralizar a sus presas (Way y Khoo, *op. cit.*).

3.2.9. Semioquímicos

La comunicación química entre los insectos es llevada a cabo a través de sustancias químicas denominadas "Semioquímicos" término propuesto por Law y Regnier (1971), para designar a cualquier sustancia química usada en la comunicación entre individuos de la misma especie o entre miembros de diferentes especies (Nordlund y Lewis 1976), estos compuestos químicos son también denominados "modificadores de la conducta" (Vander Meer, 1983). Los semioquímicos se dividen en dos categorías:

- a) Feromonas y
- b) Aleloquímicos

Cuando los compuestos químicos interactúan con organismos de la misma especie son denominados "feromonas" y si las sustancias químicas interactúan con individuos de diferentes especies, se les llama "aleloquímicos" (Law y Regnier, *op. cit.*; Nordlund y Lewis, *op. cit.*; Vander Meer, *op. cit.*; Hölldobler y Wilson, *op. cit.*).

3.2.9.1. Aleloquímicos:

El término de aleloquímico fue propuesto originalmente por Whittaker, (1970) y es usado para designar a los compuestos químicos que sirven para mediar las interacciones interespecíficas entre los organismos y se clasifican en: alomona, kairomona, sinomona y apneumona (Ross *et al.*, 1982; Vander Meer, *op. cit.*).

- a) **Alomona:** es una sustancia química producida o adquirida por un organismo, que cuando entra en contacto con un individuo de otra especie, causa en el receptor una respuesta conductual o fisiológica que es adaptativamente favorable al emisor, pero no al receptor (Brown, 1968; Nordlund y Lewis, *op. cit.*).
- b) **Kairomona:** es una sustancia química producida o adquirida por un organismo, que cuando entra en contacto con un individuo de otra especie, causa en el receptor una respuesta conductual o fisiológica que es adaptativamente favorable al receptor, pero no al emisor (Brown *et al.*, 1970).

- c) **Sinomona:** es una sustancia química producida o adquirida por un organismo, que cuando entra en contacto con un individuo de otra especie, causa en el receptor una respuesta conductual o fisiológica que es adaptativamente favorable al receptor y al emisor (Nordlund y Lewis, *op. cit.*).
- d) **Apneumona:** es una sustancia química emitida por un material no vivo, que provoca una respuesta conductual o fisiológica que es adaptativamente favorable al organismo receptor, pero dañino para otro organismo de otra especie que puede ser encontrada en ese material (Nordlund y Lewis, *op. cit.*).

3.2.9.2 Feromonas:

El término de feromona fue originalmente propuesto por Karlson y Butenandt (1959a) y Karlson y Lüscher (1959b), y se define como una sustancia química usualmente de secreción glándular, producida por un individuo que libera su contenido al medio ambiente como una señal y recibida por un segundo individuo de la misma especie, causando en el organismo receptor una reacción específica, que puede ser una conducta de liberación o un determinado desarrollo fisiológico (Vander Meer, *op. cit.*; Hölldobler y Wilson, *op. cit.*). Las feromonas funcionan como mensajeros químicos entre individuos de la misma especie y las vías de recepción en un receptor individual puede ser olfatoria u oral.

Por sus acciones fisiológicas en los insectos sociales las feromonas se clasifican en dos tipos:

- a) **Feromonas que alteran la fisiología del receptor:** esto ocurre cuando se dispara una serie de eventos fisiológicos que provocan cambios permanentes en los insectos, en las cuales el sistema endocrino y reproductivo son alterados fisiológicamente, estas sustancias son transmitidas por contacto oral y distribuidas por las obreras trofolacticamente, un ejemplo común es la feromona de inhibición de la reina esta feromona inhibe la caída de las alas y la oogénesis de las reinas vírgenes aladas sexualmente maduras dentro del nido y también esta involucrada en la determinación de la casta (Fletcher y Blum, 1981; Hölldobler y Wilson, *op. cit.*).

- b) Feromonas que provocan respuestas conductuales en el receptor:** esto ocurre cuando se provoca o se induce en el organismo receptor una inmediata respuesta conductual, mediada directamente por el sistema nervioso, mediante el clásico estímulo-respuesta, un ejemplo común es la feromona de alarma y la de ruta y/o seguimiento del rastro (Hölldobler y Wilson, *op. cit.*).

3.2.10. Clasificación de las feromonas

Las feromonas se clasifican según la función que desempeñan, así existen en las hormigas del género *Solenopsis*, las feromonas de:

- a) Alarma:** que son sustancias volátiles emitidas por cualquier obrera que avisa a las demás cuando detecta un peligro y prepara a la colonia para la defensa y ataque contra depredadores.
- b) Atracción sexual:** que aseguran la localización de las hembras sexualmente maduras para el apareamiento.
- c) Agregación:** son sustancias que orientan a los miembros de la colonia, para congregarse en determinado lugar alrededor de los individuos emisores pudiendo ser cualquier obrera, siendo estos lugares adecuados para anidar, por abundancia de alimento o para refugio.
- d) Ruta o seguimiento del rastro:** son sustancias producidas por obreras forrajeras que trazan el camino del nido hacia una fuente de alimento o hacia un mejor sitio de anidación, dejando una especie de raya marcada con una feromona poco volátil
- e) Reconocimiento:** es una sustancia producida por las reinas que atrae a las obreras y una de sus funciones es la de mantener la cohesión de la colonia para la realización de la diversas tareas (Ross, *op. cit.*; Yufera, 1991).

Las feromonas controlan un gran número de funciones en la conducta y fisiología de los insectos, por ejemplo en las hormigas de fuego y otras especies de insectos sociales, se han descubierto 12 categorías de respuestas conductuales controladas por feromonas estas son:

- a) alarma.
- b) atracción simple y múltiple (atracción múltiple = reunión).
- c) reclutamiento (para buscar nuevas fuentes de alimento o mejores sitios para sus nidos)
- d) aseo (incluyendo la asistencia a la muda).
- e) trofolaxia (intercambio de alimento líquido oral o anal entre las castas).
- f) intercambio de alimento sólido en forma de partículas.
- g) efecto de grupo (para incrementar una actividad o para inhibirla).
- h) reconocimiento (del nido, de la reina y de los miembros de la colonia o de determinadas castas).
- i) determinación de las castas por inhibición o por estimulación.
- j) control de la competencia reproductiva.
- k) marcaje del territorio y del nido.
- l) comunicación sexual, incluyendo reconocimiento de los sexos y sincronización de la actividad sexual (Vander Meer, *op. cit.*; Hölldobler y Wilson, *op. cit.*; Parry y Morgan, 1979).

3.2.11. Estructura química y peso molecular

La mayor parte de las feromonas de insectos sociales están constituidas por mezclas de diferentes compuestos orgánicos con cadenas entre 5 y 20 átomos de carbono, peso molecular de 80 a 300 gr/mol (Hölldobler y Wilson, *op. cit.*)

Las feromonas con alto peso molecular son más potentes que las de bajo peso. Una feromona puede actuar como atrayente o repelente de acuerdo con el grado de concentración de la misma (Hölldobler y Wilson, *op. cit.*). Además una feromona tiene un radio de acción llamado "espacio activo" que es la zona dentro de la cual la concentración de una feromona puede modificar la conducta del organismo, este espacio puede ser grande o pequeño y puede durar brevemente o por largo periodo de tiempo (Hölldobler y Wilson, *op. cit.*).

3.2.12. Feromonas de la reina en *Solenopsis* spp

Un importante fenómeno de la biología de las hormigas es el control feromonal de la reina sobre sus obreras (Keller y Nonacs, 1993). La producción de feromonas volátiles por las reinas que atrae a las obreras fue postulado por Wheeler (1910).

Subsecuentemente, varios investigadores han usado una gran variedad de métodos para demostrar la existencia del poder atractivo de las feromonas de las reinas hacia sus obreras por ejemplo, Stumper (1956) demostró la atracción de extractos alcohólicos de las reinas *Lasius aliens* Foster y *Pheidole pallidula*, utilizando pequeñas piezas de papel filtro, corcho, esponja y otros materiales. Brian (1973), trabajando con *Myrmica rubra* L. midió la influencia de las reinas por los efectos producidos sobre las crías y concluyó que las reinas comunican su presencia a las obreras por medio de señales químicas y topográficas. Jouvenaz *et al.*, (1974) demostraron que las reinas vivas de *S. Invicta* y *S. geminata*, confinadas individualmente sobre papel filtro dentro de pequeñas rejillas encontraron que el número de obreras atraídas por su reina madre fue más grande que el número de obreras atraídas hacia la otra especie.

Glancey *et al.*, (1981) demostró la existencia de la feromona de "reconocimiento" de la reina en *S. invicta*, aplicando extractos de la reina sobre papel filtro y colocándolo dentro de pequeñas piezas cilíndricas que fueron utilizadas como aplicadores. Posteriormente Vander Meer *et al.*, (1980) y Glancey *et al.*, (1981) descubrieron que el saco de veneno de la reina de *S. invicta* fue la fuente de feromona atrayente y de reconocimiento de la reina. por el contrario, encontraron que los extractos del saco de veneno de las reinas vírgenes aladas no fueron atrayentes a la mayoría de sus obreras, y reafirmado por Lofgren *et al.*, (1983).

Los mismos resultados se han observado en pruebas de laboratorio con reinas vírgenes aladas vivas y sus obreras, sin embargo, (Glancey, *op. cit.*) demostraron que las reinas vírgenes aladas de *S. invicta*, producen feromona atrayente después de que a estas se les han cortados las alas mecánicamente y los músculos alares están en proceso de histólisis.

Las reinas vírgenes desaladas mecánicamente empiezan a liberar la feromona de 6 a 9 días después de que se les ha cortado las alas y a los 12 días son tan atrayentes a sus obreras como las reinas fisogástricas. (Glancey, *op. cit.*).

Estos investigadores también encontraron que los extractos del saco de veneno de las reinas recién copuladas colectadas en vuelo nupcial, fueron tan atractivas a las obreras de su misma especie, como lo es la reina misma.

Por otro lado (Glancey, *op. cit.*) demostró que hembras aladas no inseminadas pero que habían tirado las alas dentro del nido en ausencia de la reina, fueron inmediatamente rodeadas por un conglomerado de obreras de su colonia, lo cual sugiere que las hembras no inseminadas pueden producir feromona atrayente. Estos resultados enfatizan la importancia de los cambios radicales fisiológicos que ocurren después del vuelo nupcial donde los músculos alares entran en proceso de histólisis, el esófago y buche gástrico se amplifican llenándose de un líquido amarillo que es un triglicérido que sirve para alimentar a la primeras crías (Markin y Diller, 1971).

Las feromonas de las reinas son altamente atractivas a sus obreras, cuando los extractos de la reina son aplicados sobre objetos inanimados, los extractos inducen la atracción e incrustamiento alrededor del objeto tratado, por ejemplo si los extractos del saco de veneno de una reina es depositado en una pieza de papel filtro (reina sustituta) las obreras de la reina madre depositan las crías cerca de la reina sustituta, esta conducta implica una relación de reconocimiento reina-obrera, este factor de reconocimiento esta demostrado en *S. invicta* (Vander Meer, *op. cit.*).

Los alcaloides que normalmente están presentes como componentes mayoritarios del saco de veneno no son atractivos y no son responsables de la actividad biológica de las feromonas durante los bioensayos (Vander Meer, *op. cit.*).

3.2.13. Fuentes de producción de feromonas en *Solenopsis* spp

Muchas de las secreciones químicas de feromonas son originadas en diversas glándulas exócrinas, estas glándulas varían en forma y tamaño, y descargan su contenido como señales químicas fuera del cuerpo de la hormiga, la posición anatómica de estas glándulas se muestran en las (Figuras. 2a y 2b).

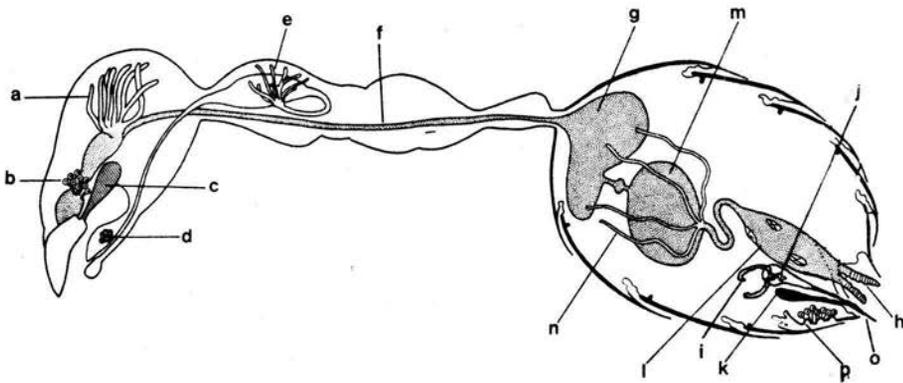


Figura 2a. Diagrama que muestra la mayoría de las glándulas exócrinas y otros órganos de las hormigas pudiendo variar de forma, tamaño y posición anatómica según el género, en este caso solamente se ilustra la posición anatómica de las principales glándulas de la subfamilia *Myrmicinae* donde (a) es la glándula postfaringea; (b) glándula profaringea; (c) glándula mandibular; (d) glándula maxilar; (e) glándula labial; (f) esófago; (g) buche gástrico; (h) glándula rectal; (i) glándula de veneno; (j) saco de veneno; (o) aguijón; (p) glándula external; (k) glándula de Dufour; (l) recto; (m), intestino medio y (n) tubos de Malpighi. (Tomado de Hölldobler, B., y Wilson, E. O. 1990).

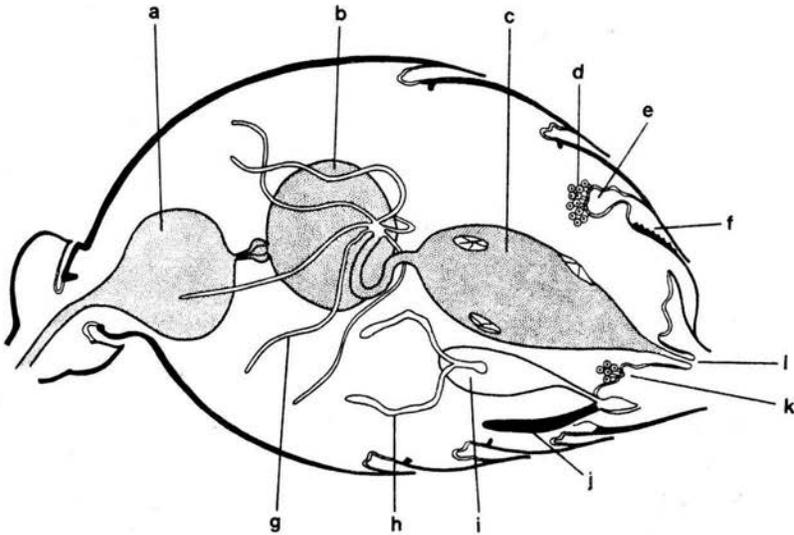


Figura 2b. Diagrama del abdomen de una hormiga de la subfamilia *Myrmicinae*, donde se muestra a detalle la ubicación anatómica del aparato de veneno y otras glándulas, donde (a) es el buche gástrico; (b) intestino medio; (c) recto; (d) glándula pigdial; (e) reservorio de la glándula pigdial; (f) tasa de la glándula pigdial; (g) tubos de Malpighi; (h) glándula de veneno; (i) reservorio de la glándula de veneno o saco de veneno; (j) glándula de Dufour; (k) glándula esternal y (l) ano. (Tomado de Hölldobler, B., y Wilson, E. O. 1990).

Las feromonas producidas por las hormigas del género *Solenopsis* se encuentran principalmente almacenadas en la glándula mandibular, de Dufour y saco de veneno, las últimas dos glándulas se encuentran en las reinas, hembras aladas y obreras, pero están atrofiadas en los machos, el contenido de ambas glándulas es liberado a través del aparato picador (Callahan *et al.*, 1959; Chapman, 1971) (Figura 3).

El aparato de veneno esta compuesto por la glándula de veneno que consiste de un par de tubos (filamentos glandulares), estos convergen dentro de un reservorio llamado "saco de veneno" como una sola glándula enrollada, abriéndose en este sitio para vaciar y almacenar su contenido, el saco de veneno se prolonga en un ducto que se conecta en la base del aguijón (Figura 3).

La sustancia producida por la glándula de veneno en *Solenopsis spp* está compuesta principalmente por alcaloides y proteináceos que tienen efectos neurotóxicos o histólíticos o ambos, estos compuestos alcaloides son efectivos repelentes contra otros insectos enemigos y artrópodos. Usualmente el veneno es utilizado en la depredación y defensa. Excepto en la subfamilia formicinae donde la glándula de veneno produce principalmente ácido fórmico que es descargado al medio ambiente en forma de spray por un ducto corto denominado "acidoporo" ya que el aguijón se encuentra atrofiado (Hölldobler y Wilson, *op. cit.*).

La glándula de Dufour es un pequeño saco comparado con el saco de veneno, éste forma parte del aparato de veneno y se abre en la base del aguijón convergiendo en el ducto del saco de veneno, esta glándula en las hormigas del género *Solenopsis* sintetizan principalmente feromona de ruta y/o de seguimiento del rastro (Vander Meer *et al.*, 1981) (Figura 3).

La glándula mandibular es una importante glándula localizada en la cabeza y se trata de un par de glándulas que descargan su contenido por las mandíbulas, estas secreciones estan normalmente asociadas con funciones de alarma y defensa.

Glándula maxilar, salival y post-faringeal estan localizadas en la parte dorsal de la cabeza y tienen únicamente funciones digestivas.

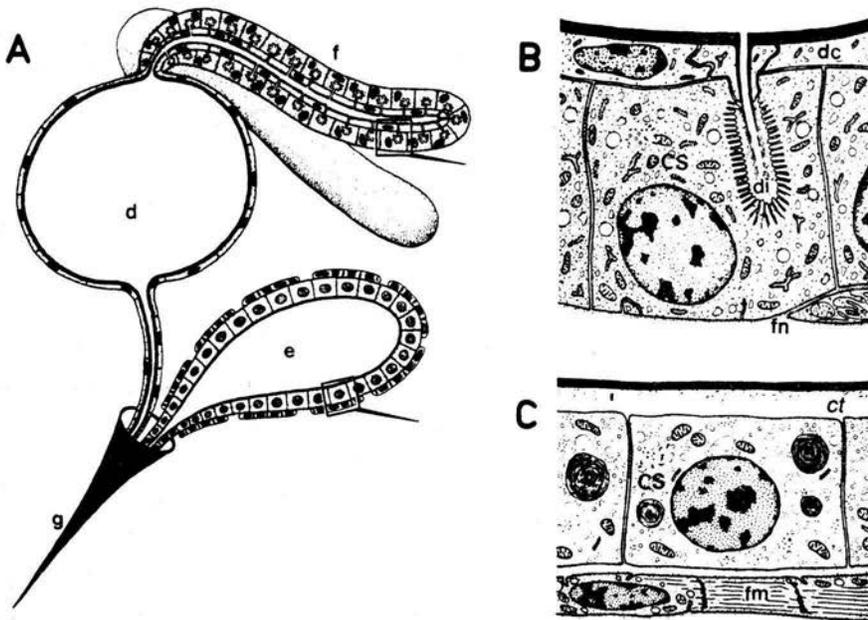


Figura 3. Morfología general del aparato de veneno donde (A) es el aparato de veneno; (f) glándula de veneno con sus filamentos libres; (d) reservorio de la glándula de veneno; (e) glándula de Dufour y su reservorio (g) aguijón; (B) corte histológico de una célula secretora de la glándula de veneno y (C) corte histológico de una célula secretora de la glándula de Dufour, mostrando su organización citológica, donde (CS) es la célula secretora; (di) ducto intracelular; (dc) ducto celular; (fn) fibra nerviosa; (ct) cutícula y (fm) fibra muscular. (Tomado de Billen, J. 1986).

Glándula metapleuraleal o meta torácica, esta glándula se encuentra localizada en el tórax y tiene varias funciones. El papel exacto de estas glándulas es poco conocido en unas cuantas especies.

Glándula pigidial o anal, en la familia Dolichorinae estas glándulas estan asociadas con secreciones defensivas, y de alarma y en *Solenopsis spp* no se ha encontrado esta glándula (Hölldobler y Wilson, *op. cit.*).

Sobre la parte de la superficie ventral del abdomen se han descubierto otras glándulas de secreción externa en las hormigas. Estas se encuentran localizadas en posición intersegmental, con funciones distintas según la especie. El intestino recto es también considerado como una glándula ya que algunas especies producen compuestos de naturaleza feromonal principalmente de ruta.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar de la investigación

La presente investigación fue realizada en el Laboratorio de Ecología Química de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Tapachula, ubicado en la Ciudad de Tapachula, Chiapas., México.

4.2. Colecta de insectos

El material biológico colectado consistió en:

- a) Obreras de tres tamaños (pequeñas, medianas y grandes), basado en el criterio de medición de la amplitud de la cabeza (Tschinkel, 1988; Wood, 1981), de acuerdo con estos autores los tamaños de las obreras fueron para las pequeñas las que midieron de 0.45-0.80 mm, las medianas de 0.85-1.10 mm y las grandes de 1.15-1.50 mm, utilizándose para determinar las medidas un microscopio de disección de (10-50 X) con micrómetro.
- b) Reinas fisogástricas.
- c) Hembras vírgenes aladas.
- d) Hembras vírgenes desaladas mecánicamente.
- e) Hembras aladas recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial.

Todas las hormigas fueron colectadas en el campo en la parte Sur y Sureste de la región del Soconusco Chiapas, en los municipios de Tapachula, Cacahotan, Tuxtla Chico, Mazatán y Pto. Madero (Figura 4), excavando alrededor del nido con pala y pico (excepto las hembras aladas recién inseminadas que fueron colectadas por la noche durante al vuelo nupcial alrededor de las lámparas).

La colecta de las reinas y hembras aladas se realizó con ayuda de dos cernidores de alambre galvanizado de 1 m² cada uno y luz de malla de 4 x 4 mm y de 2 x 2 mm Estas castas se transportaron al laboratorio en pequeños frascos de plástico de 10 x 6 cm conteniendo tierra de la misma colonia, y de ahí fueron transportadas en hieleras para evitar que ellas murieran por exceso de calor. El resto del material conteniendo obreras se transportó en recipientes de plástico de 35 x 50 cm y se aplicó talco en las paredes del recipiente para evitar que ellas se escaparan.

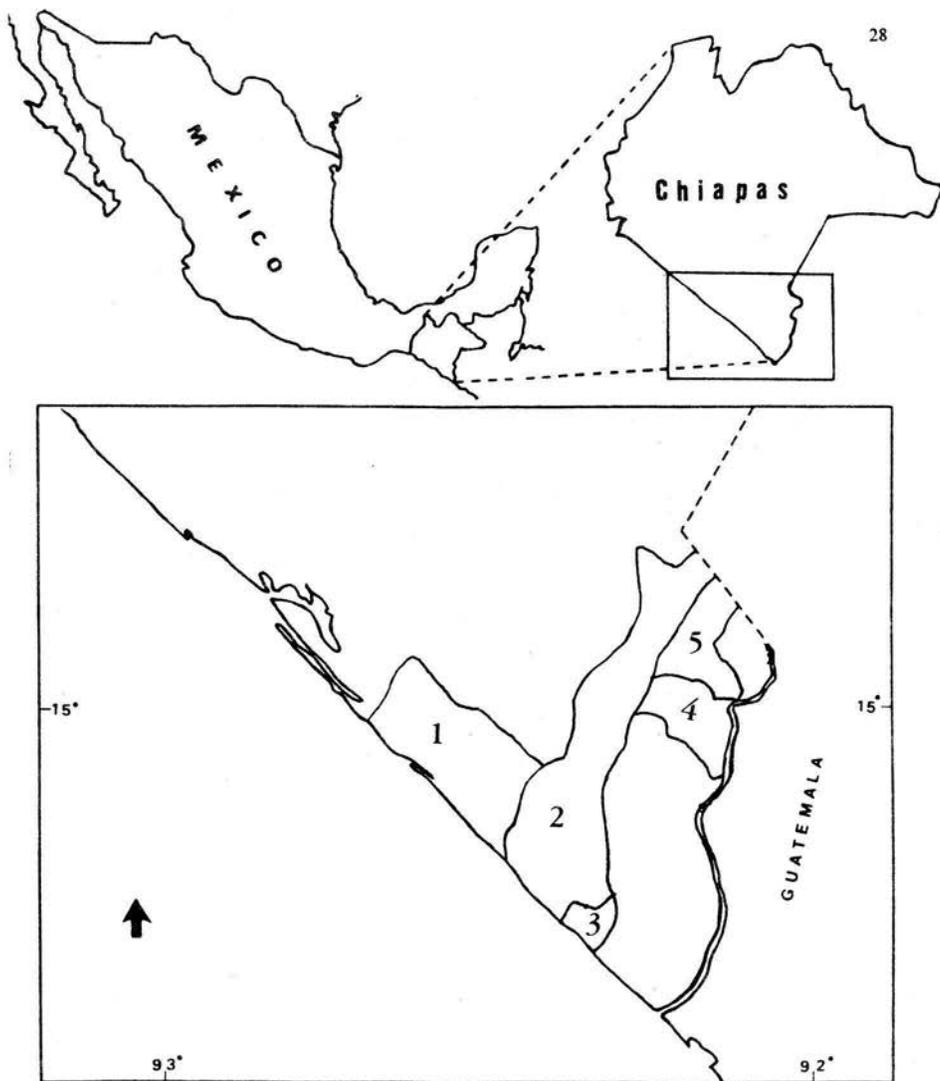


Figura 4. Localización geográfica de la zona de colecta de insectos.

Municipios donde se realizó la colecta: Mazatán (1), Tapachula (2), Puerto Madero (3), Tuxtla Chico (4) y Cacahotán (5).

4.3. Mantenimiento de los insectos

Los recipientes de plástico en que fueron transportadas las obreras se mantuvieron como nidos artificiales en el laboratorio con iluminación irregular de luz fría, humedad relativa de $70 \pm 5\%$ y una temperatura de 25 ± 3 °C. Los insectos fueron alimentados con una dieta de miel de abeja diluida, vitaminas, minerales, agar y huevo (Singh, 1977).

Las reinas, las hembras vírgenes aladas y las hembras vírgenes desaladas mecánicamente, se mantuvieron individualmente por 15 días en recipientes de plástico de 9 x 5 cm, a cada recipiente se le colocó tierra de la misma colonia en una proporción del 30% en relación al volumen del recipiente. Estos insectos fueron mantenidos en las condiciones antes mencionadas (excepto para las hembras inseminadas capturadas en vuelo nupcial que fueron disectadas inmediatamente después de haber perdido sus alas para asegurar la histólisis de los músculos alares).

Las obreras mantenidas en laboratorio y que fueron utilizadas como respondedoras en los biensayos se les mantuvo por un periodo mínimo de aclimatación de 48 hr antes de realizar las pruebas.

4.4. Disección del aparato de veneno y preparación de los extractos

Los insectos fueron ligeramente anestesiados con cloroformo para evitar que el saco de veneno excrete su contenido. La glándula de veneno fue disectada utilizando un par de pinzas para relojero bajo un microscopio de disección de (10-50 X), una vez que se localizó el saco de veneno, este se separó y se eliminó el aguijón junto con la glándula de Dufor. Las glándulas de veneno se depositaron en un vial de 3 ml de capacidad conteniendo hexano y se maceraron con una pequeña espátula puntiaguda en forma de rombo, en cada vial se depositaron 10 glándulas por mililitro de disolvente, de tal manera que 0.1 ml del extracto corresponde a una glándula equivalente (1 G.E) (Vander Meer, *op. cit.*; Glancey, *op. cit.*; Lofgren, *op. cit.*).

4.5. Diseño del olfatómetro

- 1). El olfatómetro usado para los bioensayos consistió básicamente de un recipiente circular de plástico de 19 cm de diámetro por 5 cm de alto, de acuerdo con el método de (Lofgren, *op. cit.*). En cada extremo del olfatómetro y a la altura del piso del recipiente se le hizo un pequeño orificio, en donde se insertó un cotonete partido por la mitad, el extremo del cotonete que contiene el algodón quedó en el interior del recipiente, por los extremos sin algodón que quedaron fuera del recipiente, se ensambló una pipeta Pasteur de 15 cm de largo, las cuales estaban conectadas a una bomba de aire, en el interior de una de las pipetas se colocó una pequeña pieza de papel filtro Watman # 3 de (0.3 x 3 cm), impregnada con el extracto el cual constituyó la muestra y en la otra se colocó el papel filtro con hexano, el cual funcionó como el testigo o control (Figura 5a). En este olfatómetro se realizaron dos tipos de experimentos:
 - a). Uno donde se evaluaron los extractos de la glándula de veneno de las reinas y de otras castas sobre la conducta de las obreras con el olfatómetro de 19 cm y un experimento donde se evaluó la influencia del tamaño del olfatómetro sobre la respuesta de las obreras que requirió de este mismo diseño solo que se utilizaron olfatómetros de 10, 20, 30, 40 y 100 cm de diámetro.
 - b). El segundo tipo de experimento consistió en la evaluación de las respuestas de las obreras de diferentes colonias a las secreciones de reinas vivas, en este experimento en lugar de extractos impregnados en el papel filtro y colocado dentro de las pipetas, se sustituyó por dos diferentes reinas, llamadas arbitrariamente A y B confinadas en pequeñas jaulas cilíndricas de alambre fino de cobre de 2.5 x 1.5 cm y luz de malla de 1.5 mm. que fueron colocadas en competencia, equidistantes en cada extremo del olfatómetro (Figura 5b). Todas las demás variables fueron las mismas

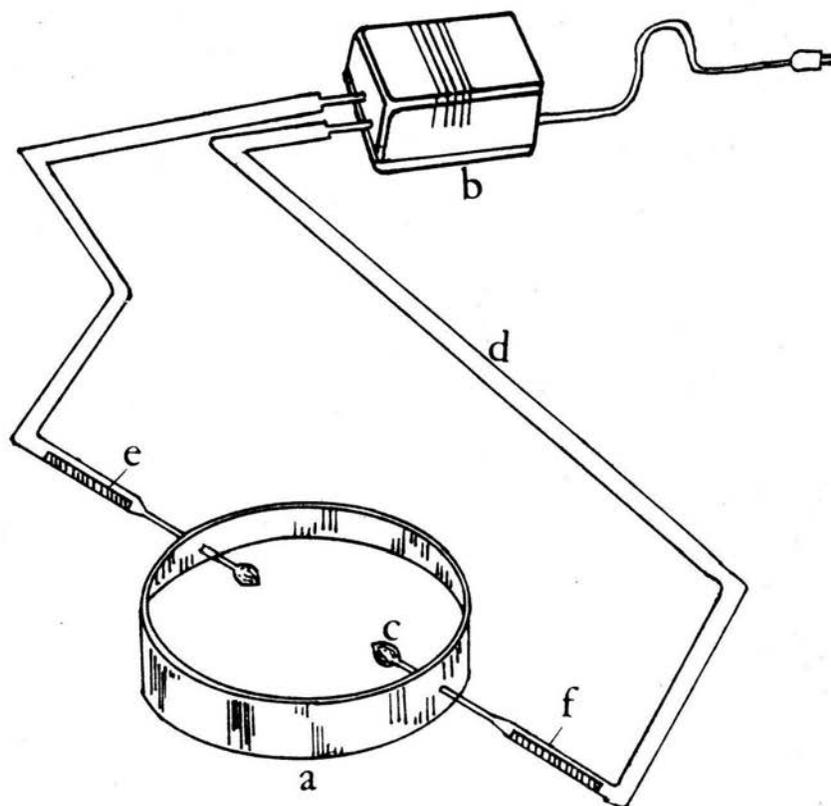


Figura 5a. Esquema del olfatómetro diseñado para evaluar la actividad biológica de los extractos de la glándula de veneno de la hormiga *S. geminata*, donde (a) recipiente circular de plástico; (b) bomba de aire; (c) cotonete; (d) manguera; (e) papel filtro y (f) pipeta Pasteur.

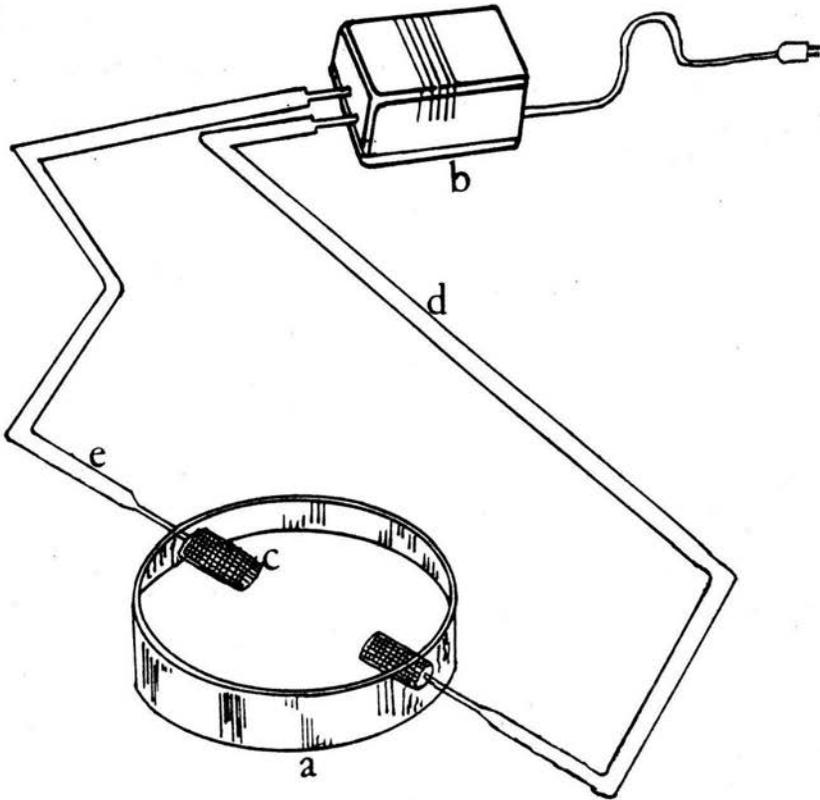


Figura 5b. Esquema del olfatómetro diseñado para evaluar la actividad biológica de las secreciones de la reina viva de *S. geminata*, confinada en las jaulas donde (a) recipiente circular de plástico; (b) bomba de aire; (c) jaula o rejilla; (d) manguera y (e) pipeta Pasteur.

4.6. Bioensayos

Todos los experimentos fueron realizados a concentración de una glándula equivalente (1 G.E), basado en los criterios utilizados por (Lofgren, *op. cit.*; Glancey, *op. cit.*); con excepción del experimento **dosis-respuesta**.

Se depositó 0.1 ml del extracto en un vial donde se sumergieron varias veces las piezas de papel filtro hasta agotar el contenido del extracto, posteriormente las piezas de papel se secaron al aire libre por espacio de un minuto, con el fin de asegurarse de que todo el hexano se haya volatilizado, después se colocaron en el interior de una de las pipetas la cual constituyó la muestra, para el tésigo las piezas de papel filtro fueron sumergidas en hexano únicamente y se siguió el mismo procedimiento descrito para la muestra.

Una vez que las piezas de papel filtro fueron colocadas dentro de las pipetas se liberaron 20 hormigas obreras de un mismo tamaño, en el centro del olfatómetro invirtiendo un frasco conteniendo las hormigas, en ese instante se empezó a bombear aire a un flujo de 0.5 Lt por minuto con el propósito de que las obreras al detectar el extracto pudieran discriminar entre la muestra y el control. La misma cantidad de aire fue pasada en el experimento con reinas vivas. La evaluación de las respuestas de las obreras atraídas a la muestra o al tésigo se realizó por simple conteo del número de obreras que permanecieron en una área de 2 cm² alrededor del cotonete a intervalos de 3, 6, 9, 12 y 15 min. Las paredes del olfatómetro fueron impregnadas con talco simple para evitar que las hormigas escaparan.

Para cada uno de los tratamientos se realizaron seis repeticiones con un diseño experimental completamente al azar. Después de cada repetición la muestra y el tésigo fueron cambiados de lugar rotando el olfatómetro a 180° con el fin de evitar la posibilidad de sesgo experimental; además, al terminar cada bioensayo los cotonetes, las pipetas y las hormigas fueron remplazadas por nuevas y el olfatómetro se lavó con agua y jabón neutro y se limpiaron con acetona para evitar problemas de contaminación.

4.7. Análisis químico de los compuestos de la glándula de veneno de las reinas

Después de disectada las hormigas y aislada la glándula junto con el saco de veneno, estas fueron montadas en fragmentos de vidrio que a su vez se colocaron dentro tubos capilares de vidrio y sellados en la parte final del capilar por medio de una flama. Los capilares conteniendo la glándula de veneno fueron colocados en tubos viales y enviados al laboratorio de química de insectos de la Universidad de Keele, Inglaterra., en donde se analizó la secreción de la glándula de veneno por medio de cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas.

4.8. Descripción de los experimentos

De acuerdo con los objetivos específicos se realizaron los siguientes bioensayos:

4.8.1 Bioensayo 1

Respuestas de las obreras (pequeñas, medianas y grandes), a extractos la glándula de veneno de las reinas, hembras vírgenes aladas, hembras vírgenes desaladas mecánicamente, hembras recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial y obreras pequeñas, medianas y grandes.

En esta prueba se evaluó el grado de respuesta de las obreras de diferentes tamaños a los extractos de la glándula de veneno de las reinas y las castas antes mencionadas. Con el fin de conocer si existen diferencias en las respuestas entre las diferentes castas se utilizó un diseño factorial de (7 X 3) en un arreglo completamente al azar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Experimento factorial 7 X 3 que se utilizó para evaluar las respuestas de las obreras de diferentes tamaños a extractos de la glándula de veneno de reinas, y otras castas.

ORIGEN DEL EXTRACTO	TAMAÑO DE LAS OBRERAS QUE RESPONDEN A LOS EXTRACTOS DE LA GLÁNDULA DE VENENO		
	OBRERAS PEQUEÑAS (B1)	OBRERAS MEDIANAS (B2)	OBRERAS GRANDES (B3)
Obreras pequeñas (A1)	A1 B1	A1 B2	A1 B3
Obreras medianas (A2)	A2 B1	A2 B2	A2 B3
Obreras grandes (A3)	A3 B1	A3 B2	A3 B3
Reinas (A4)	A4 B1	A4 B2	A4 B3
Hembras vírgenes aladas (A5)	A5 B1	A5 B2	A5 B3
Hembras vírgenes desaladas mecánicamente (A6)	A6 B1	A6 B2	A6 B3
Hembras aladas recién inseminadas en vuelo nupcial (A7)	A7 B1	A7 B1	A7 B3

4.8.2. Bioensayo 2

Relación dosis-respuesta de los extractos de la glándula de veneno de las reinas sobre las obreras.

En este bioensayo se determinó la concentración óptima del extracto de la glándula de veneno de la reina como la mejor atrayente en el número de hormigas que respondieron a la muestra. Las concentraciones de los extractos a valorar fueron a 0.1; 0.5; 0.8; 0.1; 1.5, 2.0 y 3.0 (G.E).

4.8.3. Bioensayo 3

Influencia del tamaño del olfatómetro sobre las respuestas de las obreras a extractos de la glándula de veneno de las reinas.

En este bioensayo se evaluaron las respuestas de las obreras a los extractos de la glándula de veneno de las reinas a partir de diferentes distancias del origen de la fuente, para ello se observaron las respuestas en olfatómetros de 10; 20; 30; 40; 50 y 100 cm de diámetro. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar.

4.8.4. Bioensayo 4

Duración de la actividad biológica de los extractos de la glándula de veneno de las reinas en el tiempo.

El objetivo de este experimento fue medir el tiempo de permanencia del extracto, es decir conocer cuánto tarda en volatilizarse la feromona una vez que se le ha colocado en el papel filtro, los tratamientos fueron a 10, 20, 30, 60 y 120 minutos.

4.8.5. Bioensayo 5

Respuestas de las obreras de diferentes colonias a extractos del saco de veneno o secreciones de reinas vivas.

Esta prueba se diseñó para conocer si existen diferencias en las respuestas de las obreras de diferentes colonias hacia los extractos de la glándula de veneno o secreciones de una misma reina, para ello se seleccionaron 6 colonias que llamamos colonia C1, C2, C3, C4, C5 y C6 y se escogieron de estas mismas colonias dos reinas llamadas arbitrariamente A y B una de mayor peso (21 mg) y otra de menor peso (13 mg), definidas como reinas fisogástrica y no fisogástrica respectivamente.

4.9. Análisis estadístico de los datos

Los datos de todos los experimentos fueron sometidos a la prueba de Barthell para analizar la homogeneidad de varianzas, después de confirmar la homogeneidad de varianza los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), y los promedios obtenidos de ANOVA fueron tratados con la prueba de Tukey (Steell y Torrie, 1988) con el fin de comparar las medias y el grado de significancia entre ellas.

Para el caso de los datos del estudio **dosis-respuesta** estos fueron tratados por un análisis de regresión y correlación lineal bajo el modelo de la ecuación $Y = a + b X$.

Para todos los resultados de los tratamientos estadísticos el valor de probabilidad considerado como significativo fue de ($\alpha = 0.05$).

Los datos analizados por ANOVA fueron transformados cuando estos no cumplieron con los supuestos requeridos para el análisis de varianza utilizando el método de la raíz cuadrada de la $\sqrt{x + 0.5}$.

La respuesta de los insectos fue calculada usando el siguiente índice:

$IR = (Nm - Nc)/(Nt)$; dónde **IR** es el índice de respuesta; **Nm** es el número de insectos atraídos a la muestra; **Nc** es el número de insectos atraídos al control y **Nt** es el número total de insectos liberados en cada bioensayo. Los valores estimados para este índice van de +1 a -1; los valores positivos indican quimiotaxis positiva y los negativos repelencia. (Tumlinson, *et al.*, 1968; Rojas y Cruz-López, 1994; Cruz-López, 1993).

Los índices de respuesta fueron usados como datos, a los cuales se les aplicó el análisis de varianza, para estimar diferencias entre los tratamientos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Bioensayo 1

Respuestas de las obreras (pequeñas, medianas y grandes), a extractos de la glándula de veneno de las reinas, de las hembras vírgenes aladas, de las hembras vírgenes desaladas mecánicamente, de las hembras recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial y de las obreras pequeñas, medianas y grandes.

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (Cuadro 2), se encontró que con un nivel de significancia de $P < 0.05$, existen estadísticamente diferencias significativas entre los factores A (extractos), B (respuestas de las obreras) y C (tiempo de respuesta a 3, 6, 9, 12 y 15 min), así, como entre las interacciones de los factores, a excepción de la interacción entre el factor B (extractos) x C (tiempo de respuesta), en la que no se encontró diferencia significativa.

CUADRO 2 ANOVA PARA EL ÍNDICE DE RESPUESTA DE LAS OBRERAS DE *S. geminata* A EXTRACTOS DE LA GLÁNDULA DE VENENO DE LAS REINAS Y DE OTRAS CASTAS $P < 0.05$ DE SIGNIFICANCIA

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	Fc	Ft
EFFECTOS PRINCIPALES	4.7920355	12	0.3993363	71.3380	1.96 *
FACTOR A (EXTRACTOS)	3.6506122	6	0.6084354	108.691	2.30 *
FACTOR B (RESPUESTAS)	0.6246077	2	0.3123039	55.7904	3.19 *
FACTOR C (TIEMPO)	0.5168156	4	0.1292039	23.0811	2.56 *
INTERACCIONES DE LOS					
FACTORES	0.888371	44	0.0201902	3.6068	1.76 *
FACTOR A X B	0.5327220	12	0.0443935	7.9305	1.96 *
FACTOR A X C	0.3180951	24	0.0132539	2.3676	1.79 *
FACTOR B X C	0.0375539	8	0.0046942	0.8385	2.14 NS
ERROR	0.268694	48	0.0055978		
TOTAL	5.9491005	104			

C.V. = 9.67%

F.V. = fuente de variación

C.M. = cuadrado medio

NS = no son significativo

S.C. = suma de cuadrados

Fc = F calculada

* son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

G.L. = grados de libertad

Ft = F de tabla

De acuerdo con los resultados de ANOVA (Cuadro 2) se puede considerar que hubo diferencia significativa entre los extractos. Biológicamente se puede interpretar que no todas las castas de *S. geminata* producen feromonas, habiendo diferencias significativas en el nivel de producción de feromonas entre las castas que sí la producen (Figura 6).

En este experimento se encontró que los extractos de las obreras pequeñas, medianas y grandes, y de las hembras vírgenes aladas fueron débilmente atractivos a las obreras, este resultado posiblemente se deba a otros factores que podrían estar involucrados tales como sustancias químicas de naturaleza no feromonal que las obreras pueden detectar, ya que la no producción de feromonas por las obreras está bien documentada (Jouvenaz *et al.*, 1974; Lofgren, *op. cit.*). Además los extractos de las reinas en este experimento fueron altamente atractivos y rápidamente detectados inclusive en dosis pequeñas como 0.1 G.E o grandes como 2.0 G.E., donde la fuerza atractiva hacia las obreras es contundente. Esto sugiere que las obreras y las reinas vírgenes aladas no producen feromonas. Estos resultados concuerdan con los encontrados por (Jouvenaz, *op. cit.*) quienes concluyeron que la atracción de las obreras de la misma o de otras colonias hacia extractos del saco de veneno de obreras, indica que estos insectos pueden detectar compuestos químicos de las hormigas pero la atracción es muy débil y no es atribuida a la feromona. También encontraron que las reinas vírgenes confinadas vivas en pequeñas rejillas de aluminio pudieron atraer débilmente a obreras de su colonia.

Los bioensayos realizados en este trabajo con reinas vírgenes aladas vivas capturadas dentro del nido no fueron atractivas a las obreras de su propia colonia, simplemente fueron ignoradas cuando estas fueron separadas y ensayadas en cajas de petri con un grupo de 20 obreras de distintos tamaños, lo mismo sucedió con sus extractos, sin embargo se encontró que los extractos de reinas vírgenes aladas de diferentes colonias saliendo del nido por la noche para efectuar el vuelo nupcial fueron al día siguiente disectadas y ensayadas, encontrándose que sus extractos fueron moderadamente atractivos a sus obreras. Comparativamente nunca más que los extractos de las reinas; posiblemente las reinas vírgenes aladas producen sustancias químicas poco atractivas que pueden ser detectadas por las obreras cuando ellas ya se encuentran sexualmente maduras previamente a la preparación del vuelo nupcial y que es posible que se deba a alguna feromona.

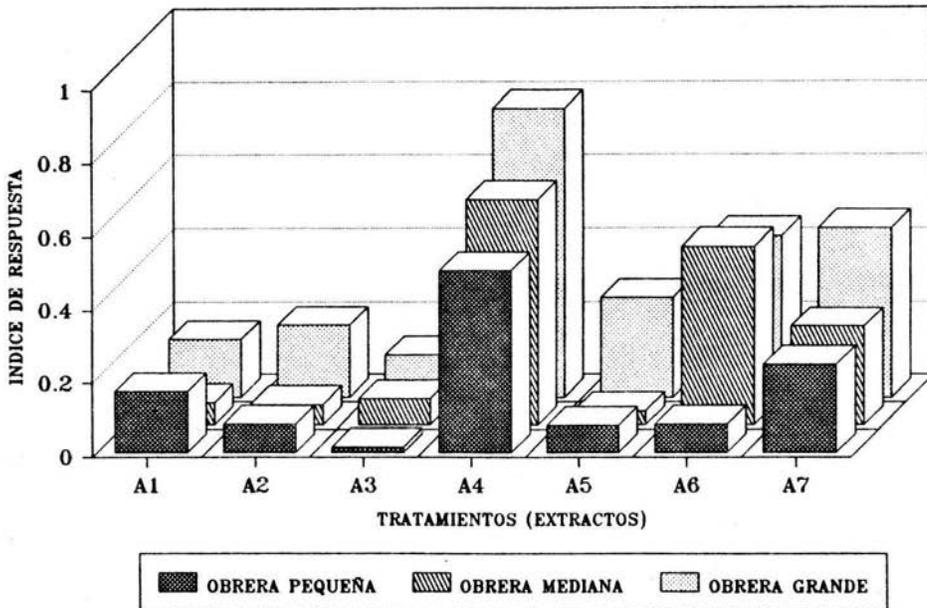


Figura 6. Índice de respuesta de obreras de *Solenopsis geminata* a extractos de la glándula de veneno de la reina y otras castas interpretándose en niveles de producción de feromonas.

A1 = extractos de obreras pequeña

A2 = extractos de obreras mediana

A3 = extractos de obreras grande

A4 = extractos de reinas

A5 = extractos de hembras vírgenes aladas

A6 = extractos de hembras vírgenes desaladas mecánicamente

A7 = extractos de hembras aladas recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial

En los experimentos realizados con reinas vírgenes aladas de *S. geminata* se encontró que a los 8 días después de cortarles las alas ya había cierto nivel de atracción de sus extractos y a los 15 días los extractos mostraron una mayor atracción hacia las obreras, estos resultados concuerdan con (Glancey, *op. cit.*) quienes encontraron que las reinas vírgenes aladas de *S. invicta*, comienzan a liberar feromona de 6-9 días después de haberles quitado las alas y a los 12 días ellas son muy atractivas para sus obreras. Los exámenes de laboratorio revelaron que los músculos alares estaban completamente histolizados en 10 días, y a los 12 días después de la dealación, el buche gástrico, la glándula postfaringeal y el esófago están llenos de un fluido aceitoso de color amarillo, utilizado para alimentar a las primeras crías.

(Lofgren, *op. cit.*) demostraron que los extractos del saco de veneno de las hembras vírgenes aladas no fueron atractivos a la mayoría de las obreras. Sin embargo (Glancey, *op. cit.*) encontraron que las reinas vírgenes aladas de *S. invicta*, producen feromonas, después de que estas son desaladas mecánicamente, y ensayadas de 1-3 semanas después de la dealación cuando los músculos alares están completamente histolizados.

Los bioensayos con hembras aladas recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial se encontró que sus extractos eran muy atractivos a las obreras, y el análisis de la disección reveló que el 95% de las hembras disectadas se pudo encontrar el espermateca, lo que confirma que ya estaban inseminadas y habían tirado las alas o algunas las perdieron entre 12-24 hr después de ser capturadas. Se observó que en todas las que ya habían tirado las alas los músculos alares estaban en proceso de histólisis el buche gástrico, el esófago y la glándula postfaringeal se encontraron semillenas de líquido amarillo y en la mayoría de los casos con ovarios desarrollados y huevecillos en todos los estados de desarrollo, estos resultados fueron similares a los encontrados por (Lofgren, *op. cit.*) quienes encontraron que los extractos de las reinas recién inseminadas en vuelo nupcial, fueron atractivos a las obreras tanto como los extractos de la reina.

En el caso de las reinas se pudo confirmar que sí, producen feromonas siendo los extractos altamente atractivos a las obreras, a diferencia de las hembras aladas inseminadas capturadas durante el vuelo nupcial y las hembras vírgenes desaladas mecánicamente que también producen feromonas pero los extractos fueron menos atractivos a la obreras que el de las reinas. Estos resultados concuerdan con los reportados por (Vander Meer, *op. cit.*), quién demostró que la sustancia responsable de la atracción en las obreras es la denominada “feromona de reconocimiento de la reina” además encontró que esta feromona es almacenada en el saco de veneno, dispersada por el aparato picador y biosintetizada en la glándula de veneno de la reina.

De acuerdo con la prueba de Tukey, el análisis del rango múltiple a un nivel de significancia $P < 0.05$, (Cuadro 3) demuestra que estadísticamente hay diferencia significativa entre los extractos de las distintas castas, siendo el extracto A3 estadísticamente diferente a los demás, sin embargo se puede apreciar que los extractos A1, A2 y A5 son iguales entre sí, pero diferente a los demás, siendo los extractos A6 y A7 iguales, observándose que el extracto A3 registró el valor más bajo y el extracto A4 fue el más alto, esto implica la existencia de cuatro grupos homogéneos que son:

- 1) Grupo “a” de obreras grandes que no producen feromonas.
- 2) Grupo “b” formado por obreras medianas, obreras pequeñas y reinas vírgenes aladas que tampoco producen feromonas.
- 3) Grupo “c” formado por las reinas vírgenes desaladas mecánicamente y por hembras recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial, que producen feromonas en niveles similares, entre ellas, pero significativamente diferente al grupo a, b y d. y
- 4) Grupo “d” formado por las reinas fisogástricas que produce feromonas de manera significativamente diferente al grupo a, b y c.

CUADRO 3. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON LA PRUEBA DE TUKEY PARA LOS EXTRACTOS

FACTOR A (EXTRACTOS)	PRUEBA DE TUKEY ($\alpha = 0.05$) PROMEDIOS	INTERVALOS DE GRUPOS HOMOGÉNEOS
A3	0.0675267	* a
A2	0.1103467	* b
A1	0.1281867	* b
A5	0.1285133	* b
A7	0.3247667	* c
A6	0.3358667	* c
A4	0.6348000	* d

A1 = obrera pequeña

A2 = obrera mediana

A3 = obrera grande

A4 = reinas

A5 = hembras vírgenes aladas

A6 = hembras vírgenes desalada mecánicamente

A7 = hembras aladas recién inseminadas capturadas en vuelo nupcial

Medias seguidas por la misma letra son significativamente iguales según la prueba de Tukey $P < 0.05$.

De acuerdo con la prueba de Tukey, el análisis del rango múltiple a un nivel de significancia $P < 0.05$, se encontró diferencia significativa entre el **grado de respuesta** de cada uno de los tamaños de hormigas obreras, siendo las obreras grandes las que mejor respondieron a los extractos, seguidas de las medianas y las que menos respondieron fueron las obreras pequeñas (Cuadro 4).

CUADRO 4. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON LA PRUEBA DE TUKEY PARA EL GRADO DE RESPUESTA DE LAS OBRERAS

FACTOR B (OBRERAS)	PRUEBA DE TUKEY ($\alpha = 0.05$) PROMEDIOS	INTERVALOS DE GRUPOS HOMOGÉNEOS
B1	0.1635171	* a
B2	0.2283114	* b
B3	0.3496029	* c

B1 = obreras pequeñas

B2 = obreras medianas

B3 = obreras grandes

Medias seguidas por distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey $P < 0.05$.

Este resultado sugiere que las hormigas de los 3 tamaños de *S. geminata* tienen diferente capacidad olfatoria para detectar y responder a la feromona (Figura 7). Este bioensayo difiere con los encontrados por (Lofgren, *op. cit.*) quienes observaron que las obreras más jóvenes, fueron más sensibles para responder a la feromona de la reina de *S. invicta*, que las obreras forrajeras de mayor tamaño, una posible explicación de las diferencias es que (Lofgren, *op. cit.*) realizaron su experimento con reinas vivas y no con extractos como lo fue en el presente trabajo. Sin embargo aunque no fue nuestro objetivo pudimos observar en el campo mientras realizábamos la colecta de los insectos y también en el laboratorio que las hormigas más pequeñas siempre tienden a permanecer en contacto con su reina, este fenómeno es congruente, toda vez que una de las principales tareas de las obreras pequeñas es la de cuidar y alimentar a la reina. Esta observación sugiere que las reinas tienen una marcada conducta maternal hacia sus obreras más pequeñas, pero también puede interpretarse que las obreras menores no tienen muy desarrollado su sistema quimiorreceptor tanto como para poder detectar la feromona de la reina a una distancia como la que pueden detectar las obreras mayores, según como lo observado en los experimentos con extractos.

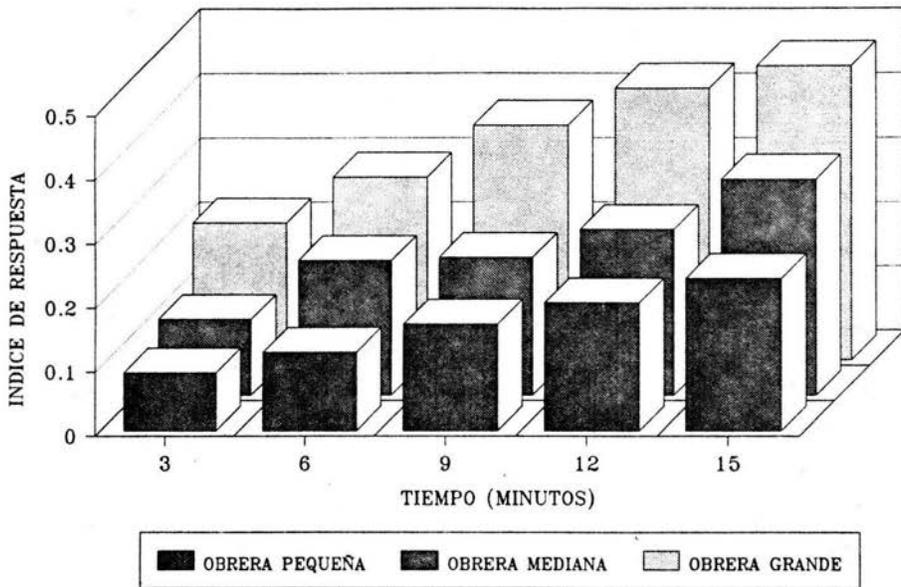


Figura 7. Grado de respuesta olfatoria de tres diferentes tamaños de obreras a la feromona de la reina de *S. geminata* en diferentes intervalos de tiempo.

De acuerdo con la prueba de Tukey, el análisis del rango múltiple a un nivel de significancia $P < 0.05$, se encontró diferencia significativa entre el índice de respuesta y el tiempo de respuesta, encontrándose que conforme transcurre el tiempo, mayor número de obreras son atraídas a la muestra, esta conducta se observó de manera similar en los tres tamaños de obreras. Este resultado significa que el índice de respuesta es función directa del tiempo, registrándose el índice de respuesta más bajo a los 3 minutos y el más alto a los 15 minutos (Cuadro 5).

CUADRO 5. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON LA PRUEBA DE TUKEY PARA DIFERENTES TIEMPOS DE RESPUESTA

FACTOR C (TIEMPO DE RESPUESTA)	PRUEBA DE TUKEY ($\alpha = 0.05$) PROMEDIOS	INTERVALOS DE GRUPOS HOMOGÉNEOS
C1	0.1413286	* a
C2	0.2061667	* b
C3	0.2493619	* c
C4	0.2941476	* d
C5	0.3447143	* e

Los factores de (C1 - C5) son equivalentes a 3, 6, 9, 12 y 15 minutos respectivamente.

Medias seguidas por distintas letras son significativamente diferentes según la prueba de Tukey $P < 0.05$.

5.2. Bioensayo 2

Relación dosis-respuesta de los extractos de la glándula de veneno de las reinas sobre las obreras.

En este experimento se encontró que los extractos crudos de la glándula de veneno de las reinas inducen la atracción de las obreras en un rango de concentración de (0.1-2.0 G.E), con diferencia significativa $P < 0.05$ en las respuestas de las hormigas obreras en todas las diferentes dosis, encontrándose que las obreras respondieron mejor a dosis de 0.5-0.8 G.E considerándose este intervalo el índice más alto de respuesta. A dosis de 1 G.E, la respuesta fue regular y las más bajas se obtuvieron en las concentraciones de (0.1, 0.2, 1.5, 2.0 G.E).

Sin embargo a concentración de 3 G.E. las respuestas fueron negativas, esto se puede interpretar biológicamente que a esta concentración la feromona actúa como una sustancia repelente (Figura 8).

(Hölldobler y Wilson, *op. cit.*) establecieron que las feromonas de las hormigas en altas concentraciones pueden actuar como repelentes y a bajas concentraciones como atrayentes, pero no establecen los rangos de concentraciones para *Solenopsis*. Sin embargo (Vander Meer, *op. cit.*) probando diferentes partes del cuerpo de la reina utilizaron extractos crudos del abdomen de la reina a concentraciones de 0.2 G.E. encontrando actividad biológica altamente significativa, comparada con las otras partes del cuerpo. Resultados similares fueron encontrados por (Lofgren, *op. cit.*) quienes establecieron que a concentración de 0.01 R.E. (reina equivalente) de extractos crudos se notó poca actividad biológica, y la máxima respuesta fué encontrada en un rango de 0.5-5.0 R.E., pero estos investigadores no encontraron que la respuesta fuera disminuyendo al grado de ser negativa, como lo fue en este trabajo con *S. geminata* a partir de 2 G.E. Esta diferencia puede ser debida a varias causas:

- a) Las pruebas fueron hechas con *S. invicta*, utilizando extractos crudos de todo el abdomen de la reina, en nuestro caso solo se utilizó la glándula de veneno.
- b) En el caso de *S. invicta* no se puede determinar si los extractos contenían una o más feromonas, ya que es evidente la existencia de varias feromonas producidas en diversas glándulas del abdomen de la reina.
- c) Los componentes feromonaes en *S. invicta* actuaron de manera diferente a como ocurrió en *S. geminata*; al parecer los componentes feromonaes en ambas especies son diferentes.
- d) Los compuestos en ambas especies podrían tener un umbral de respuesta diferente.

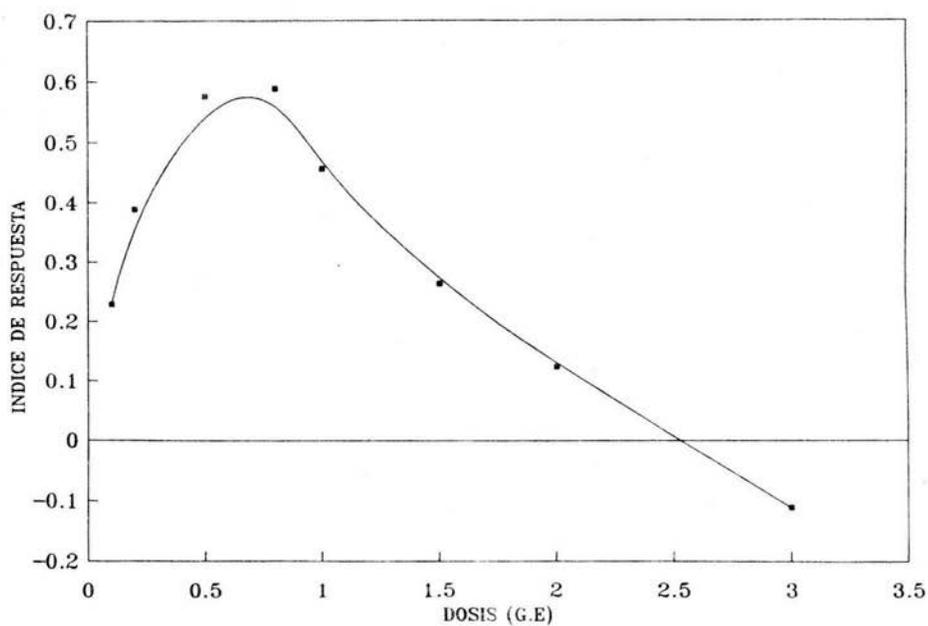


Figura 8. Índice de respuesta de obreras de *S. geminata* a diferentes dosis de extractos de la glándula de veneno de la reina.

5.3. Bioensayo 3

Influencia del tamaño del olfatómetro sobre las respuestas de las obreras a extractos de la glándula de veneno de las reinas.

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (Cuadro 6) se encontró que con un nivel de significancia $P < 0.05$, existen estadísticamente diferencias significativas entre los factores A (respuesta), B (tiempo de respuesta) y C (tamaño del olfatómetro), así, como las interacciones entre ellos).

CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA INFLUENCIA DEL TAMAÑO DEL OLFATOMETRO SOBRE EL ÍNDICE DE RESPUESTA DE LAS OBRERAS.

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	Fc	Ft
EFECTOS PRINCIPALES	0.3068057	8	0.03835	17.243	2.59 *
FACTOR A (RESPUESTA)	0.0000000	0	1.00000	449.616	4.49 *
FACTOR B (TIEMPO)	0.2145488	4	0.05363	24.116	3.01 *
FACTOR C (TAMAÑO DEL OLFATOMETRO)	0.0922570	4	0.02306	10.370	3.01 *
INTERACCIONES DE LOS					
FACTORES	0.0000000	0	1.00000	449.616	4.49 *
FACTOR A x B	0.0000000	0	1.00000	449.616	4.49 *
FACTOR A x C	0.0000000	0	1.00000	449.616	4.49 *
FACTOR C x B	0.0000000	0	1.00000	449.616	4.49 *
ERROR	0.0355859	16	0.00222		
TOTAL	0.3423917	24			

C.V.= 12.50 %

F.V = fuente de variación

S.C. = suma de cuadrados

G.L. = grados de libertad

C.M. = cuadrado medio

Fc = F calculada

Ft = F de tabla

* son significativamente diferentes $P < 0.05$.

En este bioensayo se encontró que el índice de respuestas de las obreras en diferentes tamaños de olfatómetros de 10, 20, 30, 40 y 100 cm de diámetro fue significativamente diferente, encontrándose que el índice de respuesta a partir del olfatómetro de 10 cm, se incrementó a un máximo de respuesta que ocurrió en el olfatómetro de 20 cm. A partir de este tamaño las respuestas disminuyeron significativamente hasta el olfatómetro de 40 cm, sin embargo se observó un ligero aumento en el olfatómetro de 100 cm, y la respuesta más baja fue encontrada en el olfatómetro de 40 cm (Figura. 9).

La conducta observada en el olfatómetro de 10 cm fue muy baja debido probablemente a que los insectos respondieron a una quimiotaxis positiva, incrustándose muy rápidamente tanto en el cotonete muestra como en el control, probablemente el campo activo de la feromona de *S. geminata* rebasa los 10 cm desde la fuente de emisión hasta donde se encuentra el organismo receptor, debido a ello los insectos pudieron agregarse por confusión en el cotonete control, otra explicación es que los insectos tienden a girar en distintas direcciones y agregarse sobre los obstáculos que ellos encuentran.

Sin embargo en el olfatómetro de 20 cm los insectos giran al azar y entre 1-6 min las obreras detectaban el olor y progresivamente conforme pasa el tiempo se incrustaron en el cotonete muestra, este resultado implica que probablemente el campo activo de la feromona no rebasa los 18 ó 20 cm, ya que a los 20 cm se registró el más alto índice de respuesta, descendiendo significativamente a los 30 cm. Esta variación puede estar soportada por el hecho de que en el olfatómetro de 100 cm, al ser liberados los insectos en el centro del olfatómetro, éstos se movieron al azar y después de cierto tiempo lograron acercarse a la muestra hasta detectar la feromona y ser atraídos, y el cotonete control simplemente fue ignorado. Esta conducta de las obreras en el olfatómetro de 100 cm de diámetro sugiere que la respuesta directa a la feromona (quimiotaxis positiva), solo se da cuando los insectos se encuentran a menos de 20 cm de la fuente y que por lo tanto el campo activo de la feromona no es mayor a 20 cm de diámetro. Estos resultados sugieren que la feromona de las reinas de *S. geminata* es poco volátil.

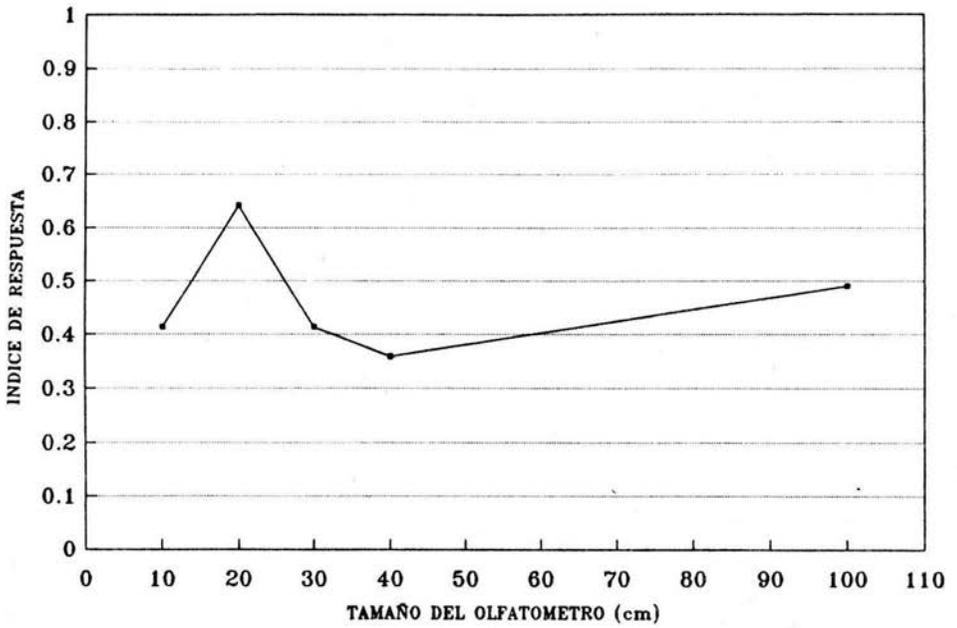


Figura 9. Índice de respuesta de obreras de *Solenopsis geminata* en diferentes tamaños de olfactómetro.

De acuerdo con la prueba de Tukey, el análisis del rango múltiple a un nivel de significancia $P < 0.05$, explica que estadísticamente hubo diferencia significativa en la influencia que tiene el tamaño del olfatómetro sobre la respuesta de las obreras, observándose tres grupos homogéneos que son: (Cuadro 7).

- a) Grupo "a" que corresponde al olfatómetro de 40 cm, donde se observó la respuesta más baja.
- b) Grupo "b" que lo forman los olfatómetros de 10, 100 y 30 cm, donde no hubo diferencia significativa, sin embargo la respuesta fue más alta que la del olfatómetro de 40 cm, pero más baja que el de 20 cm.
- c) Grupo "c" que corresponde al olfatómetro de 20 cm y que observó la respuesta más alta que todos los grupos anteriores.

CUADRO 7. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON LA PRUEBA DE TUKEY PARA DIFERENTES TAMAÑOS DEL OLFATÓMETRO

FACTOR C (TAMAÑO DEL OLFATÓMETRO)	PRUEBA DE TUKEY ($\alpha = 0.05$) PROMEDIOS	INTERVALOS DE GRUPOS HOMOGÉNEOS
C4	0.8850800	* a
C5	0.9270800	* b
C1	0.9487000	* b
C3	0.9487800	* b
C2	1.0677200	* c

C1 = olfatómetro de 10 cm. C2 = olfatómetro de 20 cm.
 C3 = olfatómetro de 30 cm. C4 = olfatómetro de 40 cm.
 C5 = olfatómetro de 100 cm.

Medias seguidas por la misma letra son significativamente iguales según la prueba de Tukey $P < 0.06$.

De acuerdo con la prueba de Tukey, el análisis del rango múltiple a un nivel de significancia $P < 0.05$, explica que estadísticamente hay diferencia significativa en el índice de respuesta a diferentes intervalos de tiempo, encontrándose que a 3 minutos la respuesta fue la más baja creciendo el índice hasta los 12 minutos. El índice de respuesta más alto se presentó en el intervalo de 12-15 minutos (Cuadro 8).

CUADRO 8. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON LA PRUEBA DE TUKEY PARA DIFERENTES INTERVALOS DE TIEMPO

FACTOR B (TIEMPO)	PRUEBA DE TUKEY ($\alpha = 0.05$) PROMEDIOS	INTERVALOS DE GRUPOS HOMOGENEOS
B1	0.8062400	* a
B2	0.8999200	* b
B3	0.9750000	* c
B4	1.0456200	* d
B5	1.0505200	* d

El factor (B1 - B5) son equivalentes a 3, 6, 9, 12 y 15 minutos respectivamente.

Medias seguidas por la misma letra son significativamente iguales según la prueba de Tukey $P < 0.05$.

5.4. Bioensayo 4

Duración de la actividad biológica de los extractos de la glándula de veneno de las reinas en el tiempo

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (Cuadro 9), se encontró que con un nivel de significancia de $P < 0.05$, existen estadísticamente diferencias significativas entre los factores A (respuesta), B (tiempo de volatilización del extracto) y C (tiempo de respuesta) así, como entre las interacciones entre ellos.

CUADRO 9. ANOVA PARA LA PERMANENCIA DEL EXTRACTO EN EL TIEMPO SOBRE EL ÍNDICE DE RESPUESTA DE LAS OBRERAS CON NIVEL DE SIGNIFICANCIA $P < 0.05$

F. V.	S. C.	G.L.	C. M.	Fc	Ft
EFFECTOS PRINCIPALES	0.2040336	8	0.0255042	4.969	2.59 *
FACTOR A (RESPUESTA)	0.0000000	0	1.0000000	194.849	4.49 *
FACTOR B (TIEMPO DE PERMANENCIA DEL EXTRACTO)	0.1287903	4	0.0321976	6.274	3.01 *
FACTOR C (TIEMPO)	0.0752433	4	0.0188108	3.665	3.01 *
INTERACCIONES DE LOS FACTORES	0.0000000	0	1.0000000	194.849	4.49 *
FACTOR A X B	0.0000000	0	1.0000000	194.849	4.49 *
FACTOR A X C	0.0000000	0	1.0000000	194.849	4.49 *
FACTOR B X C	0.0000000	0	1.0000000	194.849	4.49 *
ERROR	0.0821147	16	0.0051322		
TOTAL	0.2861484	24			

C.V. = 11.17 %

F. V. = fuente de variación

S. C. = suma de cuadrados

G.L. = grados de libertad

C.M. = cuadrado medio

Fc = F calculada

Ft = F de tabla

* son significativamente diferentes $P < 0.05$

Se encontró que conforme el extracto permaneció mayor tiempo expuesto al ambiente se obtuvo un menor índice de respuesta la diferencia observada fue significativa. (Jouvenaz, *op. cit.*) encontraron que las rejillas ocupadas por reinas fisogástricas por una hora fue atractiva hacia sus obreras después de remover a la reina, y permaneciendo el atrayente activo por más de 24 hr aunque la atracción declinó con el tiempo.

En *S. invicta* se ha demostrado que cuando las esquinas fueron tratadas con extractos de la reina en solución de hexano, después de volatilizarse el hexano las rejillas permanecen activas a sus obreras hasta por 72 hr la cual indica que los compuestos químicos responsables de la atracción son poco volátiles (Jouvenaz, *op. cit.*).

En este experimento se observó que el índice más alto de atracción de obreras de *S. geminata* ocurrió a los 60 minutos, permaneciendo el atrayente activo hasta por 2 hr.

Después de este tiempo su actividad biológica declino significativamente (Figura 10). La diferencia entre este resultado y el encontrado por (Jouvenaz, *op. cit.*) puede ser debido al uso de la metodología, ya que el utilizó secreciones de las reinas vivas en las pruebas y en este caso se utilizaron extractos del saco de veneno a 1G.E sobre papel filtro.

El hecho de que después de 2 hr la respuesta de obreras de *S. geminata*, disminuye significativamente posiblemente se debe a que los compuestos involucrados en la atracción se volatilizaron, esto no pudo ser medido por (Jouvenaz, *op. cit.*) por el tipo de bioensayo que ellos utilizaron. En cambio los componentes menos volátiles y que actuarían al contacto con los insectos, pueden permanecer más tiempo expuestos al ambiente.

Este tipo de compuestos son fácilmente evaluados por el bioensayo utilizado por (Jouvenaz, *op. cit.*) y podrían estar involucrados en la atracción de las obreras. Otra posibilidad para explicar la diferencia de los resultados puede ser que los compuestos de *S. geminata* sean más volátiles que los de *S. invicta*. Hasta ahora no se han evaluado los compuestos feromonales de la reina de *S. geminata*.

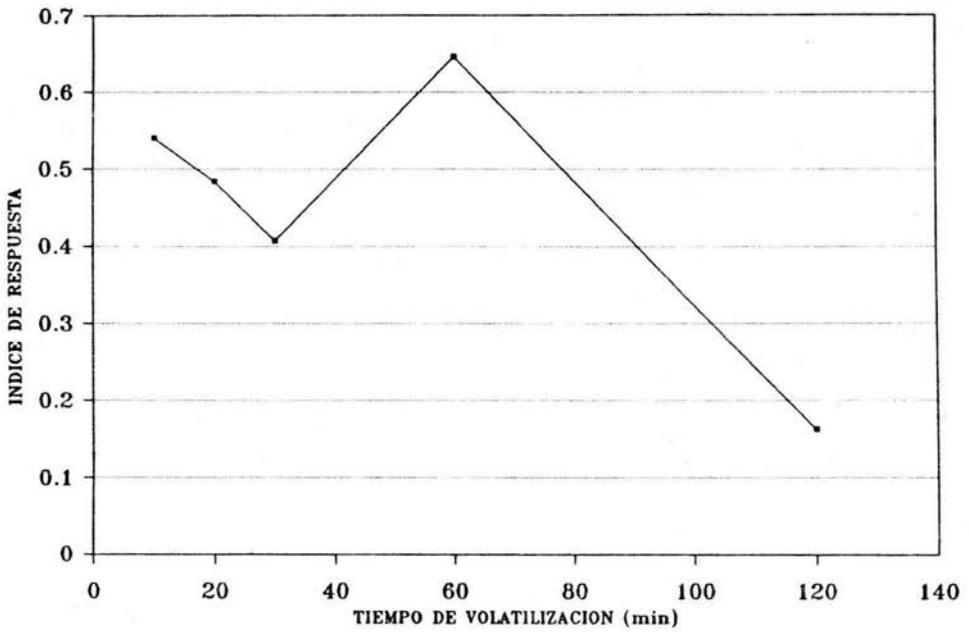


Figura 10. Índice de respuesta de obreras de *S. geminata* a diferentes intervalos de tiempo de volatilización del extracto de la glándula de veneno de la reina.

De acuerdo con la prueba de Tukey, el análisis del rango múltiple a un nivel de significancia $P < 0.05$, (Cuadro 10) explica que hay diferencia significativa en el índice de respuesta a diferentes intervalos de tiempo después de que el papel filtro impregnado con el extracto permaneció expuesto al ambiente, encontrándose que a los 120 minutos la respuesta fue la más baja y la más alta se registro a los 60 minutos.

CUADRO 10. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON LA PRUEBA DE TUKEY PARA LA DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS EXTRACTOS EN EL TIEMPO

FACTOR B (TIEMPO)	PRUEBA DE TUKEY ($\alpha = 0.05$) PROMEDIOS	INTERVALOS DE GRUPOS HOMOGÉNEOS
B5	0.8639600	* a
B3	0.9339400	* b
B2	0.9913400	* c
B1	1.0317400	* d
B4	1.0660200	* d

B1 = respuesta después de 10 minutos

B2 = respuesta después de 20 minutos

B3 = respuesta después de 30 minutos

B4 = respuesta después de 60 minutos

B5 = respuesta después de 120 minutos

Medias seguidas por la misma letras son significativamente iguales según la prueba de Tukey $P < 0.05$

De acuerdo con la prueba de Tukey, el análisis del rango múltiple a un nivel de significancia $P < 0.05$, (Cuadro 11) explica que hay diferencia significativa en el índice de respuesta a diferentes intervalos de tiempo, encontrándose que a 3 minutos la respuesta fue la más baja y la más alta se registro a los 15 minutos.

CUADRO 11. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON LA PRUEBA DE TUKEY PARA EL ÍNDICE DE RESPUESTA DE LA DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS EXTRACTOS EN EL TIEMPO A 3, 6, 9, 12 y 15 MINUTOS.

FACTOR C (TIEMPO EN MINUTOS)	PRUEBA DE TUKEY ($\alpha = 0.05$) PROMEDIOS	INTERVALOS DE GRUPOS HOMOGÉNEOS	
C1	0.8931400	*	a
C2	0.9453800	*	b
C3	0.9909800	*	c
C4	1.0016800	*	c
C5	1.0558200	*	d

El factor (C1 - C5) son equivalentes a 3, 6, 9, 12 y 15 minutos respectivamente.

Medias seguidas de la misma letra son significativamente iguales según la prueba de Tukey $P < 0.05$

5.5. Bioensayo 5

Respuestas de las obreras de diferentes colonias a secreciones de reinas vivas.

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (Cuadro 12), se encontró que con un límite de significancia de $P < 0.05$, existen estadísticamente diferencias significativas entre los factores A (reinas), B (respuesta de obreras de distintas colonias), pero no así, en el caso de las interacciones entre ellos.

CUADRO 12. ANOVA PARA EL ÍNDICE DE RESPUESTA DE OBRERAS DE DIFERENTES COLONIAS A DOS REINAS CON DIFERENTE GRADO DE FISOGASTRIA A UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA $P < 0.05$.

F. V.	S. C.	G.L.	C. M.	Fc	Ft
EFFECTOS PRINCIPALES	68.128337	6	11.354723	59.753	2.25 *
FACTOR A (REINAS)	63.389859	1	63.389859	333.58	3.99 *
FACTOR B (RESPUESTA)	4.738478	5	0.947696	4.987	2.36 *
INTERACCIONES DE LOS					
FACTORES	1.4524684	5	0.2904937	1.529	2.37 NS
FACTOR A X B	1.4524684	5	0.2904937	1.529	2.37 NS
ERROR	11.401609	60	0.1900268		
TOTAL	80.982415	71			

C.V. = 41.88 %

F.V = fuente de variación

S.C = suma de cuadrados

G.L. = grados de libertad

C.M = cuadrado medio

Fc = F calculada

Ft = F de tabla

NS = No hay diferencia significativa

* son significativamente diferentes $P < 0.05$

Los resultados estadísticos del análisis de varianza demuestran diferencias significativas entre las respuesta de las obreras de diferentes colonias hacia las reinas (A y B), esta diferencia está determinada por el grado de fisogastría de la reina, de modo que las obreras de las colonias C1, C2, C3, C4, C5 y C6, respondieron mejor hacia la reina con mayor desarrollo fisogástrico. En este caso hacia la reina B, consiguiéndose el índice de respuesta más alto con sus propias obreras de la colonia C2. La reina (A), menos fisogástrica pudo también atraer más fuertemente a sus propias obreras de la colonia C1, que a las obreras de las otras colonias cuando el experimento se realizó por separa, (confinando una reina en una de las jaulas y en la otra una pieza de papel filtro), pero cuando estas dos reinas (A y B) se colocaron en competencia cada una confinada dentro de pequeñas jaulas cilíndricas de 0.5 x 1 cm de una delgada malla de alambre, las obreras de la reina A, fueron más fuertemente atraídas hacia la reina B que tenía mayor desarrollo fisogástrico, lo mismo ocurrió con las obreras de las colonias C2, C3, C4, C5.y C6.(figura 11).

Estos resultados concuerdan con los encontrados por (Keller y Ross, 1993) ellos encontraron que las diferencias en el desarrollo fisiológico entre las reinas de colonias poliginicas y monoginicas, esta influenciado por el nivel de producción de feromonas y que los niveles de atracción de las obreras hacia las reinas extrañas de otros nidos se incrementa con el grado de fertilidad de las reinas.

La prueba de Tukey $P < 0.05$ para las reina A y B, observó diferencia significativa (Cuadro 13), esto sugiere que existe diferencia en el nivel de producción de feromonas entre una y otra reina, donde el grado de fertilidad esta correlacionado con la fuerza atractiva de la reina para atraer a sus obreras y las obreras extrañas de otras colonias.

CUADRO 13. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON LA PRUEBA DE TUKEY PARA LA REINA A y B.

FACTOR A (REINA)	PRUEBA DE TUKEY ($\alpha = 0.05$) PROMEDIOS	INTERVALOS DE GRUPOS HOMOGÉNEOS
A1	1.6116083	* a
A2	3.4882167	* b

A1 = reina A con sus obreras y obreras de distintas colonias

A2 = reina B con sus obreras y obreras de distintas colonias

Medias seguidas con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey $P < 0.05$.

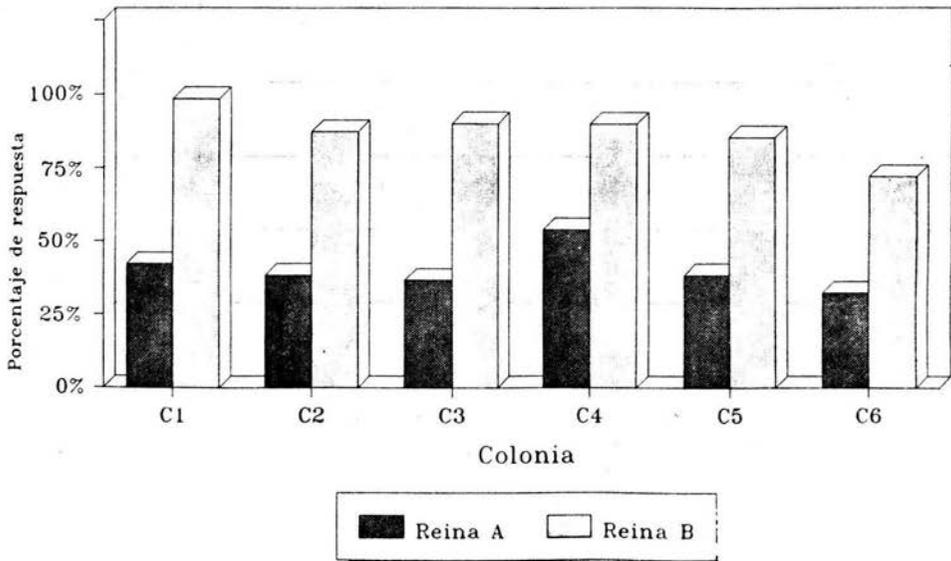


Figura 11. Respuesta de obreras de *Solenopsis geminata* de diferentes colonias a las secreciones de dos reinas en competencia.

De acuerdo con la prueba de Tukey $P < 0.05$, el grado de respuesta de las obreras de las distintas colonias observó estadísticamente diferencias significativas. Las obreras de la colonia C6, fueron las que menos respondieron, comportándose de modo diferente a las demás colonias, ya que las obreras de las colonias C3, C4, y C5 no mostraron diferencia en la respuesta. (teniendo el mismo grado de respuesta). Las obreras de las colonias C1 y C2 tuvieron el mismo grado de respuesta, pero diferentes a las otras colonias, sin embargo estas colonias demostraron tener el mayor nivel de respuesta a las secreciones de las reinas (Cuadro 14).

CUADRO 14 COMPARACIÓN DE MEDIAS CON LA PRUEBA DE TUKEY PARA OBRERAS DE DIFERENTES COLONIAS (C1; C2; C3; C4; C5 Y C6)

FACTOR B (COLONIA)	PRUEBA DE TUKEY (α 0.05) PROMEDIOS	INTERVALOS DE GRUPOS HOMOGÉNEOS
B6	2.0916667	* a
B5	2.4710417	* b
B4	2.5125750	* b
B3	2.5328583	* b
B1	2.8137500	* c
B2	2.8775833	* c

B1 = Colonia C1	B2 = Colonia C2	B3 = Colonia C3	B4 = Colonia C4
B5 = Colonia C5	B6 = Colonia C6		

Medias seguidas de la misma letra son significativamente iguales según la prueba de Tukey $P < 0.05$

Estos resultados sugieren que las obreras responden más fuertemente a las secreciones de su propia reina que el de otras reinas extrañas, siempre y cuando las reinas sean fisogástricamente equivalentes; sin embargo las obreras de las otras colonias responden mejor o son más fuertemente atraídas hacia la reina con mayor grado de fisogastría, aún cuando la reina menos fisogástrica esté presente con sus propias obreras y se encuentre otra reina más fisogástrica en competencia. Esto sugiere que:

- a) Existe una feromona de reconocimiento que es específica para cada colonia, y que sería la responsable de la atracción y dependiendo de su concentración puede atraer ligera o fuertemente a las obreras.
- b) Existe la posibilidad de la existencia de otra feromona que no es específica para cada colonia, si no que es la misma en todas las especies de *S. geminata*, y que actúa sola o en combinación

Experimentos similares realizados por (Jouvenaz, *op. cit.*) quienes demostraron que las reinas vivas de *S. invicta* y *S. geminata* confinadas en rejillas cilíndricas de aluminio por una hora y colocadas en competencia encontraron que las obreras de su progenie, fueron dos veces más fuertemente atraídas por sus obreras después de que estas reinas fueron removidas de las rejillas que la otra reina inespecífica, aunque también hubo atracción hacia la reina inespecífica. (Jouvenaz, *op. cit.*) sugiere que hay una feromona básica por cada especie, la cual tiene un olor específico.

5.6. Análisis químicos de los compuestos de la glándula de veneno de las reinas

Se han obtenido resultados preliminares del análisis químico de las secreciones de la glándula de veneno de la reina de *S. geminata*, efectuados por L. Cruz, en la Universidad de Keele, Inglaterra y se encontraron la presencia de compuestos alcaloides como componentes principales de las secreciones, los cuales se ha reportado que no presentan ninguna actividad biológica como atrayentes hacia las hormigas (Vander Meer, *op. cit.*), estos alcaloides son utilizados únicamente como mecanismo de defensa y para matar a sus presas (Hölldobler y Wilson, *op. cit.*). Pero también se observaron dos componentes cuya indentificación química y experimentos para conocer su actividad biológica, se encuentra bajo investigación.

6. CONCLUSIONES

- 1) Los extractos de la glándula de veneno de obreras grandes, medianas y pequeñas de *S. geminata* fueron muy poco atractivos a las obreras de la misma especie, sin embargo esta atracción podría atribuirse a sustancias contaminantes de la glándula de Dufour (donde se produce la feromona de ruta), otro factor podrían ser compuestos químicos producidos por el saco de veneno de sus compañeros que las obreras son capaces de detectar y que actúan como sustancias de reconocimiento entre los miembros de la misma colonia.
- 2) Los extractos de las reinas vírgenes aladas también fueron muy poco atractivos a sus obreras, sin embargo extractos de estas mismas reinas desaladas mecánicamente, si fueron atractivos.
- 3) La sustancia responsable de la atracción de las obreras hacia la reina es conocida como la "feromona de reconocimiento de la reina"
- 4) Los extractos de las hembras recién inseminadas colectadas en vuelo nupcial, fueron atractivos a las obreras. Los extractos de estas reinas fueron más atractivos cuando han tirado sus alas y el esófago, el buche gástrico y la glándula postfaringeal se encuentran llenos de líquido amarillo.
- 5) La producción de feromonas en las hembras se inicia con el proceso de la histólisis de los músculos alares, bien sean éstas, hembras vírgenes desaladas mecánicamente o inseminadas, consecuentemente la producción de feromonas no depende del apareamiento que ocurre durante el vuelo nupcial.
- 6) El nivel de producción de feromonas por la reina de *S. geminata* es directamente proporcional al grado de fisogastría de la reina. Debido al desarrollo de sus ovarios, los pesos máximos observados durante esta investigación fueron de 21 mg para las reinas fisogástricas y el peso mínimo para las reinas vírgenes aladas fue de 9 mg.
- 7) Las obreras mayores respondieron más a los extractos de la glándula de veneno de la reina, seguida de las obreras medianas y las que menos respondieron fueron las obreras pequeñas.

- 8) La respuesta de las obreras a la feromona de la reina tiene un espectro de atracción que va de (0.1-2.0 G.E), arriba de esta concentración la feromona actúa como un repelente. La concentración óptima en la cual se encontró el mayor índice de respuesta fue entre (0.5-0.8 G.E)
- 9) El tamaño del olfatómetro que resultó más adecuado fue el de 20 cm de diámetro, por lo que se considera que la feromona es de poco alcance.
- 10) Los extractos de la reina responsables de la atracción de las obreras tuvieron una duración de actividad biológica de 2 hr por lo que se les considera poco volátiles.
- 11) Los extractos de la glándula de veneno de la reina de *S. geminata* atrae más fuertemente a las obreras de su propia colonia, que a las obreras de colonias extrañas, lo mismo ocurrió con las reinas vivas, siempre que ellas sean fisogastricamente equivalentes, sin embargo cuando una de las reinas tiene mayor desarrollo fisogástrico atrajo más fuertemente a las obreras aunque éstas no fueran de su propia colonia.

7. LITERATURA CITADA

- Adams, C. T., Banks, W. A., Lofgren, C. S. Smittle, B. J. & Harlan, D. P. 1983. Impact of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*. (Hymenoptera: Formicidae), on the growth and yield of soybeans. J. Econ. Entomol. 76: 1129-1132.
- Allen, G. E., Buren, W. F., Williams, R. N., Menezes, M. De, & W. H. Whitcomb. 1974. The red imported fire ant, *Solenopsis invicta*. Distribution and hábitat in Mato Grosso, Brazil. Ann. Entomol. Soc. Amer. 67: 43-46.
- Apperson, C. S. & Powell, E. E. 1984. Foraging activity of ants (Hymenoptera: Formicidae) in a pasture inhabited by the red imported fire ant. Fla. Entomologist. 67: 383-391.
- Arnett, R. H. 1991. American insects. Van Nostrand Reinhold Company. New York. 575 pp.
- Banks, W. A., J. K. Plumley & D. M. Hicks. 1973. polygyny in a colony of the fire ant *Solenopsis geminata*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 66: 234-235.
- Billen, J. 1985. Morphology and ultrastructure of the Dufour's and venom gland in the ant, *Myrmica rubra* (L). (Hymenopter: Formicidae). Inst. J. Insect. Morphol. Embryol. 15: 13-25.
- Borror, D. J., C.A. Triplehorn & N.F. Johnson. 1989. An introduction to the study of insects. 6th Edition. Saunders College Publishing, Orlando, Florida. 875 pp.
- Brian, M. V. 1973. Queen recognition by brood-rearing workers of the ant. *Myrmica rubra* L. Anim. Behav. 21: 691-698.
- Brown, W. L., Jr. 1968. An hypothesis concerning of the metapleural glands in ants. Am. Nat. 102: 188-191.

- Brown, W. L., Jr., T. Eisner, and R. H. Whittaker. 1970. Allomone and Kairomones: Transspecific chemical messengers. *BioScience* 20: 21-22
- Buren, W. F., Allen, G. E., Whitcomb, W. H., Lennartz, F. E. & Williams, R. N. 1974. Zoogeography of the imported fire ants. *New York Entomol. Society.* 82: 113-125.
- Callahan, P. S., M. S. Blum, & J. R. Walker. 1959. Morphology and histology of the poison glands and sting of the imported fire ant (*Solenopsis saevissima v. richteri* Forel). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 52: 573-590.
- Chapman, R. F. The insects. structure and function. 1971. American Elsevier Publish.Co.Inc. New York. 819pp.
- Cruz-López, L., Malo, A. Edi., & Rojas, C. J. 1993. Aggregation pheromone in five species of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 88 : 535-539.
- Drees, B. M., Berger, L. A., Cavazoz, R. & Vinson, S. B.1991. Factors affecting sorghum and corn seed predation by foraging red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *J.Econ. Entomol.* 84: 285-289.
- DuBois, B. R. & Mark, B. DuBois. 1994. Colony founding by queens of *Solenopsis molesta* (Hymenoptera: Formicidae). *Entomological News.* 105: 61-68.
- Fletcher, D. J. C., M. S. Blum., T. V. Whitty, & N. Temple. 1980. Monogyny and polygyny in the fire ant *Solenopsis invicta* Buren. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 73: 658-661.
- Fletcher, D. J. C., & M. S. Blum. 1981. Pheromonal control of dealation and oogenesis in virgin queen fire ants. *Science.* 212: 73-75.

- Glancey, B. M., Stringer, C. E., Jr., Craig, C. H., P.M., Bishop, B. M. Martin. & Martin, B. B. 1973. Evidence of a replete caste in the fire ant *Solenopsis invicta*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 66: 233-234
- Glancey, B. M., Stringer, C. E., Craig, C. H. & Bishop, P. M. 1975. An extraordinary case of polygyny in the red imported fire ant. Ann. Entomol. Soc. Amer. 68: 909-912.
- Glancey, B. M. 1980. Biological studies of the queen pheromone of the red imported fire ant. Tallahassee Fla. 173 pp.
- Glancey, B. M., Vander Meer, R. K., Glover, A & Lofgren, C. S. 1980. Observations of intercastes in *Solenopsis invicta* Buren. Fla. Entomologist. 63: 347-351.
- Glancey, B. M., A. Glover, & C. S. Lofgren. 1981. Pheromone production by virgin queens of *Solenopsis invicta* Buren. Sociobiology. 6: 119-127.
- Green, H. B. 1952. Biology and control of the imported fire ant in Mississippi. J. Economic Entomol. 45: 593-597.
- Greenberg, L., S. B. Vinson, & Sherry, E. 1992. Nine-Year study of a field containing both monogyny and polygyny red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 85: 686-695.
- Hölldobler, B & Wilson, E. O. 1990. The ants. Berlin: Springer Verlag. New York. 732 pp.
- Hung, A. C. F., Vinson, S. B., Howard, D. F. & Tschinkel, W. R. 1981. Internal distribution of liquid foods in isolated workers of the fire ant, *Solenopsis invicta* J. Insect. Physiol. 27: 67-74.

- Jouvenaz, D. P., W. A. Banks, & C. S. Lofgren. 1974. Fire ants: attraction of workers to queen secretions. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 67: 442-444.
- Kaakeh, W. & Dutcher, J. D. 1992. Foraging preference of red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) among three species of summer cover crops and their extracts. *J. Economic Entomol.* 85: 387-394.
- Karlson, P. & Butenandt. 1959a Pheromones (Ectohormones) in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 4: 39-58.
- Karlson, P. & M. Luscher. 1959b. "Pheromones", a new term for a class of biologically active substances. *Nature* 183: 155-176.
- Keller, L. & Nonacs. P. 1993. The role queen pheromones in social insects: queen control or queen signal?. *Anim. Behav.* 45: 787-794.
- Keller, L. & Kenneth, G. R. 1993. Phenotypic plasticity and cultural transmission of alternative social organizations in the fire ant. *Solenopsis invicta*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 33: 121-129.
- Law, J. H., & F. E. Regnier. 1971. Pheromones. *Ann. Rev. Biochem.* 40: 533-548
- Lastres, M. L. 1990. The role of two predators, *Doru taeniatum* and *Solenopsis geminata* F., as control agents of *Spodopteros frugiperda* in Honduras. M.S. Texas Univ., College Station. 89pp.
- Lofgren, C. S., Banks, W. A., & Glancey, B. M. 1975. Biology and control of imported fire ants. *Annu. Review. Entomol.* 20: 1-27.
- Lofgren, C. S. 1978. Imported fire ant infestation of buildings. *Fla. Entomol.* 61: 230-231.

- Lofgren, C. S., B. M. Glancey., A. Glover., J. Rocca, & J. Tumlinson. 1983.. Behavior of workers of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) to the queen recognition pheromone: laboratory studies with an olfactometer and surrogate queens. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 76: 44-50.
- Lofgreen, C. S., & Williams, D. F. 1984. Polygynous colonies of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Fla. Entomologist.* 67: 484-486.
- Markin, G. P.; Diller, J. H; Hill, S. O; Blum, M. S; Herman, H. R. 1971. Nuptial flight and flight ranges of the imported fire ant. *Solenopsis saevissima richteri*. *J. Ga. Entomol. Soc.* 6: 145-156.
- Markin, G. P. & Dillier, J. H. 1971. The seasonal life cycle of the imported fire ant, *Solenopsis saevissima richteri*, of the Gulf Coast of Mississippi. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 64: 562-565.
- Markin, G. P., H. L. Collins, & J. H. Dillier. 1972. Colony founding by queens of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 65: 1053-1058.
- Mackay, W. P. 1985. A comparison of the bioenergetics of three species of *Pogonomyrmex* in México (Hymenoptera: Formicidae). *harvester ants. Oecologia.* 66: 484-494.
- MacKay, W. P., E. E. MacKay & S. Bradleigh-Vinson. 1990. La biología de *Solenopsis invicta*, (Hymenoptera:Formicidae). *Folia Entomol. Mex.* 78: 209-240.
- Mirenda, J. T. & Vinson, Bradleigh.1981. Division of labour and specification of caste in the red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren. *Anim. Behav.* 29: 409-420.
- Morril, W. L. 1974. Production and flight of alate red imported fire ants. *Environ. Entomol.* 3: 265-261.

- Nordlund, D. A., and W. J. Lewis. 1976. Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. *J. Chem. Ecol.* 2: 211-220.
- Pamilo, Pekka. 1991. Evolution of colony characteristics in social insects. *American Naturalista.* 137: 83-107.
- Parry, K. & Morgan, E. D. 1979. Pheromones of ants: a review. *Physiol. Entomol.* 4: 161-189.
- Petralia, R. S. & Vinson, S. B. 1978. Feeding in the larvae of the imported fire ant, *Solenopsis invicta*: Behavior and morphological adaptations. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 71: 643-648.
- Porter, S. D. & D. A. Savignano. 1990. Invasion of polygyny fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community. *Ecology.* 71: 2095-2106.
- Porter, S. D., Bhatkar, A., Mulder, R., Bradleigh, S. Vinson, & Clair, D. J. 1991. Distribution and density of polygyny fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Texas. *J. Economic. Entomol.* 84: 866-874.
- Porter, S. D. 1992. Frequency and distribution of polygyne fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Fla. Entomologist.* 75: 248-256.
- Porter, S. D. 1993. Stability of polygyny and monogyny fire ants population. (Hymenoptera: Formicidae) *Solenopsis invicta*. *J. Economic. Entomol.* 86: 1344-1347.
- Rojas, J. C. & Cruz-López, L. 1994. Factores que afectan la respuesta de *Triatoma mazzottii* a la feromona de agregación en laboratorio. *Southwestern Entomologist.* 19: 393-401.
- Ross, H. H., Ross, C. A., & Ross, J. R. P. 1982. *Entomology.* John Wiley & Sons. New York pp.

- Ross, K. G. & Fletcher, D. J. C. 1986. Diploid male production a significant colony mortality factor in the fire ant *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). Behav. Ecol. Sociobiol. 19: 283-291.
- Singh, P. 1977. Artificial diets for insects, mites and spiders. IFI/Plenum Data Company. New York. 594pp.
- Sorensen, A. A., Kamas, R. S. & Vinson, S. B. 1983. The influence of oral secretions from larvae on levels of proteinases in colony members of *Solenopsis invicta* Buren. J. Insect. Physiol. 29: 163-168.
- Summerlin, J. W., Banks, W. A. & Schroeder, K. H. 1975. Food exchange between mounds of the red imported fire ant. Ann. Entomol. Soc. Amer. 68:863-866.
- Stumper, R. 1956. Etudes mymécologiques. LXXVII. Les secretion attractives des reines des fourmis. Mitt. Schweiz Entomol. Ges. 29: 373-380.
- Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 2da ed. McGraw-Hill. México. 622 pp.
- Toom, P. M., Johnson, C. P. & Cupp, E. W. 1976. Utilization of body reserves preoviposition activity by *Solenopsis invicta*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 69: 145-148.
- Tschinkel, W. R. 1987. Relationship Between ovariole number and spermathecal sperm count in ant queens: a new allometry. Ann. Entomol. Soc. Amer. 80: 208-211.
- Tschinkel, W.R. 1988. Colony growth and the ontogeny of worker polymorphism in the fire ant, *Solenopsis invicta*. Behav. Ecol. Sociobiol. 22: 103 - 115.
- Trager, J. C. 1991 A revision of the fire ants, *Solenopsis geninata* group (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). J. New York Entomol. Soc. 99: 141-198.

- Trager, J. C. 1988. Advances in mymecology. E. J. Brill. New York. 551 pp.
- Tumlinson, J. H., D. D. Hardee, J. P. Minyard, A. C., Thompson, R. T. & P. A. Hedim. 1968. Boll weevil sex attractant: Isolations studies. J. Econ. Entomol. 61: 470-474
- Vander Meer, R. K., B. M. Glancey., C. S. Lofgren., A. Glover., J. H. Tumlinson, & J. H. Rocca. 1980. The poison sac of red imported fire ant queens: source of a pheromone attractant. Ann. Entomol. Soc. Amer. 73: 609-612.
- Vander Meer, R. K. 1983 Semiochemicals and the red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae). Fla. Entomol. 66: 139-161.
- Vargo, E. L. & Fletcher, D. J. C. 1986. Queen number and the production of sexuals in the fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). Behav. Ecol. Sociobiol. 19: 41-47.
- Vargo, E. L. & Fletcher, D. J. C. 1987. Effect of queen number on the production of sexuals in natural populations of the fire ant. *Solenopsis invicta*. Physiol. Entomol. 12: 109- 116.
- Vargo, E. L. & S. D. Porter. 1989. Colony reproduction by budding in the polygyny form of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 82: 307-313.
- Vargo, E. L. & K. G. Ross. 1989. Differential viability of eggs laid by queens in polygyne colonies of the fire ant *Solenopsis invicta* . J. Insect. Physiol. 36: 587-593.
- Vargo, E. L. 1992. Mutual pheromonal inhibition among queens in polygyne colonies of the fire ant *Solenopsis invicta*. Behav. Ecol. Sociobiol. 31: 205-210.

- Vargo, E. L. 1993. Colony reproductive structure in a polygyny population of *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 86: 442- 449.
- Way, M. J. & Khoo, K. C. 1992. Role of ants in pest management. Annu. Rev. Entomol. 37: 479-503.
- Whittaker, H. 1970. The biochemical ecology of higher plants. In E. Sondheimer and J. B. Simeone (eds.), Chemical Ecology. Academic Press, New York. P.43-70.
- Wheeler, W. M. 1910. Ants, their structure, development and behavior . The Columbia University Press New York . 663 pp.
- Wilson, E. O. 1963. Feromonas, En química y ecosfera, Edit. H. Blume. Barcelona España. pp 145-155.
- Wilson, E.O. 1971. The Insect Societies Edward. The Belknap Press of Harvard University. 548 pp.
- Willer, D. E. & Fletcher, D. J. C. 1986. Differences in inhibitory capability among queens of the ant *Solenopsis invicta*. Physiol Entomol. 11: 475-482.
- Wood, L. A. 1981. Quantification and modification of worker size variation in the fire ant *Solenopsis invicta*. Insectes Sociaux. 28: 117- 128.
- Yufera, P. E. 1991. Ecología química. eds. Mundi-Prensa. Madrid. 350 pp.