



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

INSTITUTO DE CIENCIAS  
CENTRO DE AGROECOLOGÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO SOSTENIBLE  
DE AGROECOSISTEMAS

**BIOLOGÍA, DAÑOS Y PROPUESTA DE MANEJO  
AGROECOLÓGICO DE TERMITAS (BLATTARIA:  
ISOPTERA) EN EL MUNICIPIO DE HUEHUETLÁN  
EL GRANDE, PUEBLA**

TESIS  
Para obtener el grado de  
Maestra en Ciencias en Manejo Sostenible de  
Agroecosistemas

PRESENTA  
**Biol. JOHANA DALILA PÉREZ CABRERA**

DIRECTORA DE TESIS  
**DRA. BETZABETH CECILIA PÉREZ TORRES**

ASESORES:  
**DR. AGUSTÍN ARAGÓN GARCÍA  
DR. JESÚS FRANCISCO LÓPEZ OLGUÍN  
DR. MIGUEL ARAGÓN SÁNCHEZ**

PUEBLA, PUE.

ABRIL, 2024



La presente tesis, titulada: **“BIOLOGÍA, DAÑOS Y PROPUESTA DE MANEJO AGROECOLÓGICO DE TERMITAS (BLATTARIA: ISOPTERA) EN EL MUNICIPIO DE HUEHUETLÁN EL GRANDE, PUEBLA”**, realizada por la alumna **Biól. Johana Dalila Pérez Cabrera**, bajo la dirección del Comité Tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN  
MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

COMITÉ TUTORIAL:


DIRECTORA: \_\_\_\_\_

  
Dra. Betzabeth Cecilia Pérez Torres

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
Dr. Agustín Aragón García

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
Dr. Jesús Francisco López Olguín

ASESOR EXTERNO: \_\_\_\_\_

  
Dr. Miguel Aragón Sánchez

REVISOR EXTERNO: \_\_\_\_\_

  
M. en C. Rosa María Burgos Cháidez

Puebla, Pue., abril de 2024.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico proporcionado a través de la beca que ha sido esencial para el desarrollo de mis estudios. Este reconocimiento extiende un profundo aprecio hacia el compromiso continuo del CONAHCYT en fomentar la investigación y el desarrollo académico en nuestro país.

Mi más profunda gratitud a mi directora de tesis, Dra. Cecilia Betzabeth Pérez Torres, cuyo apoyo, empatía, respaldo y orientación no solo han sido pilares en mi formación, sino también motivo de mi sincera admiración por su excepcional labor. Igualmente, estoy enormemente agradecida con mis asesores. Al Dr. Agustín Aragón García, le extiendo un especial agradecimiento por su visión crítica y sus consejos estratégicos, que no solo guiaron eficazmente mi investigación, sino que también apoyaron cada etapa de mi proceso académico. Del Dr. Jesús Francisco López Olguín, valoro profundamente su atención al detalle y su experta orientación en los análisis estadísticos, que fueron elementos cruciales para la correcta interpretación de los datos. Al Dr. Miguel Aragón Sánchez, agradezco su constante buena disposición y las valiosas enseñanzas y aportaciones, especialmente en la captura y edición de imágenes que han enriquecido visualmente mi trabajo. Finalmente, mi reconocimiento a la M. en C. Rosa María Burgos Cháidez, cuya orientación y profundo conocimiento han enriquecido significativamente mi aprendizaje sobre las termitas, admirando profundamente su dedicación y pericia.

Extiendo mi gratitud a los productores de aguacate, los señores Hernán Marín y Clemente Mendoza por su apertura y apoyo en los huertos, así como a las Maestras Mari y Maximina por su colaboración y confianza en el estudio con los preescolares indígenas de Huehuetlán el Grande, que fueron piezas clave en el desarrollo de este estudio. Agradezco también al Presidente Municipal, el C. Miguel Ángel Gonzáles Carpinteyro, por su aprobación y apoyo en este estudio, y a la M. en D. Emilia Hernández por su invaluable apoyo y orientación en la realización de las ilustraciones de este trabajo.

Por último, quiero expresar mi agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la BUAP por los proyectos con clave 100526112-VIEP2021, 100045855-VIEP2021, y 100526112-VIEP2022, los cuales han sido fundamentales para el avance de mi investigación. Agradezco igualmente al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) por su confianza y apoyo a través de los proyectos SIP con folios 16236 y 32508 asignados a la M. en C. Rosa M. Burgos Cháidez.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con todo mi corazón a mi familia, quienes han sido la columna vertebral de mi vida y mi carrera. A mi esposo Dayron Bolaños y mi bebe Jafet Bolaños, que son mi más grande motivación, mostrándome día a día la razón detrás de cada desafío enfrentado. A mis queridos padres, Dalila y Juan, por su fe inquebrantable en mí y por impulsarme siempre hacia adelante en cada uno de mis proyectos, y a mi hermano Juan David.

En el mismo espíritu de gratitud, extendiendo mi agradecimiento a mis amigos, quienes han sido esenciales en este viaje. Geo, Jess y Karla, gracias por su apoyo emocional incansable y por estar siempre ahí, en los momentos más necesarios. A mis amigos y compañeros de maestría, Pao y Víctor, con quienes compartí no solo apoyo mutuo, sino también experiencias y recuerdos que atesoraré siempre. A mis primos, gracias por su compañía y apoyo. Finalmente, un agradecimiento especial a todas aquellas personas que han contribuido a este proyecto con su empatía y energía positiva, haciéndolo posible y enriqueciéndolo en cada etapa.

Dedico este trabajo a todas las personas que desde el inicio creyeron en la importancia de este proyecto. Gracias a todos aquellos catedráticos que compartieron sus conocimientos sobre termitas y profesores de MaSAgro.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
2.1 Clasificación taxonómica del infraorden Isoptera	4
2.2. Ciclo de vida y formación de la colonia de termitas	5
2.3. Distribución del Orden Isoptera	6
2.4. Hábitos alimenticios y daños del Orden Isoptera	7
2.5. Daños en huertos de <i>P. americana</i>	8
2.6. Daños e infestación en zonas urbanas	8
2.7. Métodos de control de termitas	9
2.7.1 Control químico	9
2.7.2 Control cultural	10
2.7.3 Control físico	10
2.7.4 Control con hongos entomopatógenos	11
2.7.5 Control con extractos vegetales	11
III. JUSTIFICACIÓN	12
IV. OBJETIVOS	14
4.1. Objetivo general	14
4.2. Objetivos específicos	14
V. HIPÓTESIS	15
VI. ZONA DE ESTUDIO	16
6.1 Descripción de la zona de estudio	16
6.2 Sitios de colecta	17
6.21 Construcciones	17
6.2.2 Huertos de árbol aguacate <i>Persea americana</i>	17
VII. METODOLOGÍA	19
7.1 Identificación de las especies de termitas	19
7.1.1 Muestreos en la zona de estudio	19
7.1.2 Colecta de termitas en construcciones	19
7.1.3 Colecta en árboles de <i>P. americana</i>	20
7.1.4 Muestreo con trampas	21
7.1.5 Procesamiento de muestras	25
7.2 Cuantificación de los daños e infestación por termitas	27
7.2.1 Daños e infestación en construcciones	27
7.2.1 Daños e infestación en árboles de <i>P. americana</i>	29
7.3 Biología y hábitos de termitas	30
7.4 Manejo Agroecológico en termitas	31
7.4.1 Colecta de termitas	31
7.4.2 Colecta del material vegetal	31
7.4.3 Preparación y obtención del extracto	31

7.4.4 Tratamientos, unidad y diseño experimental	31
7.5 Análisis estadístico	33
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
8.1 Determinación de termitas	37
8.2 Cuantificación de daños	46
8.3 Ecología de <i>Heterotermes convexinotatus</i> y métodos de colecta	50
8.4 Efecto insecticida de los extractos vegetales en termitas	53
IX. CONCLUSIONES	56
X. LITERATURA CITADA	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras		Pág.
1	Localización de la zona de estudio y los sitios de muestreo en el municipio de Huehuetlán El Grande, Puebla.	16
2	Secciones del huerto “Tierra colorada” de Huehuetlán El Grande, Puebla.	18
3	Trampas de intercepción de vuelo para termitas reproductivas en huertos de aguacate.	22
4	Trampas de cartón corrugado colocados en huertos de aguacate y construcciones de Huehuetlán El Grande.	23
5	Muestreo directo en tocones de madera en los huertos de aguacate.	23
6	Morfología externa de soldado nasute en vista lateral (Constantino, 2002).	24
7	Morfología externa de soldado mandibulado. 1) Vista dorsal de cuerpo completo, 2) Vista ventral de la cabeza (Constantino, 2002).	24
8	Equipo de trabajo empleado para la identificación de termitas del Laboratorio de Investigación en Química y Biología (INAH).	26
9	Material vegetal siendo pulverizado en molino eléctrico NIXTAMATIC; polvo vegetal pulverizado en la báscula.	32
10	Unidades experimentales del bioensayo con veinte Termitas obreras de <i>H. convexinotatus</i> .	33
11	Abundancia relativa de los isópteros de Huehuetlán El Grande, Puebla.	35
12	Riqueza, abundancia y número de organismos de las especies entre zonas de construcciones y huertos.	36
13	<i>Incisitermes marginipennis</i> vista dorsal (a) Soldado mayor y (b) soldado menor 10x, (c) Vista lateral del soldado mayor (d) cabeza 40x soldado mayor. Línea de escala 1mm.	38
14	Soldado de <i>Incisitermes minor</i> (a) Vista dorsal 10x, (b) cabeza y mandíbulas 20x; (c) Vista lateral 10x, (d) cabeza y pronoto 20x. Línea de escala 1mm.	40
15	Soldado de <i>Heterotermes convexinotatus</i> (a) vista dorsal del cuerpo completo, (b) Vista lateral cuerpo completo. Línea de escala 1mm.	41
16	Reproductivo de <i>Heterotermes convexinotatus</i> . Cabeza, pronoto y ala de termitas reproductivas. c) Vista dorsal y Vista lateral; d) Ala anterior izquierda.	42
17	Soldado de <i>R. flavipes</i> (a) Vista lateral izquierda cuerpo completo 10x (b) cabeza vista dorsal 20x, (C) cabeza y pronoto vista lateral izquierda 10x. Línea de escala 1mm.	44
18	Reproductivo de <i>R. flavipes</i> . Cabeza, pronoto y ala de termitas reproductivas. a) Vista dorsal y Vista lateral; b) Ala anterior derecha.	44

19	Soldado de <i>Tenuirostritermes</i> sp. (a) Vista lateral del cuerpo completo 20x, (b) Vista dorsal cuerpo completo 20x. Línea de escala 1mm.	46
20	Daños ocasionados por <i>H. convexinotatus</i> en silla de madera de pino y libros en el Preescolar indígena "Narciso Mendoza".	47
21	Fluctuación poblacional de <i>H. convexinotatus</i> en los sitios de ocurrencia.	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tablas		Pág.
1	Modificación de la escala de daños e infestación por termitas.	28
2	Escala de severidad por daño de termitas en plantas de <i>P. americana</i> .	29
3	Tratamientos utilizados para el manejo agroecológico de <i>H. convexinotatus</i> en laboratorio.	32
4	Concentración de los componentes en los tratamientos utilizados en el bioensayo en laboratorio.	33
5	Riqueza y Abundancia de especies por sitio de colecta y castas.	35
6	Escala de daño e infestación por termitas en dos sitios de muestreo en Huehuetlán El Grande, Puebla.	48
7	Escala de daño de termitas en Huertos de <i>P. americana</i> en Huehuetlán El Grande, Puebla.	49
8	Medianas del porcentaje de mortalidad de termitas en laboratorio a las 8, 16 y 24 horas.	53
9	Medianas del porcentaje de mortalidad de termitas en laboratorio a las 32, 40 y 48 horas.	54

## RESUMEN

Con el objetivo de conocer las especies de termitas y los daños que ocasionan en construcciones y en huertos de *Persea americana* Mill del Municipio de Huehuetlán El Grande, Puebla, se establecieron cinco sitios de colecta con distintos microambientes. Para la obtención del material biológico se realizaron colectas directas quincenales de mayo 2021 a febrero 2022; de forma dirigida, para las termitas subterráneas se elaboraron trampas de cartón corrugado mojado enterradas y retiradas tras 30 días. Los especímenes se preservaron etiquetados en alcohol al 70%. El material colectado se determinó con la ayuda de claves taxonómicas. Se determinaron las morfoespecies correspondientes a *Incisitermes minor*, *Incisitermes marginipennis*, *Heterotermes convexinotatus*, *Reticulitermes flavipes* y *Tenuirostritermes* sp.

En la segunda sección del trabajo, se ensayó el efecto de seis extractos vegetales a una concentración de 1 % (*Azadirachta indica*, *Cymbopogon citratus*, *Roldana ehrenbergiana*, aceite de citronela comercial (*Pelargonium* sp.) y dos testigos (aceite vegetal y agua destilada) sobre la mortalidad de la termita subterránea *H. convexinotatus*. La unidad experimental consistió en un disco de papel filtro Whatman, impregnado con cada extracto vegetal, en una caja de Petri y se agregó 20 termitas obreras, utilizando un diseño al azar con 10 repeticiones. Los datos de mortalidad fueron registrados a las 8, 16, 24, 32, 40 y 48 horas de la exposición. Los resultados mostraron que los extractos de *C. citratus* y *R. ehrenbergiana* tienen alto potencial el manejo de termitas mostrando un porcentaje de mortalidad del 80 y 55% respectivamente a las 48 horas de su aplicación, por lo cual se concluye que el uso de estos extractos puede ser de gran utilidad para mantener baja las poblaciones en las zonas con presencia de estos organismos.

## ABSTRACT

With the objective of knowing the species of termites and the damage they cause in constructions and in orchards of *Persea americana* Mill in the Municipality of Huehuetlán El Grande, Puebla, five collection sites with different microenvironments were established. To obtain the biological material, biweekly direct collections were made from May 2021 to February 2022); in a directed way, for subterranean termites, wet corrugated cardboard traps were made, buried and removed after 30 days. The specimens were preserved in 70% alcohol in properly labelled bottles. The collected material were determined with the help of taxonomic keys. The morphospecies corresponding to *Incisitermes minor*, *Incisitermes marginipennis*, *Heterotermes convexinotatus*, *Reticulitermes flavipes* and *Tenuirostritermes* sp.

In the second section of the work, the effect of six plant extracts was tested at a concentration of 1% (*Azadirachta indica*, *Cymbopogon citratus*, *Roldana ehrenbergiana*, commercial citronella oil (*Pelargonium* sp.) and two controls (vegetable oil and distilled water). on the mortality of the subterranean termite *Heterotermes convexinotatus*. The experimental unit consisted of a Whatman filter paper disc, impregnated with each plant extract, in a Petri dish and 20 worker termites were added, using a randomized design with 10 repetitions. Mortality data were recorded at 8, 16, 24, 32, 40 and 48 hours after exposure. The results showed that the extracts of *C. citratus* and *R. ehrenbergiana* have high potential for termite management, showing a percentage of mortality of 80 and 55% respectively 48 hours after its application, for which it is concluded that the use of these extracts can be very useful to keep populations low in areas with the presence of these organisms.

## I. INTRODUCCIÓN

La composición biológica de los sistemas naturales varía según las características fisicoquímicas que el sistema posee, como temperatura, precipitación, humedad y pH (Stupino *et al.*, 2014). Dentro de la diversidad de especies que habitan en los ecosistemas se identifican diversos nichos ecológicos, entre los que destacan organismos que juegan un rol importante en los ecosistemas, como los descomponedores de la materia orgánica en el suelo, los polinizadores, los reguladores de poblaciones, entre otros, que son parte de la cadena alimenticia y el sostenimiento de los ciclos biogeoquímicos del sistema (Rust y Su, 2012; Calderón *et al.*, 2018).

La biota del suelo resulta de vital importancia para los procesos de descomposición de la materia orgánica y relaciones tróficas entre los organismos. La materia vegetal muerta en el suelo es aprovechada por especies de invertebrados como los insectos, arácnidos, nemátodos, anélidos, tardígrados, colémbolos, miriápodos, entre otros. En el grupo de los insectos, se desarrollan papeles preponderantes para la estabilidad de los ecosistemas destacando los órdenes Collembola, Dermaptera, Dytioptera, Hemiptera, Isoptera, Orthoptera, Thysanura, Coleoptera, Diptera e Hymenoptera (Morón, 1985; De las Salas, 1987), siendo los isópteros los principales degradadores de materia vegetal en los ecosistemas (Berrocal, 2007).

Los isópteros antes clasificados independientemente en el orden Isoptera, recientemente se consideran parte del Orden Blattaria (Krishna *et al.*, 2013), este grupo está conformado por insectos comúnmente conocidos como termitas, termes o comejenes. Los termes son objeto de muchos estudios, no sólo de interés científico, sino mayormente por las especies que causan perjuicio a los cultivos, bienes e inmuebles del hombre, de los cuales se estima que son de 40,000 millones de dólares en el 2010 en Estados Unidos (Rust y Su, 2012), estos gastos incluyen el eliminar esta plaga y la rehabilitación de los daños causados (Cabrera y López, 2013).

Estos organismos se agrupan en colonias eusociales complejas, regidas por un sistema de castas: soldados, obreras y reproductores. Los roles varían de acuerdo con la casta y edad de los individuos, cada casta contribuye a la supervivencia y funcionamiento correcto del nido (Pearce, 1997; Ramírez y Dolly, 2001). Por lo general, la casta más abundante es la obrera; sin embargo, la proporción de las diferentes castas varía de acuerdo con el género o familia (Costa y Casarín, 2009).

Desde el punto de vista ecológico, las termitas participan activamente en los ciclos biogeoquímicos, el reciclaje de nutrientes y el mejoramiento de las propiedades del suelo (Méndez y Equihua, 2001). Existen numerosas especies estrictamente xilófagas, cuya fuente principal de alimento es la celulosa, estas especies pueden consumir madera virgen o procesada, por lo que presenta interés para el hombre, debido a los severos daños que causan no solo a las edificaciones incluyendo el daño que ocasionan en viviendas con estructura de madera, mobiliario y colecciones de libros o pinturas, sino a plantaciones forestales y cultivos agrícolas con sustanciales pérdidas económicas (Costa, 2002; Milano, 2002).

Las termitas habitan en unidades (termiteros) compuestas por un número limitado de individuos reproductores asociados con numerosos individuos estériles, como los soldados y las obreras. La nidificación puede o no estar asociada con la fuente de alimento o el material de construcción (cartón, madera, partículas de tierra, restos vegetales o una mezcla de ellos). El nido es aglutinado y cementado mediante secreción salival, rectal o excretas de las obreras (Torales *et al.*, 2005).

Los termites construyen varios tipos de nidos, el más simple consta de una serie de galerías y cámaras excavadas en la madera, que es a la vez alimento y residencia; otras especies construyen nidos difusos con varios puntos donde viven las termitas con galerías que los interconectan; algunos de estos nidos pueden ser muy voluminosos y pueden tener hasta cinco metros de alto (Grassé, 1984; Gaju *et al.*, 2015).

A pesar de la importancia biológica y ecológica del Orden, sus hábitos alimenticios y de nidificación constituyen unos de los daños estéticos y estructurales en construcciones y materia vegetal, lo que hace considerarlos como una plaga de importancia agrícola, debido a que se ha reportado causando daños en distintos sistemas de producción, en los que se incluyen especies frutales como cítricos (Abadía *et al.*, 2013; Arcila *et al.*, 2013), *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) (Hurtado *et al.*, 2017), cultivos de *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) (Moino *et al.*, 2002), *P. americana* Mill (Lauraceae) (Pérez *et al.*, 2015), para esta última especie puede ser muy susceptible a daños por especies que se alimentan de celulosa como las termitas (Pérez *et al.*, 2018).

México es el principal productor de aguacate (*P. americana*), especie de la familia Lauraceae con alta importancia comercial; este fruto es consumido por el hombre desde hace milenios, evidencias indican que se encontraron hallazgos en la cueva de Coaxcatlán, Puebla, México; con una antigüedad de 7000 a 8000 años; así mismo, esta especie también ha sido empleada como materia prima para la extracción de aceite y en la industria cosmética (Pérez *et al.*, 2015).

En el municipio de Huehuetlán El Grande, el aguacate es la especie más importante para autoconsumo y venta familiar; esta especie ha mostrado susceptibilidad a insectos plaga, donde se incluyen insectos xilófagos, que pueden llegar a irrumpir en el desarrollo de la planta y el fruto. Desafortunadamente la práctica más común para el manejo de estos organismos es la aplicación de insecticidas de síntesis química, que representa un riesgo para la comunidad por su exposición y sus altos costos. Por ello, resulta de suma importancia conocer las especies que inciden y sus hábitos, para poder desarrollar estrategias de prevención y manejo agroecológico de estos insectos sin dañar el ecosistema.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 Clasificación taxonómica del Infraorden Isoptera

De acuerdo con De Luna *et al.*, (2023), el infraorden Isoptera en México, se incluye en la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Animalia

Phyllum: Arthropoda

Clase: Hexapoda

Orden: Blattodea Wattenwyl, 1882

Infraorden: Isoptera Brullé, 1832

Familias:

Archotermopsidae Engel, Grimaldi & Krishna 2009

Kalotermitidae Froggatt, 1897

Rhinotermitidae Froggatt, 1897

Termitidae Latreille, 1802

Se estima que existen 3,176 especies conocidas a nivel mundial (2,976 vivas y 200 fósiles) (Constantino, 2020), de las cuales, 150 son consideradas plaga (Masciocchi, 2019). Termitidae es la familia más diversa y abundante a nivel mundial, representada por 1,900 especies del total descritas dentro del infraorden Isoptera; a nivel mundial representa el 63.33% (Mill, 1983; Nickle y Collins, 1992; Canello y Myles, 2000).

En la actualidad para México, la diversidad estimada de la fauna de termitas oscila entre 70 especies incluidas en las familias Archotermopsidae, Kalotermitidae, Rhinotermitidae y Termitidae. La familia Kalotermitidae constituye un grupo importante a nivel económico, al igual que la familia Rhinotermitidae, de la cual se registran nueve especies para el país, de los cuatro géneros conocidos para Norteamérica (De Luna *et al.*, 2023).

Estudios moleculares indican que la relación parental con los Órdenes Mantodea y Blattodea ha quedado confirmada, sin embargo, hoy en día la controversia taxonómica continúa ya que algunos especialistas consideran Isoptera como superfamilia, Infraorden y otros más como Orden (Lo *et al.*, 2007, Krishna *et al.*, 2013), aunque es ampliamente aceptado que los isópteros constituyen un grupo monofilético diferenciado a nivel morfológico de sus parientes más próximos, y han sido considerados grupos independientes de nivel taxonómico de Orden (Gaju *et al.*, 2015).

## **2.2. Ciclo de vida y formación de la colonia de termitas**

El ciclo biológico de los termites es variable, se debe tomar en cuenta que el conocer su desarrollo nos permite hacer un monitoreo óptimo de estas especies; la fundación de la colonia o termitero empieza con el enjambrazón o salida de gran cantidad de imagos alados al exterior; el rey y la reina reciben el nombre de "pareja real" y son los responsables de la formación de un nuevo termitero. Dependiendo de la familia de termites, la colonia puede contener una única pareja de reproductores funcionales (Krishna *et al.*, 2013). Ambos excavan una cámara nupcial en la madera o en el suelo y en ella copulan, al cabo de una semana aproximadamente la hembra empieza a poner huevos, la primera generación consta de unos 10 huevos que eclosionan al cabo de unas semanas. A partir de este momento, el abdomen de la hembra se dilata considerablemente por el crecimiento de los ovarios (fisiogastria) y las puestas pueden variar entre 200 a 300 huevos al año, las especies más prolíficas ponen hasta 30,000 huevos en 24 horas (Gaju *et al.*, 2015).

Los termites son insectos hemimetábolos (huevo, ninfa y adulto); el desarrollo postembrionario es muy complejo debido a las diferentes castas, dependiendo del grupo taxonómico de termites, las formas inmaduras pueden transformarse en cualquier casta de la colonia; en algunas especies el primer o los dos primeros estadios, reciben la denominación de larvas, debido a que su destino de casta todavía no está establecido (Masciocchi, 2019).

Existen especies que incluyen una casta suplementaria, los neoténicos; pueden sustituir a la pareja real o a uno de sus miembros, o incrementar el número de reproductores dependiendo la familia; existen grupos alejados de la influencia parental, por tanto, pueden existir varios neoténicos suplementarios en una misma colonia, asegurando así la supervivencia y extensión de ésta (Gaju *et al.*, 2015).

### **2.3. Distribución del Infraorden Isoptera**

Las termitas presentan una distribución cosmopolita, estando más extendidos en los trópicos y en la mayor parte de las zonas cálidas, generalmente se encuentran pocas especies fuera de las zonas templadas cuyas altitudes superan a los 2000 m; en países tropicales y subtropicales, algunas especies son plagas importantes para los ecosistemas forestales y urbanos (Sands, 1977; Logan *et al.*, 1990; Scheffrahn *et al.*, 2015).

Las familias Kalotermitidae, Rhinotermitidae y Termitidae están presentes en todas las regiones biogeográficas. La región oriental presenta la mayor riqueza de especies seguida de las regiones Etiópica y Neotropical; y con el menor número de especies la región Neártica. En relación con la región Paleártica (157 especies), la distribución es muy irregular, siendo mucho más diversa hacia la parte Oriental (Asia y regiones próximas) que la Occidental (Europa) (Evans *et al.*, 2013; Gaju *et al.*, 2015).

En México, las termitas son un grupo poco estudiado, se han realizado tres estudios faunísticos regionales; el primero en la costa del Pacífico (Light, 1933), donde se registraron 30 especies; el segundo en Chamela, Jalisco (Nickle y Collins, 1988) con 27 especies, y el tercero en el sureste de México, con 23 especies para los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Yucatán, donde la mayor diversidad se presenta en el sur del país en las planicies costeras del Golfo de México y del Pacífico (Méndez y Equihua, 2001).

Actualmente se han reportado 79 especies con distribución conocida en México, aunque se calcula que pueden existir alrededor de 150 especies (Canello y Myles,

2000); distribuidas de norte (climas templados) a sur (climas tropicales), con registros importantes de infestaciones en ciudades como: Acapulco, Cancún, Manzanillo, Mexicali, Monterrey, Tampico, Uruapan y Veracruz (Espinoza, 2003).

Para el estado de Puebla solo se han registrado tres especies, *Incisitermes marginipennis* Latreille, 1817 (Isoptera: Kalotermitidae), *Reticulitermes flavipes* Kollar, 1837. (Isoptera: Rhinotermitidae) y *Gnathamitermes nigriceps* Light, 1930 (Isoptera: Termitidae) (Méndez y Equihua, 2001). En nuestro país no existen estudios detallados sobre las termitas en la mayor parte de sus regiones, y aún se desconoce sus patrones de distribución, diversidad de especies y el papel que juegan dentro de los ecosistemas (Canello y Myles, 2000).

#### **2.4. Hábitos alimenticios y daños del Infraorden Isoptera**

Los termes son insectos xilófagos que se alimentan principalmente de celulosa, como madera, hierbas, papel y otros materiales de origen vegetal. La mayoría de estos organismos consumen el alimento de forma "*in-situ*" y en algunos casos se lo llevan al nido, a través de túneles o galerías alimentarias que salen del nido principal; las castas de obreras y soldados son las encargadas de buscar alimento (Gaju *et al.*, 2015). Los mismos autores mencionan que la casta obrera por medio de una glándula denominada esternal, situada en la parte terminal del abdomen, produce una secreción que deja en el suelo, sirviendo como una pista o rastro a las demás obreras para comunicarse con la fuente de alimento; es así, que cuando la fuente de alimento está por agotarse, los termes ya no dejan más rastros.

Sobre la relación entre la forma de anidación y fuente de alimento de las termitas, Eggleton y Tayasu (2001) establecieron los siguientes grupos:

- a) Con nido único: Es a la vez residencia y fuente de alimento (madera seca y madera húmeda).
- b) Con nidos difusos interconectados: Son residencia y pueden o no contener alimento (microbiota con y sin flagelados).

- d) Con nidos separados de la fuente de alimento: Salen a recolectar su alimento (madera, hierba y hojarasca) llevándola al nido.
- e) Termes que usan el suelo como alimento: Sus nidos están en el suelo o pueden ser epígeos.

## **2.5. Daños en huertos de *Persea americana***

Dada su preferencia alimenticia, las termitas son plagas de especies vegetales en diferentes regiones del mundo, ocasionando diversos tipos de daños a las plantas, como: amarillamiento, defoliación, muerte regresiva de ramas, marchitez y en poblaciones altas, pueden provocar la muerte de éstas (Acevedo, 2012).

Se han reportado en diferentes estudios de agroecosistemas cítricos y sistemas forestales la incidencia de especies de los géneros *Anoplotermes*, *Amitermes*, *Cortaritermes*, *Microcerotermes*, *Nasutitermes*, *Neocapritermes*, *Orthognathotermes*, *Ruptitermes*, *Rhynchotermes* y *Termes* de la familia Termitidae, y *Coptotermes* de la familia Rhinotermitidae (Capetillo *et al.*, 2019).

Así mismo, se ha evidenciado que la presencia de nidos en árboles también ocasiona daños mecánicos debido a su peso y la obstaculización de la libre floración, esto se comprobó en árboles de cacao al encontrar nidificaciones cubriendo áreas del tronco y ramas donde existen cojines florales, también ocasionando daños en los almacenes de cacao e inmuebles de origen vegetal (Sánchez y Marín, 1993).

## **2.6. Daños e infestación en zonas urbanas**

En la actualidad, muchas especies de termitas han aumentado su rango de distribución a zonas urbanas, donde infestan la madera usada para la construcción de casas, edificios y muebles (Constantino y Dianese, 2001; Fontes y Milano, 2002). Las superficies de las paredes en el interior o exterior de una vivienda están expuestas y son con frecuencia utilizadas por las termitas para construir caminos que lleguen a sus nidos, provocando daños estéticos y estructurales.

Cabrera y López (2013) a través de las inspecciones realizadas en el interior de los edificios patrimoniales del Centro Histórico de La Habana, constataron la presencia de dos especies y un género de termitas: *Cryptotermes brevis* Walker, 1853 (Kalotermitidae), *Coptotermes gestroi* Wasmann, 1896 y *Heterotermes* sp. Froggatt, 1897 (Rhinotermitidae); familias con relevante importancia económica.

En México, se documentó la presencia de la termita subterránea del este, *R. flavipes*, causando daño a construcciones como casas habitación, escuelas, oficinas, bodegas, centros comerciales, hospitales, hoteles, restaurantes e industrias, en el área urbana de Torreón, Coahuila (Hernández *et al.*, 2015). De igual manera en el área urbana de Lerdo, en Durango, se identificaron tres especies de termitas asociadas a *Washingtonia robusta* H. Wendl (Aricaceae), la termita subterránea *R. flavipes*, la termita de troncos *Coptotermes testaceus* L. y la termita del desierto de mandíbulas largas *Gnathamitermes* sp. Light, 1932, causando daños en sus diferentes etapas de desarrollo (Hernández *et al.*, 2019).

## **2.7. Métodos de control de termitas**

### **2.7.1 Control químico**

En la actualidad el control de termites se ha vuelto un tema de suma relevancia, aunque algunas estructuras son menos propensas a su ataque, todos los inmuebles son susceptibles en potencia de sufrir una invasión de termitas, puesto que siempre estaremos relacionados con objetos de origen vegetal (madera, libros, plantas, cartón, etc.). Para controlar esta plaga es común el uso de insecticidas de síntesis química por su fácil acceso y efectividad, pero de elevado costo y con efectos nocivos para la salud y el ambiente, estas medidas incluyen la aplicación en banda de hidrocarburos clorados y la utilización de cebos con pasto picado tratado con insecticidas (UNEP, 2000).

Una de las formas más usuales en el monitoreo y control de termitas, es el uso de cebos, estos funcionan como atrayentes y son una alternativa viable que se investiga en países como Brasil y Chile (Macedo *et al.*, 1997). Esta trampa consiste en

colocar el cebo en la tierra alrededor del árbol o dentro de la huerta, cercano a los focos de infestación, y a su vez lejano a los sitios donde puedan infestar como árboles; para el control de termitas tienen un efecto tóxico y pueden ser de acción lenta pero transmisibles entre los individuos de la colonia, los productos empleados en las trampas para el control de termitas subterráneas deben ser de acción lenta, no repelente y transmisibles entre los individuos de la colonia (Santillán, 2004).

También se utilizan algunos cebos a base de celulosa (estacas de pino, cartón corrugado) que incorporan un insecticida de efecto retardado que utiliza el mecanismo de alimentación (trofaláxis) para distribuirlo entre la colonia, tal es el caso de las estaciones Sentricon, uno de los métodos de control mayormente utilizados y con más éxito en eliminación de colonias, tienen como ingrediente activo el Noviflumurón o Hexaflumorón, estos son reguladores de crecimiento que alteran la producción de Quitina, componente fundamental del exoesqueleto, causando la muerte en las mudas (Smith *et al.*, 2006).

### **2.7.2 Control cultural**

Para reducir las fuentes de alimento para las termitas se utiliza el control de malezas que puede realizarse por medio de la rotación de cultivos, utilización de cultivos de cobertura, reducción del espacio entre filas, la remoción de residuos y otros materiales orgánicos del campo, así mismo, disponer adecuadamente de los residuos de poda los cuales deben retirarse del sitio. También es conveniente evitar el estancamiento de agua ya que esta favorece el ambiente para las termitas que son afines a mayor humedad, ya que las termitas las necesitan para su desarrollo (Mill, 1991; Arcila *et al.* 2013).

### **2.7.3 Control físico**

El control físico incluye la remoción y destrucción de los nidos o caminos de tierra, cuando las infestaciones son pequeñas o están confinadas; en algunos lugares los montículos son físicamente destruidos, inundados o quemados para sofocar y matar a la colonia (UNEP, 2000; Arcila *et al.*, 2013).

La aplicación de ceniza se ha reportado que ayuda a prevenir el ataque de las termitas, utiliza la ceniza de madera para proteger el camote almacenado, paja de maíz, plántulas de árboles, mezclándolas con la capa superficial del suelo o aplicándola directamente en el plato del árbol, aunque la efectividad de este método aún no ha sido comprobada (UNEP, 2000; Lewis, 2002).

#### **2.7.4 Control con hongos entomopatógenos**

Se ha reportado el uso de trampas de cartón corrugado como cebo, con la introducción de inóculo de *Beauveria bassiana* Bals (Clavicipitaceae), esta consiste en enterrar una botella de plástico de un litro, haciendo pequeños orificios en la superficie e introduciendo el cartón dentro, esta trampa ha sido utilizada para el monitoreo de poblaciones de termitas y para su control (Moino *et al.*, 2002).

En Nicaragua, se evaluaron 3 tratamientos: *B. bassiana*, *Metarhizium anisopliae* Metschnikoff (Clavicipitaceae) y un tratamiento químico (Cipermetrina) en una población de 16 plantas de marango *Moringa oleifera* Lam, 1783 (Moringaceae) con nidos de *Nasutitermes corniger* Motschulsky (Termitidae) por tratamiento, la aplicación se realizó asperjando con una bomba de mochila manual en orificios hechos en los 4 puntos cardinales del nido, donde *M. anisopliae* obtuvo una efectividad de 24% y *B. bassiana*; con un 31% y *M. anisopliae* presentó un 69% (Quiroz *et al.*, 2021).

Así mismo, Gutiérrez *et al.* (2004) registraron los hongos asociados a los termiteros y sustratos cercanos de termitas de los géneros *Microcerotermes*, *Amitermes* y *Coptotermes*; en total se obtuvieron 252 aislamientos de hongos, estos aislamientos se agruparon en categorías de acuerdo con su origen, reconocidos como entomopatógenos o registrados previamente en asociación con termitas: *Aspergillus* spp. (33,3%), *Fusarium* spp. (21%), *Penicillium* spp. (7,9%), *Trichoderma* spp. (6,8%), *Paecilomyces* spp. (4,8%) y *Entomophthora* spp. (2,4%), aunque no se reporta el efecto insecticida contra termitas.

### 2.7.5 Control con extractos vegetales

Los extractos aceitosos también han sido reconocidos por sus compuestos con acción repelente en distintos grupos de insectos. Para el caso de las termitas, Galindo *et al.* (2012), mencionaron que *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, presenta alta actividad antitérmica sobre *N. corniger*, identificando que los compuestos Citral con un Rf de 0.48 y la presencia de alcoholes terpénicos cuyos valores Rf varían de 0.2 A 0.4 son los responsables de esta actividad.

La especie *Roldana ehrenbergiana* (Klatt) H. Rob. & Brettell (Asteraceae), también ha demostrado alta actividad de mortalidad en artrópodos de importancia agrícola, sin embargo, presentó una mortalidad moderada en huevos de la especie e *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) (Rodríguez *et al.*, 2022). Por otro lado, Pintau *et al.* (2016), obtuvieron buenos resultados con el extracto etanólico de la planta duramen *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. 1860, debido a su acción disuasoria y biocida contra termes.

Se ha comprobado que la capacidad de control de los extractos vegetales sobre diversos grupos de organismos perjudiciales para los cultivos, se debe a que las plantas cuentan con metabolitos secundarios (Souza de Jesús *et al.*, 2020), que tienen acción sobre organismos como: nematodos (Sepúlveda *et al.*, 2018), bacterias (Cuervo *et al.*, 2019), hongos (Vaca *et al.*, 2020), roedores, virus e insectos. Entre ellas se encuentran: el ajo (*Allium sativum*) (Amaryllidaceae), ají (*Capsicum frutescens*) (Solanaceae), higuera (*Ricinus comunis*) (Euphorbiaceae), neem (*Azadirachta indica* Juss) y paraíso (*Melia azedarach*) (Meliaceae), de las cuales se producen diversos bioinsecticidas comerciales (Celis *et al.*, 2008).

## III. JUSTIFICACIÓN

La relevancia del estudio de las termitas inició debido a las grandes pérdidas que generan en ecosistemas forestales, pero con el tiempo han aumentado su

distribución a zonas urbanas, donde han ocasionado fuertes daños a postes, árboles, cultivos, edificios, casas, escuelas, obras de arte, muebles y en general en estructuras hechas a base de madera, que les sirven como fuente de alimento (Rust y Su, 2012).

En regiones tropicales, las termitas representan una gran diversidad en biomasa en el suelo de distintos ecosistemas naturales; a pesar de la relevancia del grupo, en nuestro país, los patrones de diversidad, biología y daños de los termites no se conocen con precisión dado a que es un grupo de insectos poco estudiado debido, principalmente, a que al no ser insectos de vida libre dificulta acceder a ellos, además por la falta de especialistas y por ende, la falta de información, se desconocen los hábitos de este grupo, ocasionando que se generalicen los daños que causan a los ecosistemas y a los inmuebles.

En la actualidad, la expansión global ha motivado a que se busquen sistemas agrícolas más productivos, llevando a cambios en los patrones de producción e intensificación de la agricultura, resultando que los métodos de control de termitas más utilizados sean de síntesis química, la mayoría de estos productos permanecen en el ambiente por mucho tiempo, afectando la salud de niños, mujeres embarazadas y a las personas que aplican estos productos, por lo que se vuelve una necesidad generar nuevas estrategias de control al uso de estos insumos, para proteger la biodiversidad existente y evitar daños colaterales en las personas expuestas para continuar manteniendo el equilibrio natural de los ecosistemas y asegurar su sostenibilidad.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

Conocer la biología y daños ocasionados por termitas en escuelas, casa habitación y en *Persea americana* Mill (Lauraceae) del Municipio de Huehuetlán El Grande, Puebla; así como evaluar una propuesta de manejo agroecológico para las especies de termitas con potencial de ser consideradas plaga, en condiciones de laboratorio.

### 4.2. Objetivos específicos

1. Determinar las especies de termitas presentes en escuelas, casa habitación y árboles de *P. americana* del municipio de Huehuetlán El Grande, Puebla.
2. Estimar los daños en construcciones y árboles de *P. americana* ocasionado por las termitas en la zona de estudio.
3. Describir la biología y hábitos de la especie de termita con mayor impacto de la zona de estudio.
4. Evaluar en condiciones de laboratorio, el efecto insecticida de los extractos de *Cymbopogon citratus*, *Roldana ehrenbergiana*, *Azadirachta indica* y aceite esencial de citronela (*Pelargonium* sp.), para el manejo agroecológico de termitas que más daño ocasiona en la especie *P. americana*.

## V. HIPÓTESIS

Las especies de termitas que se encuentran ocasionando daños en construcciones son diferentes a las presentes en los árboles de *P. americana*, en el municipio de Huehuetlán El Grande, Puebla.

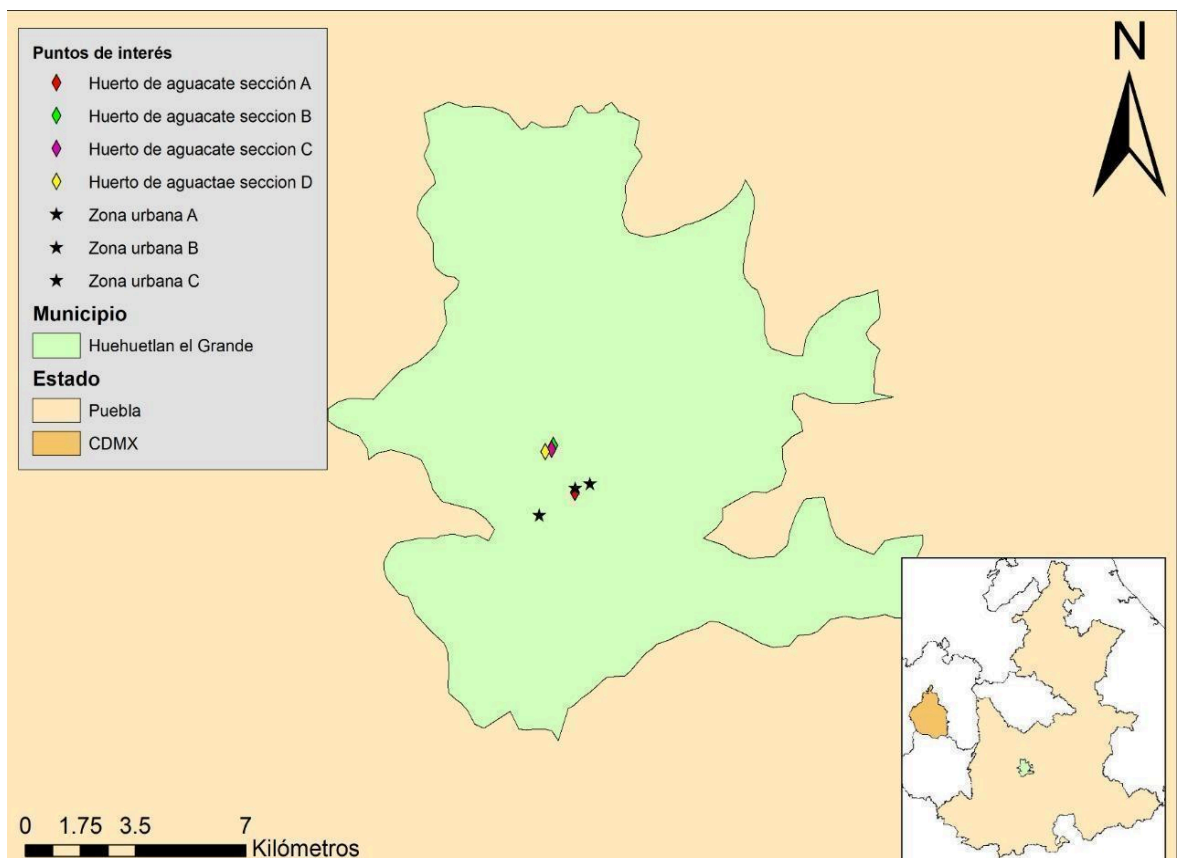
Las termitas que inciden en los huertos de *P. americana* ocasionan menor daño que las termitas que se encuentran afectando en construcciones.

Al menos uno de los tratamientos de extractos vegetales probados para el manejo agroecológico de termitas que más daño ocasiona en la especie *P. americana*, tiene un efecto significativamente diferente que el resto de los tratamientos.

## VI. ZONA DE ESTUDIO

### 6.1 Descripción de la zona de estudio

El municipio de Huehuetlán El Grande se localiza en la parte central del estado de Puebla (Figura 1), entre las coordenadas  $18^{\circ} 43' 40.33''$  LN y  $98^{\circ} 04'$  y  $98^{\circ} 11' 31.90''$  LO; con una altitud entre 1,200 y 2,200 msnm. Colinda al norte con los municipios de Teopantlán, Puebla y Tzicatlacoyan; al este con Tzicatlacoyan, San Juan Atzompa, La Magdalena Tlatlauquitepec y Huatlatlauca; al sur con Huatlatlauca y Teopantlán y al oeste con el municipio de Teopantlán. Ocupando el 0.53% de la superficie del estado. Presenta tres tipos de clima: semiárido, semicálido húmedo y templado subhúmedo. La temperatura promedio anual se encuentra en un rango de  $17-23^{\circ}\text{C}$ . El rango de precipitación promedio es de 700–900 mm (INEGI, 2009).



**Figura 1.** Localización de la zona de estudio y los sitios de muestreo en el municipio de Huehuetlán El Grande, Puebla.

El municipio forma parte de tres regiones morfológicas, la primera hacia el norte la Sierra del Tentzo, la segunda al suroeste que pertenece al área comprendida entre el río Huehuetlán y al Valle de Matamoros; y la tercera en el extremo oriental del Valle de Atlixco (INEGI, 2009). El suelo del municipio está compuesto principalmente por los siguientes tipos: leptosol, regosol, cambisol y calcisol; el uso de suelo lo constituye principalmente la agricultura (63%) y zona urbana (10%), seguido de bosque (18%), pastizal (6%) y matorral (3%) (González, 2019).

## **6.2 Sitios de colecta**

### **6.2.1 Construcciones**

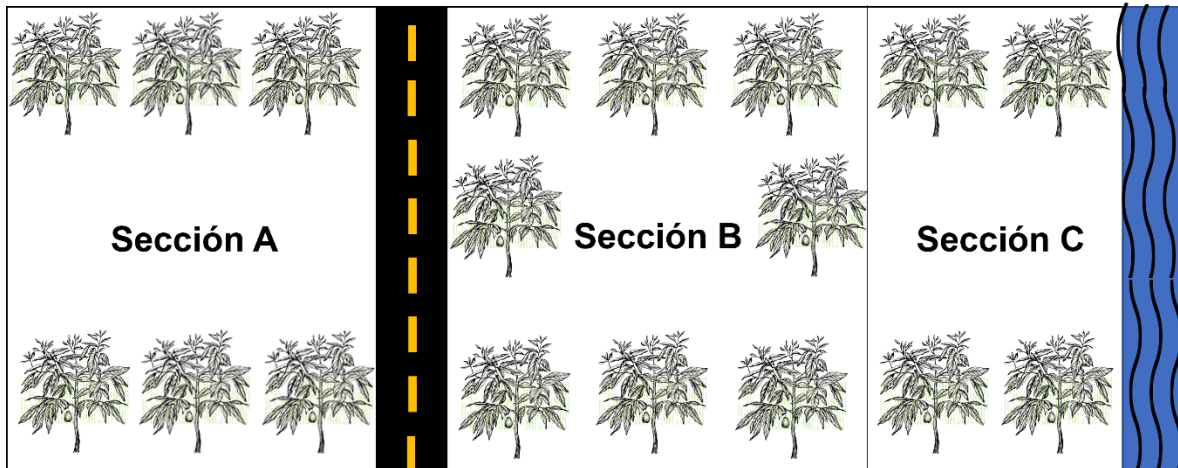
Se establecieron tres sitios de colecta en construcciones: a) Preescolar indígena “Narciso Mendoza”, ubicado en el barrio de Ixtlahuacán, con coordenadas N 19° 41.563' W 098° 13.901'; b) el Preescolar indígena “Josefa Ortiz de Domínguez”, ubicado en la Plaza principal s/n, en el barrio San Isidro con coordenadas N 18°44.149' W 098°09.944' y c) el Centro de Salud, ubicado en Ayuntamiento s/n, barrio Ixtlahuacán, cuyas coordenadas son N 18° 44'15.502" W 98° 9' 54.66", este centro se encuentra próximo a las parcelas con cultivos principalmente de caña, pipicha, halache, mango y aguacate, además posee un bardeado natural de árboles de *P. americana* que es una especie de importancia para esta investigación.

### **6.2.2 Huertos de árbol aguacate *Persea americana***

Para los sistemas de estudio con árboles de *P. americana* se establecieron dos sitios de colecta; el primero corresponde a un huerto de aguacate Hass de entre dos a cuatro años, ubicado en el km 1.5 de la carretera Huehuetlán El Grande, Puebla, con coordenadas N 18° 44.948', W 098° 10. 337'. Este huerto se dividió en tres secciones (A, B y C).

La sección A se encuentra ubicada en la parte baja de la parcela, cercana al río, los árboles de aguacate que se encuentran presentan una edad de 30 a 45 años. La sección B se encuentra en la parte media de la parcela, presentando una pendiente, con mayor exposición a la luz solar y los árboles de esta sección presentan de 3 a 4

años. La sección C está ubicada en la parte más alta de la parcela, la edad de los árboles va de 1 a 2 años, esta zona es más seca debido a su dificultad de riego por la presión que se requiere y está expuesta a la luz, además que no existe vegetación arbórea que le proporcione sombra (Figura 2).



**Figura 2.** Secciones del huerto “Tierra colorada” de Huehuetlán El Grande, Puebla.

El segundo sitio de muestreo corresponde a la Parcela ubicada en la sección de cultivos “La mesa”, con coordenadas N 18° 44.151’ W 098° 09. 445’, donde constantemente se realiza la rotación de cultivos como pipicha, halache y ejote, se encuentran intercalados árboles de mango (*M. indica*), la edad que tienen los árboles de aguacate oscila entre los 4 a 15 años, en el margen de las líneas de plantación se encuentran líneas de arroyos para el abastecimiento de agua y drenaje de la parcela.

## VII. METODOLOGÍA

### 7.1 Identificación de las especies de termitas

#### 7.1.1 Muestreos en la zona de estudio

Para identificar los huertos y construcciones a muestrear, se utilizó la metodología de Muestreo en Cadena o Bola de Nieve (Quintana, 2006; Burga, 2011), la cual consistió en seleccionar algunos individuos iniciales y posteriormente, éstos se utilizaron como informantes clave para identificar a otras personas con huertos y zonas afectadas en la comunidad.

Con el fin de seleccionar el número de árboles a muestrear, para conocer las especies de termitas que inciden en la huerta de aguacates, se utilizó el método de transecto lineal (Jones *et al.*, 2005), de 10 X 2 m, siguiendo las líneas de plantación; dentro del transecto, se examinó la presencia de termitas y termiteros en los estratos arbóreos, epigeo y subterráneo (20 cm de la capa superficial del suelo); se colocó el transecto evitando caminos en uso que no fueran hábitats adecuados para termitas (charcas, arroyos, zonas sin presencia de estrato vegetal).

#### 7.1.2 Colecta de termitas en construcciones

Los muestreos de termitas que se realizaron en las escuelas y el centro de salud, se llevaron a cabo de manera meticulosa revisando aquellos lugares de ocurrencia o susceptibles a los daños ocasionados por estos organismos, como canales de progresión o caminos (túneles de barro y/o montículos) que se encontraron en la parte externa o dentro de las paredes, así como, en los orificios que suelen hacer estos individuos que ocupan como entrada y salida para desplazarse de un lugar a otro.

Con ayuda de una aguja entomológica se excavó parte del camino realizado por las termitas para cerciorarse si había actividad de la colonia, y con un pincel de cerdas de camello fino del número 00 se limpiaron los montículos para poder coleccionar castas de la colonia y restos (insectos vivos o muertos, alas, partes del cuerpo o heces fecales) que ayuden a su identificación.

Con respecto a los contactos y pizarrones que había se quitaron para coleccionar los ejemplares y poder ver si había algún camino que indique a donde iban o llevarán a algún otro lugar, ya sea dentro o fuera del sitio de muestreo. Mientras que los libros, fueron revisados uno por uno y entre sus hojas, porque muchas suelen esconderse gracias a su tamaño o mimetizarse, además se pusieron sobre una bolsa de plástico para coleccionar aquellos que pudieran caerse y así poder coleccionarlos con mayor facilidad. El material coleccionado fue guardado y etiquetado en un frasco de plástico de 150 ml con alcohol al 70% para su posterior procesamiento en laboratorio.

También se revisaron de forma metódica los muebles (mesas y sillas), maderas estructurales, estas coleccionas se llevaron a cabo asperjando alcohol al 70% con ayuda de un atomizador de 150 ml para que los individuos no se pudieran escapar fácilmente y con una pinza entomológica de punta plana y fina poder coleccionarlas. Por último, se muestreó en telarañas y grietas del suelo, ya que suelen encontrarse termitas atrapadas o parte de ellas, como alas de los reproductores, que sirven para su determinación; así mismo, se inspeccionó en los jardines que se encuentran alrededor del inmueble, se revisaron troncos y ramas, con el fin de detectar con más precisión la presencia de estos individuos.

El material recoleccionado fue etiquetado y trasladado al laboratorio de Sistemática y Diagnóstico de Plagas del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (CENAGRO-ICUAP) para procesarlo.

### **7.1.3 Colecta en árboles de *Persea americana***

Con la información proporcionada por el Regidor de Agricultura, Ganadería, e Industria y Comercio del municipio de Huehuetlán El Grande, el C. Gustavo Adolfo Márquez Zabala, se pudo conocer la especie de árbol frutal más importante en el municipio y el número de huertos con presencia de termitas; una vez establecidos los huertos de estudio se realizaron muestreos de forma dirigida cada 15 días.

En los huertos de aguacate, primero se realizó la identificación de rastros ocasionados por las termitas dentro de los transectos seleccionados; se procedió a remover el material vegetal, túneles de tierra, corteza de árboles, capa superior del suelo a una profundidad de 20 cm y hojarasca circundante al plato del árbol, con la finalidad de encontrar estos especímenes. Una vez que se ubican los árboles con termitas, estos se marcaron con pintura de agua para su pronta ubicación en la toma de datos, para dichos árboles se les dio un seguimiento del comportamiento de la colonia y su evolución ante los daños que estuvieran ocasionando a lo largo del estudio.

#### **7.1.4 Muestreo con trampas**

Con el fin de atraer a los organismos reproductores (alados) y algunas otras castas se colocaron trampas de intercepción de vuelo en los sitios de colecta (construcciones y huertas de aguacate). Estos muestreos comenzaron en mayo de 2021 y finalizaron el mes de enero 2022.

Las colectas se realizaron cada 15 días dejando las trampas de intercepción de vuelo durante todo este tiempo y fueron cambiadas por otras para continuar colectando los ejemplares en todos los sitios de colectas, poniendo cuatro trampas cerca de donde se encontró la mayor densidad de organismos, éstas consistieron en colocar recipientes plásticos transparentes de un litro de capacidad, donde en la parte de arriba se colocaron dos micas de acetato transparente para que los organismos al chocar con las micas cayeran dentro de la trampa, dentro del recipiente se incorporó una mezcla de agua con detergente y sal de mesa (1 litro de agua X 30 g de detergente en polvo X 100 g de sal), dicha solución sirvió como agente letal y conservador (Lamarre *et al.*, 2012) (Figura 3).



**Figura 3.** Trampas de intercepción de vuelo para termitas reproductoras en huertos de aguacate.

Para el monitoreo de termitas subterráneas, se realizó una modificación de las metodologías propuestas por Macedo y Macedo (2004); Castro *et al.* (2015). Se colocaron trampas elaboradas de cartón corrugado enrollado cuyo material es atractivo para las termitas por la celulosa que contiene, además resulta fácil su desdoblamiento. Para la elaboración de las trampas se utilizó cartón microcorrugado color café claro, éste fue enrollado a un diámetro de 8 cm y de 23 cm de largo, sujetándolo con cinta masking tape de 24 mm de grosor de ambos extremos. La trampa de cartón fue sumergida en agua hasta quedar completamente empapada, posteriormente fueron enterradas en el suelo a una profundidad de 20 cm, dejando en la parte superficial 3 cm para poderlas encontrar de forma rápida. En cada sitio de muestreo se colocaron tres trampas las cuales fueron retiradas y reemplazadas a los 30 días después de colocarlas (Figura 4), Transcurrido ese tiempo, las trampas de cartón se guardaron por separado en bolsas negras de plástico (30 X 15 cm) cerrándolas con una liga para que los ejemplares no pudieran salir, además se colocaron en contenedores de plástico de 15 L de capacidad para ser trasladadas al laboratorio.



**Figura 4.** Trampas de cartón corrugado colocados en huertos de aguacate y construcciones de Huehuetlán El Grande.

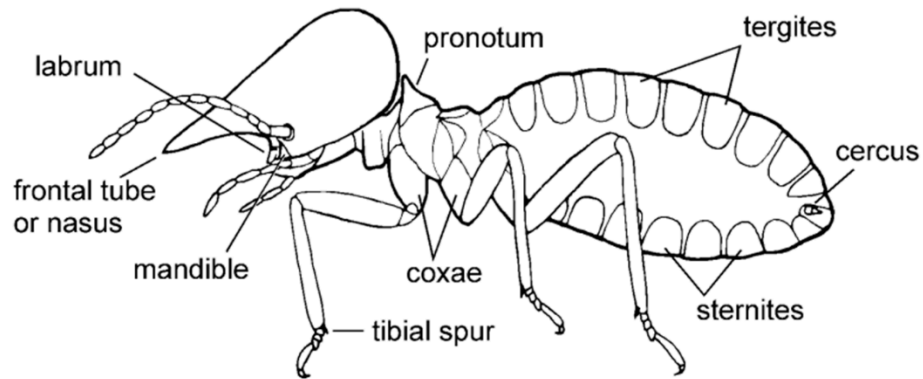
Aunado a la captura de los individuos con las trampas antes mencionadas, se realizaron colectas directas en los troncos podridos y en madera muerta que se encontraba en los alrededores del huerto, lo cual se realizó con la ayuda de una hacha para poder abrirla y poder extraer los organismos con el aspirador entomológico y un pincel (Figura 5).

Los ejemplares colectados (forma directa e indirecta) fueron trasladados al laboratorio de Manejo Agroecológico de Plagas del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (CENAGRO-ICUAP) para ser procesadas.

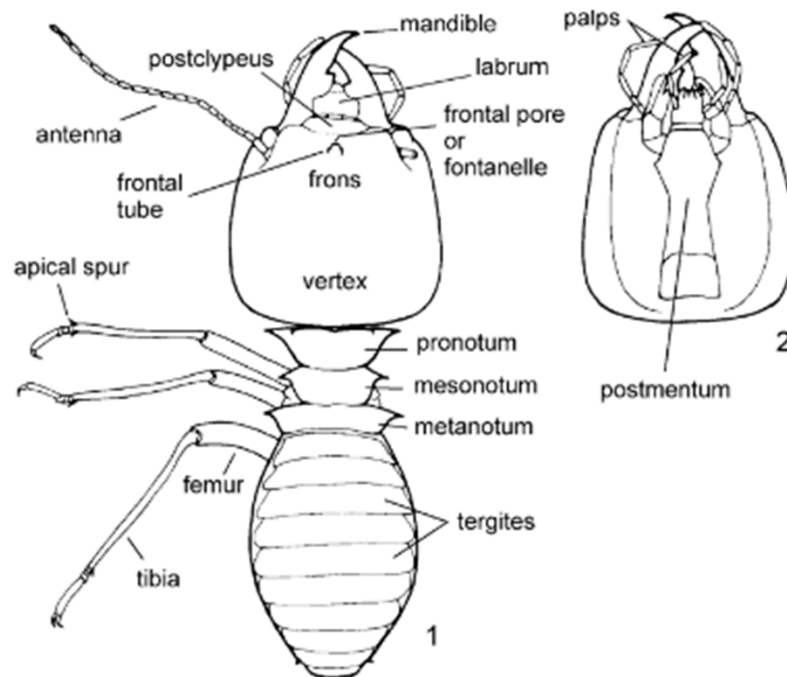


**Figura 5.** Muestreo directo en tocones de madera en los huertos de aguacate.

Para su determinación los ejemplares fueron llevados al laboratorio y examinados bajo un microscopio estereoscópico (Olympus SZX7 y Nikon Eclipse 80i), seleccionando la casta de soldados, especímenes que contienen los caracteres taxonómicos empleados para su identificación (Figura 6 y 7).



**Figura 6.** Morfología externa de soldado nasute en vista lateral (Constantino, 2002).



**Figura 7.** Morfología externa de soldado mandibulado. 1) Vista dorsal de cuerpo completo, 2) Vista ventral de la cabeza (Constantino, 2002).

Las colectas se realizaron entre los meses de mayo 2021 a enero del 2022; los sitios también fueron elegibles tomando en cuenta si presentaban o no problemas por termitas o algunos rastros de estas, además de considerar si las zonas aledañas a estas podrían ser sitios de interés para que estos organismos se establezcan; así mismo, estos sitios fueron elegidos por su facilidad de acceso por parte de las autoridades durante el trabajo de campo en este estudio/investigación.

En el caso de las estructuras de madera que presentaron alta densidad de estos organismos, como partes de muebles o paredes dañadas o infestadas con alta presencia de caminos de tierra, fueron conducidas al laboratorio de Manejo Agroecológico de Plagas del CENAGRO-ICUAP.

#### **7.1.5. Procesamiento de muestras**

En el laboratorio las muestras colectadas fueron vaciadas en bandejas de 15 x 30 cm, para separar los organismos del resto de suelo, madera o cartón, se limpiaron con un pincel y pinzas entomológicas, limpiadas las muestras, los ejemplares se separaron por morfoespecies de cada una de las castas, el 90% de las termitas colectadas de forma directa y en trampas se colocaron dentro de un frasco de plástico transparentes de 5 ml de capacidad que contenían alcohol al 96% para su preservación, dentro de los frascos se colocó su respectiva etiqueta con los datos de colecta (país, estado, municipio, localidad, fecha, método de colecta, sitio donde fueron colectadas), el 10% de los ejemplares restantes fueron montados en pequeños triángulos de papel opalina, colocados en alfiler entomológico y en la parte de abajo se colocó la etiqueta de colecta del ejemplar. Además, fueron depositados en la colección “Miguel Ángel Morón Ríos” del Instituto de Ciencias de la BUAP.

Una vez montado el material, se realizó su determinación. Se tomaron fotografías de estos organismos por morfoespecie en vista dorsal y lateral con magnificación 10x, 20x y 30x, resaltando los caracteres diagnósticos de la especie, esto se hizo con ayuda de un Microscopio triocular NIKON SMZ745T, con una cámara marca Premiere Mod. MA88-300 y el programa Iscapture versión 3.6.6. en el

Laboratorio de Investigación en Química y Biología de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (INAH) (Figura 8).



**Figura 8.** Equipo de trabajo empleado para la identificación de termitas del Laboratorio de Investigación en Química y Biología (INAH).

Para la identificación de las morfoespecies se realizó a nivel de género y especie de acuerdo con la información de cada grupo de termitas, se utilizaron las claves taxonómicas y descripciones de Mill (1983); Constantino (1987, 2001, 2002) y Malpica *et al.*, 2010, tomando en cuenta, el color del tegumento del cuerpo y apéndices, forma del pronoto, mandíbulas, número de artejos de la antena, forma de la cabeza y característica distintiva, se realizaron algunas claves con los caracteres más importantes de los géneros y especies. Para corroborar las especies determinadas e identificar aquellas que no se pudieron determinar, se acudió con la M. en C. Rosa María Burgos Chaidez, Investigadora asociada del Laboratorio de Investigación en Química y Biología, de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

## 7.2 Cuantificación de los daños e infestación por termitas

### 7.2.1 Daños e infestación en construcciones

Asignar un valor real a las consecuencias económicas de cada infestación resulta complicado, en las termitas, la mayor parte de los casos, los daños son tan relativos que no pueden cuantificarse. En este trabajo, se clasificó a las especies según la estructura que estén dañando las termitas, daños en madera seca, en suelo y en otro material.

Para determinar la magnitud del daño y el nivel de infestación en los inmuebles, tipo de madera atacada y los síntomas de ataque. se basó de forma visual en los signos externos que se presentaban, y con base a esto, se asignó una categoría a la especie encontrada, haciendo una modificación de la escala sugerida por Rebolledo *et al.*, 2006 (Tabla 1).

**Tabla 1.** Modificación de la escala de daños e infestación por termitas.

Nivel de daño	Categoría	Porcentaje de daño	Descripción
1	MÍNIMO	1 al 25	Daños estéticos presencia restringida a una zona de la vivienda.
2	MODERADO	26 al 50	Daños estéticos presencia en más de dos lugares de la construcción.
3	SEVERO	51 al 75	Daños estéticos y estructurales reparables, presencia en distintos lugares de la construcción.
4	MUY SEVERO	76 al 100	Daños estéticos y estructurales irreparables, presencia en toda la construcción.

Los daños estéticos son aquellos que pueden percibirse visualmente, como la presencia de caminos de tierra en la superficie de las paredes, muebles, libros, entre

otros bienes sin causar daños en el interior. Los daños estructurales se refieren a aquellos que afectan directamente las estructuras de sostén de una construcción o material (vigas, muebles, libros, etc.), estos organismos regularmente se encuentran haciendo galerías en el interior, alimentándose de este material o habitando en él, llegando a ocasionar los daños más severos e incluso llevando al colapso y reemplazo total de la estructura.

Posteriormente, para determinar la especie más dañina se tomó en consideración la abundancia y los niveles de daños para cada morfoespecie, para así determinar qué especie presenta los daños e infestación más severos en construcciones.

### 7.2.2 Daños e infestación en árboles de *Persea americana*

Durante el estudio, se realizó un registro del daño e infestación de termitas en la especie *P. americana*. Para la evaluación del nivel de daño se tomó en cuenta la propuesta de Lacayo y Mayorga (2014), quienes propusieron la siguiente escala para medir el nivel de daño ocasionado por termitas en árboles frutales, que consiste en la estimación visual del porcentaje afectado de los árboles muestreados, donde su superficie total representa el 100% (Tabla 2).

**Tabla 2.** Escala de severidad por daño de termitas en plantas de *P. americana*

Nivel de daño	Descripción
1 LEVE	0 a 30% de daños por termitas en todo el fuste del tallo.
2 MODERADO	31 al 60% de daños por termitas en su totalidad del fuste del tallo y en menos del 50% de las ramas del árbol.
3 SEVERO	61 al 100% de daños en la totalidad del fuste del tallo y en más del 50% de las ramas del árbol.

Para obtener el grado porcentual de daño se utilizó la fórmula generada por Vanderplank (1963).

$$\% \text{ Daño} = \frac{\text{Suma de los valores obtenidos}}{N(\text{Max})} \times 100$$

Donde:

N= número de plantas muestreadas

(Max)= valor máximo de la escala

Para calcular el porcentaje de infestación se utilizó la siguiente fórmula (Capetillo *et al.*, 2019):

$$\% \text{ de Infestación por termitas} = \frac{\text{Total de plantas dañadas}}{\text{Total de plantas muestreadas}} \times 100$$

De acuerdo con la escala de daño obtenida para cada especie y la frecuencia observada en campo, así como, los valores más altos obtenidos en el porcentaje de infestación, se estableció cual es la especie de mayor importancia económica para la región.

### **7.3 Biología y hábitos de termitas**

De acuerdo con los resultados obtenidos de daños, abundancia e infestación de termitas, se colectaron ejemplares vivos por medio de las trampas de cartón corrugado de la especie *H. convexinotatus*.

Los individuos colectados fueron introducidos en un recipiente de 27 X 17 X 16 cm, en su interior se incorporó el sustrato del área de colecta y trozos de cartón corrugado de 10 X 15 cm para alimentarse, la proporción de individuos estuvo sujeta a la cantidad de especímenes colectados. Se colocó la fracción del termitero colectada en una cámara de cría con condiciones controladas, a una temperatura de  $26 \pm 2$  °C y HR de  $70 \pm 10\%$  manteniéndolos en total oscuridad.

A estos organismos se le dio seguimiento para observar la biología y hábitos, para posteriormente poder utilizar esta población para evaluar en laboratorio una

estrategia de manejo agroecológico a base de extractos aceitosos que han mostrado mayor eficacia para el control de esta especie.

## **7.4 Manejo Agroecológico en termitas**

### **7.4.1 Colecta de termitas**

Se realizaron colectas de termitas del género *H. convexinotatus* en el mes de enero 2022, en la zona de Huehuetlán El Grande, por medio de las trampas de cartón. Se obtuvieron organismos de la casta obrera, los cuales se colocaron en contenedores de plástico debidamente etiquetados que se trasladaron al laboratorio de Manejo Agroecológico de Plagas del CENAGRO-ICUAP, para establecer la colonia e iniciar el experimento.

### **7.4.2 Colecta del material vegetal**

En el mes de octubre de 2021, se colectó el follaje de las dos plantas. La hierba del perro *R. ehrenbergiana* fue colectada en la zona de San José El Aguacate Puebla; mientras que el zacate limón *C. citratus* DC fue obtenido en el área del Ecocampus Valsequillo ubicado en el kilómetro 1.7 carretera a San Baltazar Tetela, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Pue. México. La colecta de las plantas se llevó a cabo de forma manual, cortando suficiente material vegetal fresco con ayuda de un machete y colocándolas sobre papel de estraza para secarlas a la sombra por 25 días, durante ese tiempo se rotaba constantemente el material para evitar un microclima propicio al crecimiento de hongos. El material vegetal seco se pulveriza en un molino eléctrico para grano marca NIXTAMATIC, se guardó en un lugar fresco y oscuro hasta su utilización.

### **7.4.3 Preparación y obtención del extracto**

Con el polvo vegetal de ambas plantas se elaboraron los extractos vegetales de forma aceitosa. Se pesaron 500 gramos del polvo por litro de aceite vegetal de girasol, se agitó para obtener una mezcla homogénea y se dejó durante 30 días para extraer los compuestos aceitosos de la planta, cada tercer día se agitó el producto para favorecer la extracción (Figura 9).



**Figura 9.** Material vegetal siendo pulverizado en molino eléctrico NIXTAMATIC; polvo vegetal pulverizado en la báscula.

Para obtener los aceites de *C. citratus* y *R. ehrenbergiana*, se procedió a filtrar con un exprimidor manual hecho de lámina inoxidable que lleva en la parte inferior dos rejillas (tamiz) para poder facilitar la separación de la parte sólida y el aceite, mismo que se envasó en un recipiente de plástico color ámbar con tapa hasta ser utilizado.

#### 7.4.4 Tratamientos, unidad y diseño experimental

Se probaron seis tratamientos a una concentración del 1% del extracto aceitoso en el agua (tabla 3 y 4), tres de ellos fueron de las plantas seleccionadas y elaboradas con aceite, el aceite de citronela comercial (*Pelargonium* sp.) y dos testigos (aceite vegetal y agua destilada).

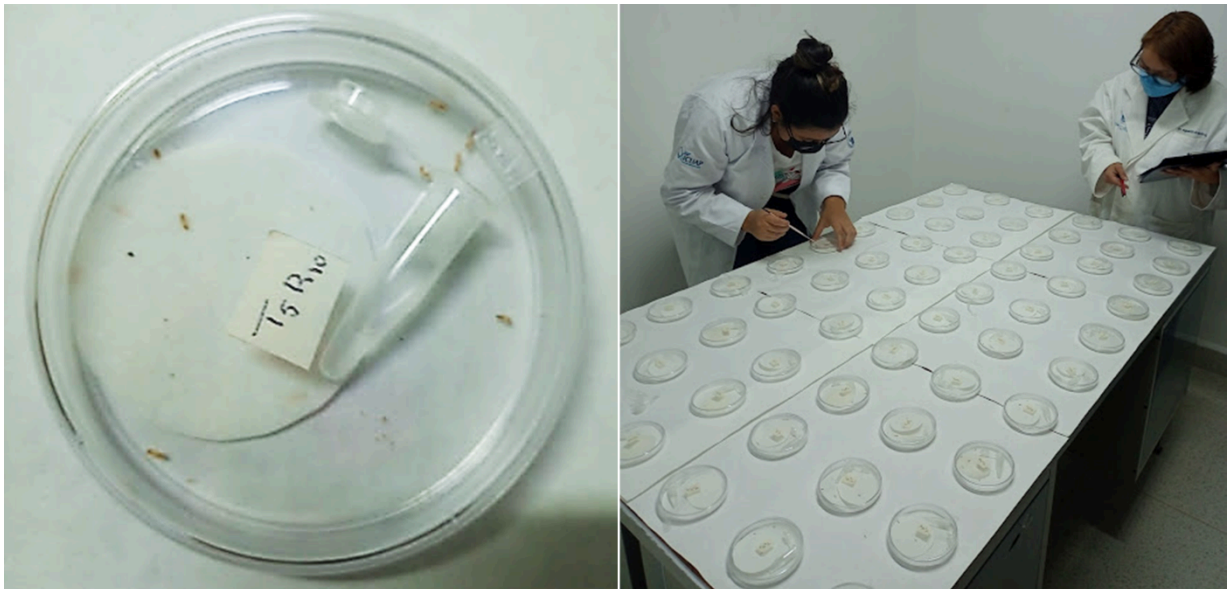
**Tabla 3.** Tratamientos utilizados para el manejo agroecológico de *H. convexinotatus* en laboratorio.

No. de tratamiento	Nombre común	Especie
1	Extracto aceitoso de hierba del perro	<i>Roldana ehrenbergiana</i>
2	Aceite de Neem (comercial)	<i>Azadirachta indica</i>
3	Extracto aceitoso de Zacate limón	<i>Cymbopogon citratus</i>
4	Aceite de citronela (comercial)	<i>Pelargonium</i> sp.
5	Aceite vegetal de girasol (MAXIMA®)	
6	Agua destilada	

**Tabla 4.** Concentración de los componentes en los tratamientos utilizados en el bioensayo en laboratorio.

Tratamientos	EX + AD+ SF*
<i>Roldana ehrenbergiana</i>	0.01041 µl + 100 ml + 0.001 ml
<i>Azadirachta indica</i>	0.01041 µl + 100 ml + 0.001 ml
<i>Cymbopogon citratus</i>	0.01041 µl + 100 ml + 0.001 ml
Citronela comercial	0.01041 µl + 100 ml + 0.001 ml
Aceite vegetal MAXIMA®	0.01041 µl + 100 ml + 0.001 ml
Agua destilada	100 ml

\*EX: Extracto, AD: Agua destilada, SF: Sulfatol.



**Figura 10.** Unidades experimentales del bioensayo con veinte termitas obreras de *H. convexinotatus*.

## 7.5 Análisis estadístico

Se registró el porcentaje de mortalidad de las termitas obreras obtenido, utilizando la siguiente fórmula:

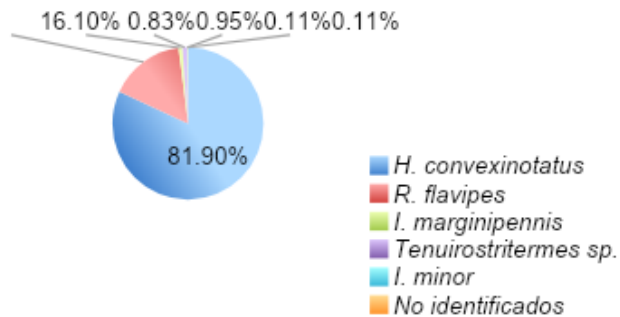
$$\frac{\text{Número de individuos muertos}}{\text{Número total de individuos}} \times 100$$

Posteriormente para cada unidad experimental se obtuvo la mediana de mortalidad (%), estas se compararon mediante un análisis de varianza de un factor (ANOVA simple) y fueron sometidos a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para determinar cuáles medianas son significativamente diferentes de otras. El análisis de datos y prueba de las hipótesis se realizó con ayuda del paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion versión XVI.I (StatPoint Inc. 2005), con un nivel de confianza de 95%.

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

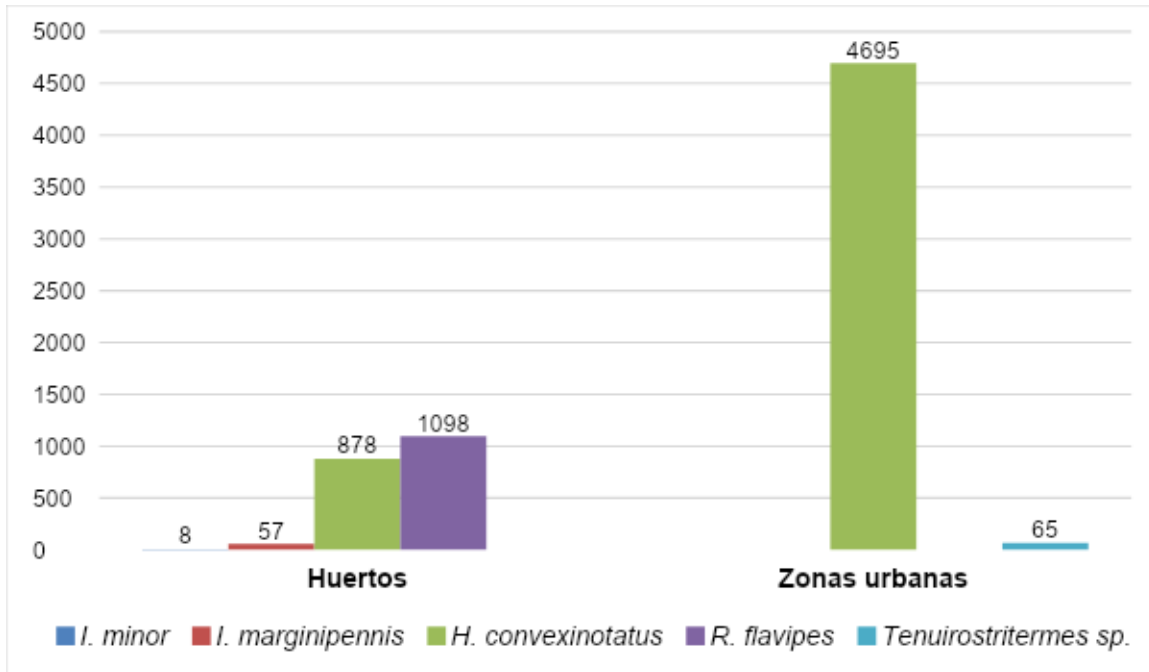
Durante esta investigación se realizaron 18 muestreos, donde se obtuvo un total de 47 muestras de termitas, 17 corresponden a la zona de construcciones y 30 a huertos de *P. americana*. Se identificaron cinco morfoespecies pertenecientes a tres familias y cuatro géneros: Kalotermitidae: *Incisitermes marginipennis* e *Incisitermes minor*, Rhinotermitidae: *Heterotermes convexinotatus* y *Reticulitermes flavipes*, y Termitidae: *Tenuirostritermes* sp.

Se obtuvo una abundancia absoluta de 6,801 individuos. *H. convexinotatus* fue la especie que reportó la mayor abundancia de individuos con 5573 representando el 81.9%; seguida de *R. flavipes* (1,098); *I. marginipennis* (168), el Género *Tenuirostritermes* obtuvo 65 organismos, mientras que de *I. minor* se obtuvieron 8 y 209 individuos no fueron identificados (casta obrera) dado a que estos organismos no cuentan con caracteres diagnósticos suficientes para su identificación y la literatura al respecto en termitas obreras es escasa (Figura 11).



En los muestreos realizados en las zonas urbanas se presentó la mayor abundancia con 4,760 individuos (4,695 de *H. convexinotatus*, 65 de *Tenuirostritermes* sp. y 19 organismos no identificados). En los huertos de aguacate (*P. americana*) se registraron 2,041 individuos (*H. convexinotatus*, con 878; *R. flavipes* 1,098; *I. marginipennis* con 57; *I. minor* 8 y 190 individuos no identificados), los organismos no identificados corresponden a colectas de representantes de la casta obrera, de la cual no hay literatura suficiente disponible para su identificación.

La mayor riqueza de especies se obtuvo en la zona de huertos de *P. americana* con la presencia de *I. marginipennis*, *I. minor* y *R. flavipes*; en el caso de la especie *I. marginipennis*, está ya había sido antes reportada para el estado de Puebla, así mismo, para el género *Reticulitermes* se había reportado la morfoespecie *Reticulitermes* sp. sin identificación a especie (Méndez y Equihua, 2001). Con respecto a la zona de construcción se reportó la presencia de *H. convexinotatus* y *Tenuirostritermes* sp. (Figura 12).



**Figura 12.** Riqueza, abundancia y número de organismos de las especies entre zonas urbanas y huertos.

La casta más abundante en todos los casos correspondió a la casta obrera con 5,235 organismos del total, lo que coincide con lo mencionado por Gaju *et al.* (2015), este tipo de casta es más abundante debido a que tienen varios roles en el funcionamiento y la estabilidad del nido, busca y brinda alimento, realiza el mecanismo de trofaláxis a la colonia, además de agrandar los termiteros, mientras que, la casta donde se encontraron pocos individuos correspondió a los reproductores (69), la presencia de esta casta indica que la colonia se encuentra en etapa de maduración, por lo que los reproductores abandonarán la colonia, para dispersarse y establecer nuevas colonias en sitios aledaños (Rosales, 1986) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Riqueza y Abundancia de especies por sitio de colecta y castas.

SITIO	ESPECIE	Número de Individuos*					TOTAL DE INDIVIDUOS
		L	N	O	S	R	
Preescolar INDÍGENA "NARCISO MENDOZA"	<i>H. convexinotatus</i>	44	19	2858	560	64	<b>3545</b>

Preescolar INDÍGENA "JOSEFA ORTIZ DE DOMÍNGUEZ"		0	0	779	371	0	<b>1150</b>
	<i>Tenuirostritermes</i> sp.	0	0	41	24	0	<b>65</b>
HUERTO "TIERRA COLORADA"	<i>I. marginipennis</i>	53	0	0	4	0	<b>57</b>
	<i>H. convexinotatus</i>	0	0	802	76	0	<b>878</b>
HUERTO "LA MESA"	<i>I. minor</i>	0	0	6	2	0	<b>8</b>
	<i>R. flavipes</i>	136	91	749	117	5	<b>1098</b>
TOTAL DE INDIVIDUOS POR CASTA		<b>233</b>	<b>110</b>	<b>5235</b>	<b>1154</b>	<b>69</b>	<b><u>6801</u></b>

\*(L) Larvas, (N) ninfas, (O) Obreras, (S) Soldados y (R) Reproductores.

### 8.1 Determinación de termitas

#### FAMILIA KALOTERMITIDAE Froggatt, 1897

Los miembros de la familia Kalotermitidae se conocen como termitas de madera seca, porque se encuentran anidando principalmente dentro de madera muerta y ocasionalmente en madera viva dentro del dosel de los árboles (Eggleton, 2000), por lo cual algunas de sus especies son consideradas de importancia económica pues anidan dentro de estructuras de soporte o bienes de madera. Son termitas primitivas con una organización social simple, que viven en colonias pequeñas en madera. Los soldados constituyen un pequeño porcentaje de la población, algunos pueden presentar ojos compuestos al igual que los reproductores, y en algunas especies hay presencia de soldado mayor y menor. Estas especies están adaptadas a condiciones extremas donde muchas veces los recursos son limitados, es por esto que son muy exitosas en ambientes extremos (Krishna *et al.*, 2013, Sermeño *et al.*, 2013, Gaju *et al.*, 2015).

#### *Incisitermes marginipennis* Latreille, 1817

##### Descripción

##### Soldado:

Dimórfico. El tamaño del cuerpo mide aproximadamente 8.5 mm en soldados menores y 10 mm soldados mayores, en ambos casos el tamaño de las mandíbulas es de 1.5 mm; ancho de la cabeza de 1.8 X 2 mm soldados menores y 2 X 2.5 mm soldados mayores; sin fontanela, tubo frontal o prominencia; cabeza con forma rectangular en

soldados mayores, en soldados menores de forma cuadrada; ojo compuesto visible circular, ausencia de ocelo. Sedas de la cabeza escasas y cortas, dispersas en el frons; suturas craneales poco visibles iniciando desde la base de la cabeza, se bifurca en el frons, poco distinguible; frente en vista lateral levemente inclinado; presencia de pequeñas protuberancias antero laterales; labro en forma de lengüeta con sedas poco visibles; mandíbulas prominentes y gruesas, con tamaño menor al largo de la cabeza, dientes poco visibles, dos dientes en la mandíbula derecha y uno en la mandíbula izquierda; 11-13 antenómeros, el tercer segmento antenal es visiblemente más grande que los demás, en forma de copa; forma del pronoto plano con sutura o incisión en el margen anterior del pronoto; número de espuelas tibiales 3:3:3, con fémures muy inflamados (Figura 13).

#### Distribución

**México:** Chiapas, Ciudad de México, Colima, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Méndez y Equihua, 2001; De luna *et al.*, 2023).

**Mundial:** Región Neotropical. Guatemala, México y Panamá (Krishna *et al.*, 2013).  
Región neártica. USA: New York (De Araujo, 1977).



**Figura 13.** *Incisitermes marginipennis*. vista dorsal (a) Soldado mayor y (b) soldado menor 10x, (c) Vista lateral del soldado mayor (d) cabeza 40x soldado mayor. Línea de escala 1mm.

***Incisitermes minor*** Krishna, 1961.

Descripción

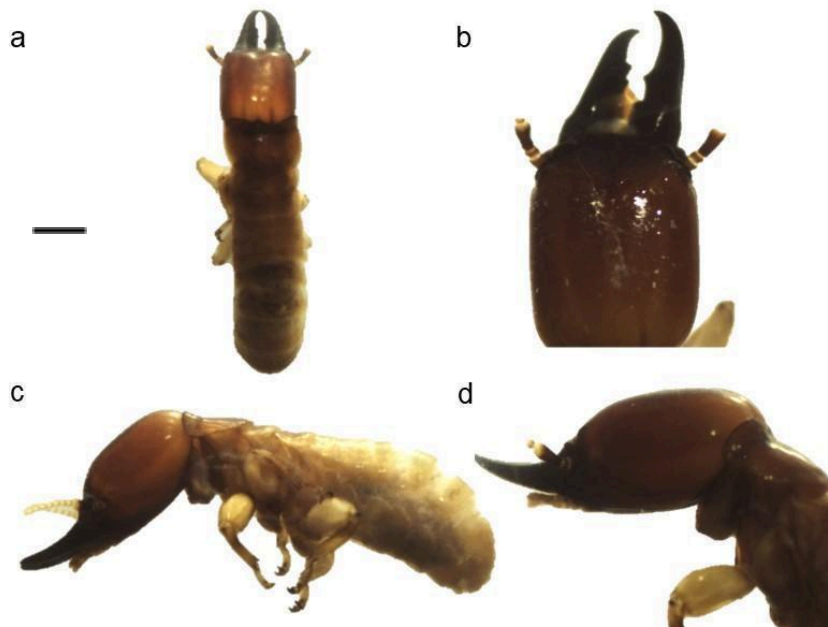
Soldado. Monomórfico. Tamaño aproximado del cuerpo completo de 9 a 10 mm; tamaño de las mandíbulas de 1.5 mm; ancho de la cabeza de 2.2 mm de largo y 3 mm de ancho; sin fontanela presente, ni tubo frontal o prominencia; cabeza con forma rectangular en vista dorsal; ojo compuesto visible en forma circular ubicado detrás del soqué antenal, con ausencia de ocelo. Sedas de la cabeza escasas y cortas sin agrupar; suturas craneales poco visibles, sutura vertical iniciando desde la base de la cabeza que se va desvaneciendo en la parte media de la cápsula cefálica, se bifurca en el frons, poco distinguible; frente en vista lateral levemente inclinado; presencia de pequeñas protuberancias antero laterales; labro en forma de lengüeta con sedas poco visibles; mandíbulas prominentes y gruesas, con tamaño menor al largo de la cabeza, dientes poco visibles, dos dientes en la mandíbula derecha y uno en mandíbula izquierda, este poco visible en la base de la mandíbula; 11-13 número de antenómeros, el tercer segmento antenal es distinto a los demás, tamaño equivalente a cuatro artejos, en forma de copa; forma del pronoto plano con sutura o incisión en el

margen anterior del pronoto; número de espuelas tibiales 3:3:3 con fémures muy inflamados (Figura 14).

#### Distribución

**México:** Baja California, Chiapas, Colima, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quinta Roo, Sonora, Yucatán (Méndez y Equihua, 2001; De Luna *et al.*, 2023).

**Mundial:** Región de Australia; Región Neártica; Región Neotropical; Región Oriental; Región Paleártica; Región de Papúa (Krishna *et al.*, 2013).



**Figura 14.** Soldado de *Incisitermes minor* (a) Vista dorsal 10x, (b) cabeza y mandíbulas 20x; (c) Vista lateral 10x, (d) cabeza y pronoto 20x. Línea de escala 1mm.

#### FAMILIA RHINOTERMITIDAE Froggatt, 1897.

Esta familia incluye a termitas conocidas como subterráneas, establecen sus nidos bajo tierra excavando las galerías y construyendo caminos con tierra y madera parcialmente digerida que estarán asociadas con las fuentes de alimento (raíces, troncos, tocones o piezas de madera) (Torales *et al.*, 2005). Estos géneros incluyen especies que ocasionan daños a los productos maderables utilizados en la construcción y especies forestales (Bourguignon, 2011; Capetillo *et al.*, 2019).

## Distribución

Los Rhinotermitidae están ampliamente distribuidos en regiones tropicales, subtropicales y templadas (Eggleton, 2000), están divididos en 5 subfamilias: Coptotermitinae, Heterotermitinae, Prorhinotermitinae, Rhinotermitinae y Termitogetoninae (Krishna *et al.*, 2013). Los géneros *Reticulitermes*, *Coptotermes* y *Heterotermes* representan más de la mitad de las especies en Rhinotermitidae (184 de 305 especies descritas) y son los mejores estudiados dentro de la familia por incluir numerosas especies de plagas (Bagnères y Vargo, 2019).

***Heterotermes convexinotatus*** Froggatt, 1897.

## Descripción

Soldado. Monomórfico. Tamaño aproximado del cuerpo completo de 4.5- 5.6 mm; mandíbulas de 1mm de largo y ancho de la cabeza de 1- 2.5mm de largo; fontanela presente, orificio ubicado en el frons; cabeza con forma rectangular en vista dorsal; ojo compuesto ausente; con ausencia de ocelo. Sedas de la cabeza escasas y dispersas, entre largas y cortas; suturas craneales no visibles; frente en vista lateral inclinado con pequeñas elevaciones; labro en forma de flama o piriforme, con dos sedas en la parte apical del labro y dos en el medio alienadas con las del margen anterior; mandíbulas en forma de sable, largas, delgadas y sin dientes visibles, con tamaño casi igual al largo de la cabeza; 16 número de antenómeros; forma del pronoto plano sin sutura o incisión en el margen anterior; número de espuelas tibiales 3:2:2, con patas delgadas sin fémur o tibia inflamados (Figura 15).



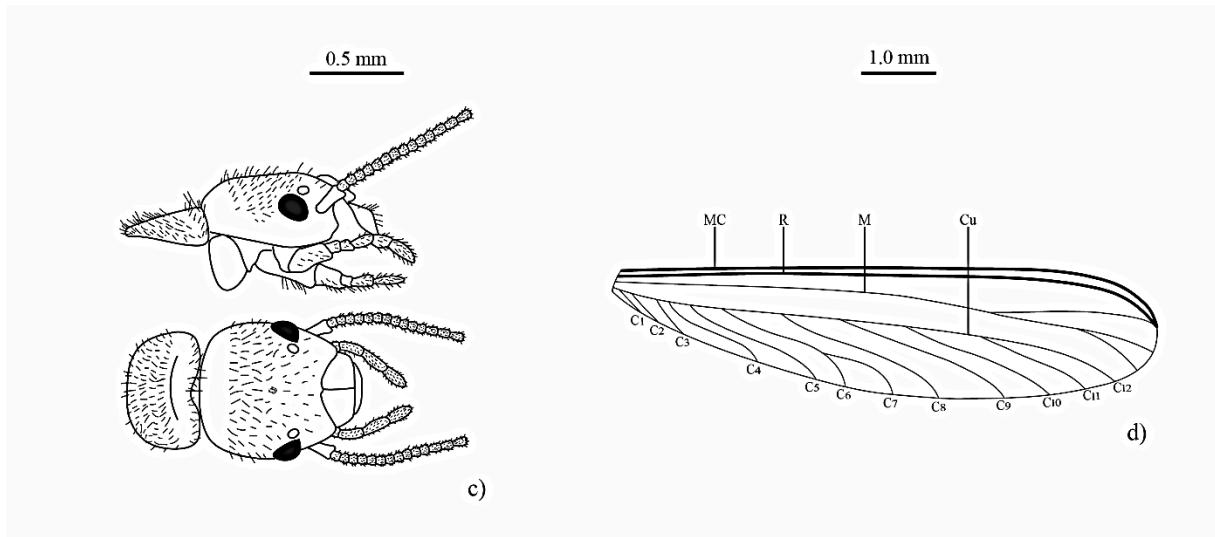
**Figura 15.** Soldado de *Heterotermes convexinotatus* (a) Vista dorsal del cuerpo completo, (b) Vista lateral cuerpo completo. Línea de escala 1mm.

Reproductivo. Capsula cefálica. Sedas largas y cortas inclinadas en la superficie en vista dorsal, debajo del ojo compuesto tienden a ser más dispersas y abundantes, ojo compuesto próximo al ocelo, no se fusionan, sedas en el labro dispersas y largas, 17 artejos antenales. Pronoto con línea de sedas en el margen anterior entre largas y cortas, proyectadas hacia atrás. Longitud promedio de las alas anteriores de 8 a 8.1 mm. Longitud promedio del cuerpo completo sin alas de 5 a 6.2 mm. (Figura 16).

#### Distribución

**México:** Aguascalientes, Baja California, Campeche, Chiapas, Colima, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Veracruz, Yucatán (Méndez y Equihua, 2001; De Luna *et al.*, 2023).

**Mundial:** Región de Australia; Región de Etiopía; Región Neártica; Región Neotropical; Región Oriental; Región Paleártica (Krishna *et al.*, 2013).



**Figura 16.** Reproductivo de *Heterotermes convexinotatus*. Cabeza, pronoto y ala de termitas reproductivas. c) Vista dorsal y Vista lateral; d) Ala anterior izquierda.

***Reticulitermes flavipes*** Holmgren, 1913.

Descripción

Soldado. Monomórfico. Tamaño aproximado del cuerpo completo de 4.5- 5 mm; mandíbulas de 0.8mm; cabeza de 1.5mm de largo y ancho de 1.8mm de largo; fontanela presente, orificio visible en el frons; cabeza con forma rectangular en vista dorsal; ojo compuesto ausente; con ausencia de ocelo. Sedas de la cabeza abundantes y largas, que se extienden al abdomen y patas; suturas craneales visibles; frente en vista lateral con inclinación prominente; labro en forma de flama o piriforme, sin sedas presentes o poco percibibles; mandíbulas gruesas, cortas y curvadas, con forma en S, con tamaño menor al largo de la cabeza, sin dientes visibles; 16 antenómeros con el tercer segmento visiblemente más pequeño que el resto; forma del pronoto plano sin sutura o incisión en el margen anterior; número de espuelas tibiales 3:2:2 sin fémur o tibia inflamados (Figura 17).

Reproductivo. Color de cabeza y cuerpo café oscuro a negro. Cápsula cefálica con sedas largas y dispersas desde el frons hasta las suturas alares. Ojo compuesto oscuro con margen más claro, tamaño del ocelo de la misma distancia al ojo compuesto. ligeramente protuberantes desde la vista dorsal; mesanotum y metanotum

presentan sedas cortas, poco distinguibles. Terguitos muy pilosos, sedas largas visibles en vista dorsal, abundantes en los márgenes. Coxa, trocánter y fémur de color café oscuro, tibias y tarsos amarillo claro. Alas casi transparentes, no hay diferencia entre el color del primer y segundo par de alas. Longitud promedio de las alas anteriores de 7.00 a 7.2 mm. Longitud promedio del cuerpo completo sin alas de 5 a 5.3 mm. Longitud del cuerpo con alas de 9mm (n=4) (Figura 18).

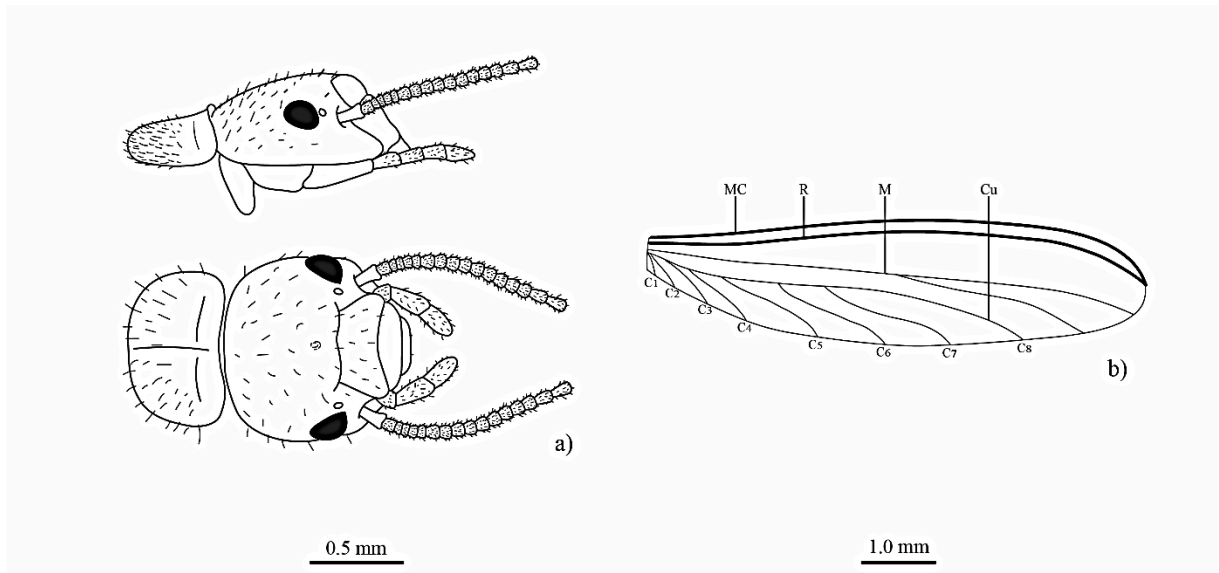
#### Distribución

**México:** Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Chiapas, Ciudad de México, Coahuila, Hidalgo, Guanajuato, Nuevo León, San Luis Potosí, Puebla, Tamaulipas, Zacatecas (Méndez y Equihua, 2001; De luna *et al.*, 2023).

**Mundial:** Región Neártica; Región Neotropical; Región Oriental; Región Paleártica (Krishna *et al.*, 2013).



**Figura 17.** Soldado de *Reticulitermes flavipes* (a) Vista lateral izquierda cuerpo completo 10x (b) cabeza vista dorsal 20x, (C) cabeza y pronoto vista lateral izquierda 10x. Línea de escala de 1mm.



**Figura 18.** Reproductivo de *Reticulitermes flavipes*. Cabeza, pronoto y ala de termitas reproductivas. a) Vista dorsal y Vista lateral; b) Ala anterior derecha.

FAMILIA TERMITIDAE Latreille, 1802.

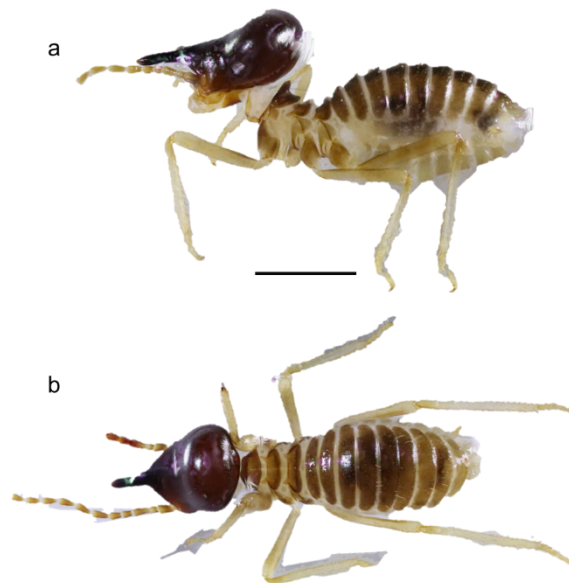
Este grupo se constituye por las termitas más evolucionadas, Termitidae es la familia más diversa y abundante a nivel mundial; está representada por 1,900 especies de las poco más de 3000 especies descritas dentro del Orden Isoptera (Nickle y Collins, 1992). Estos organismos pueden construir sus nidos sobre el suelo (nidos epigeos) y asociados a troncos, ramas de los árboles o a tocones (nidos arbóreos), pueden establecerse en un gran número de especies arbóreas, sin embargo, es probable que cada especie presente cierta preferencia por un grupo determinado de árboles (Dávila y Hernández, 2008; Gaju *et al.*, 2015).

Para el Neotrópico, sólo se han reportado las subfamilias Nasutitermitinae, Termitinae y Apicotermitinae (Bourguignon *et al.*, 2010). Algunas especies de la subfamilia Apicotermitinae, no presentan la casta de soldados en representantes neotropicales, mientras que los soldados de la subfamilia Nasutitermitinae en su mayoría tienen un poro frontal proyectado por delante de la cápsula cefálica, llamado naso (Dávila y Hernández, 2008).

***Tenuirostritermes* sp.** Hare, 1937.

## Descripción

Soldado. Tamaño aproximado del cuerpo completo de 3- 3.5 mm; ancho de la cabeza de 0.5mm y 0.8- 1mm de largo; presencia evidente tubo frontal o fontanela; cabeza piriforme en vista dorsal; ojo compuesto no presente; con ausencia de ocelo. Sedas de la cabeza dispersas, distribuidas del medio de la cápsula cefálica al naso; suturas craneales poco visibles; frente en vista lateral inclinado; labro en forma rectangular con sedas poco visibles; sin mandíbulas prominentes y gruesas; 11-12 número de antenómeros, el segundo segmento antenal es más pequeño a los demás; forma del pronoto cóncavo o como silla de montar, sin incisión en el margen anterior del pronoto; número de espuelas tibiales 3:2:2; fémures no inflamados (Figura 19).



**Figura 19.** Soldado de *Tenuirostritermes* sp. (a) Vista lateral del cuerpo completo 20x, (b) Vista dorsal cuerpo completo 20x. Línea de escala 1mm.

## Distribución

**México:** Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Tamaulipas, Tabasco, Veracruz (Méndez y Equihua, 2001).

**Mundial:** Región de Australia; Región Neártica; Región de Etiopía; Región Neotropical; Región Oriental; Región Paleártica; Región de Papúa (Krishna *et al.*, 2013).

## 8.2 Cuantificación de daños

### Zona de construcciones

Los daños por termitas están asociados a sus hábitos alimenticios y sus preferencias por los recursos maderables y celulósicos que algunos materiales de origen vegetal poseen. En los ecosistemas de construcciones se presentó la incidencia de *H. convexinotatus* y *Tenuirostritermes* sp. donde la primera especie resultó aquella que más daño realiza (25% a 100%), encontrándose daños estéticos y caminos lineales de tierra en las paredes de las aulas, que van en dirección desde el suelo hasta el techo; los daños estructurales causados por estas especies se encontraron afectando severamente las estructuras de madera como percheros, sillas y algunos libros, haciendo galerías dentro de ellos encontrando a la casta obrera dentro de las estructuras afectadas (Tabla 6).

Así mismo, la especie *H. convexinotatus* mostró una categoría de daño, distinta en los dos sitios donde se colectó (Tabla 6); en el preescolar Josefa Ortiz de Domínguez no se evidenció daño mostrando una categoría mínima (25%), esto puede deberse a que el sitio se encontraba en construcción el suelo era removido constantemente, además de que las estructuras que fueron reportadas con anterioridad como afectadas estaban siendo reemplazadas por nuevas, a partir del mes de septiembre las trampas comenzaron a presentar a estos organismos con una abundancia, lo que podría indicar que la perturbación humana puede hacer que estos organismos se desplacen de forma temporal a otros sitios y luego volver a establecerse en zonas donde antes habían estado (Abensperg *et al.*, 1996; Abadía *et al.*, 2013).

Sin embargo, en el preescolar Narciso Mendoza, los daños fueron visibles desde la primera visita mostrando una categoría de daño muy severo (100%) (Tabla 6),

donde los bienes hechos de madera estaban siendo afectados tanto estéticamente como estructuralmente, en mobiliario como en paredes, libros, y juntas de suelo, las trampas en este sitio presentaron una gran densidad de organismos en cada colecta (Figura 20).



**Figura 20.** Daños ocasionados por *H. convexinotatus* en silla de madera de pino y libros en el Preescolar indígena "Narciso Mendoza".

Mientras que los individuos del género *Tenuirostritermes* sp. no represento un riesgo para las estructuras ya que se categorizó como daño mínimo (1-25%), dado a que esta especie requiere de adecuadas fuentes de alimento y lugares de anidación, especialmente de vegetación arbórea o suelo rico en materia orgánica (Tabla 6).

**Tabla 6.** Escala de daño por termitas en dos sitios de muestreo en Huehuetlán El Grande, Puebla.

Especie	Sitio de colecta	Categoría y nivel de daño	Porcentaje de daño
<i>H. convexinotatus</i>	Preescolar Josefa Ortiz de Domínguez	1 mínima	1 a 25%
<i>Tenuirostritermes</i> sp.			
<i>H. convexinotatus</i>	Preescolar indígena "Narciso Mendoza"	4 muy severo	76 a 100%

En el caso del centro de salud, no se obtuvo ninguna muestra de las trampas de cartón, vuelo y muestreo por transecto. El margen arbolado de árboles de *P. americana* fue talado en el mes de septiembre quedando el terreno totalmente expuesto a la radiación solar y humedad, encontrando madrigueras de tuzas (*Geomyidae* sp.) y nidos de hormiga *Atta mexicana* (Hymenoptera: Formicidae) lo que puede explicar la ausencia de termitas subterráneas debido a que las hormigas son consideradas enemigos naturales de las termitas, además de que las termitas construyen nidos amplios por lo cual este terreno no presentó un lugar idóneo para su establecimiento (Suiter *et al.*, 2009).

#### Zona de huertos de *P. americana*

En este estudio, una vez más se confirma que los organismos considerados de madera seca, como los representantes de la familia Kalotermitidae (Tabla 7), pueden soportar condiciones extremas y pueden ser trasladados por medio de pequeños troncos, ramas, o estructuras de madera en las cuales no se encuentren expuestos, si bien las termitas tienen una vida criptica, los kalotermitidos no tienen mayor exposición ya que en su nido encuentran las condiciones y recursos alimenticios para mantener a la colonia, es por ello que pueden ser enemigos silenciosos pues su aparición y establecimiento muy pocas veces deja rastro, es por ello que algunas especies de los géneros *Coptotermes* y *Cryptotermes*, cuentan con un alto potencial invasivo, ya que pueden ser transportadas en cualquier objeto o pieza de madera principalmente (Sermeño *et al.*, 2013, Gaju *et al.*, 2015).

**Tabla 7.** Escala de daño de termitas en Huertos de *P. americana* en Huehuetlán El Grande, Puebla.

Especie	Sitio de colecta	Categoría y nivel de daño	Descripción
<i>R. flavipes</i>		1 Leve	0 a 30% de daños en todo el fuste del tallo.

Huerto  
"La  
mesa".

<i>I. marginipennis</i>		2 Moderado	31 al 60% de daños en su totalidad del fuste del tallo y en menos del 50% de las ramas del árbol.
<i>I. minor</i>	Huerto "Tierra colorada"	1 Leve	0 a 30% de daños en todo el fuste del tallo.
<i>H. convexinotatus</i>			

Si bien se obtuvo una mayor riqueza en los ecosistemas de aguacate, sin embargo se observó que no representaron un daño para los árboles vivos, pues estos organismos fueron colectados principalmente en madera con contacto en el suelo, parte de alguna rama o parte del árbol y en tocones en descomposición, lo que indica que se alimenta de material en descomposición; *I. marginipennis* se colectó en árboles de aguacate de aproximadamente tres años, en la región próxima al fuste del tallo, estos organismos también se encontraron dispersos en pequeños pedazos de madera ubicados cerca al árbol afectado, encontrando muy pocos organismos pues esta especie no conforman colonias numerosas (Genet *et al.*, 2000), en todas las visitas se obtuvieron representantes en el mismo sitio de colecta.

Las especies encontradas en los huertos de este estudio son pertenecientes a géneros asociados a daños en especies forestales (Reyes *et al.*, 1995) además de que los organismos subterráneos suelen ser más dañinos, al poseer colonias numerosas que se establecen en el suelo, sin embargo, la ausencia de daño puede deberse a que la durabilidad de la madera de *P. americana*, se clasifica según lo mencionado por Tamarit y López (2007) moderadamente resistente al ataque de termitas, por lo cual, en esta ocasión estaría demostrando resistencia al ataque de termitas, conviene remarcar que en este huerto se realiza un manejo ecológico, evitando el uso de insumos de origen sintético, que mantiene al sistema en un equilibrio natural constante.

### 8.3 Ecología de *Heterotermes* sp. y métodos de colecta

*H. convexinotatus* fue seleccionada para el estudio de su biología, ya que de acuerdo a la cuantificación de daños resultó ser la más dañina (76-100%) y también la más abundante (3545 individuos), por lo cual se obtuvieron más fácilmente organismos para su estudio; estos fueron observados en condiciones de campo y en laboratorio.

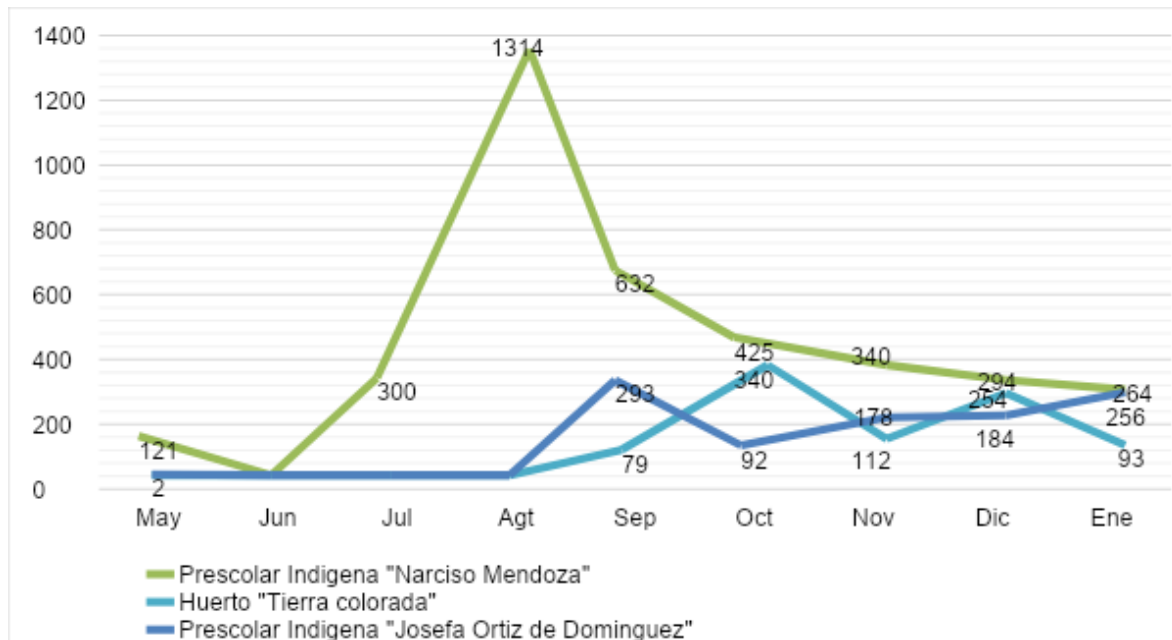
Las observaciones en campo demuestran que es una especie que puede establecerse con éxito en sitios donde encuentre humedad, y alto contenido de celulosa disponible; al remover los caminos de tierra para su colecta, estos organismos van desplazándose y desapareciendo gradualmente, suponiendo una señal de alerta esparcida entre los individuos de la colonia de que está siendo perturbada, por lo que fue reduciendo el número de individuos hasta no encontrar presencia en los túneles de tierra e ir desapareciendo estos rastros, sin embargo, estos organismos fueron aumentando su presencia en trampas de cartón.

La ausencia de captura de especies en las trampas en algunas temporadas, en los sitios de colecta en construcciones, pueden indicar una influencia de las condiciones ambientales como factores físicos, químicos, antrópicos y disponibilidad de recursos en el ambiente, además de factores internos como tamaño de la población y/o a la necesidad de recursos de la colonia. Dado que en todos los sitios de colecta existe una gran afluencia de personas, las trampas se encontraban más expuestas y eran retiradas, por lo cual en estos casos no se reportó presencia de termitas. Así mismo, algunas especies consideradas enemigos naturales de estos especímenes, como las hormigas del género *Atta*, tenían algunos nidos establecidos en algunas partes de los sitios de colecta, pudiendo también afectar la presencia de estos organismos (Suiter *et al.*, 2009).

El contenido celulósico del cartón resultó ser atractivo para las termitas subterráneas pertenecientes al género *Heterotermes*, en estas trampas se pudo obtener el mayor número de organismos en comparación con el método de colecta de aspirador entomológico y transepto; también se pudo observar que estas trampas también son atrayentes de especies subterráneas, como lombrices y hormigas, e

incluso por especies de termes que son mayormente detritívoras, como es el caso de *Tenuirostritermes*, ya que se observó que muchos organismos de este género forrajearon próximos a las trampas, además de que se encontraron algunos individuos forrajeando sobre la trampa pero no en su interior.

Cabe resaltar que los muestreos en el huerto y el Preescolar Josefa Ortiz de Domínguez inició la actividad de estos organismos en agosto, mientras que los meses con menor abundancia fueron mayo y julio, sin embargo, esta especie presentó organismos de la casta reproductora en el mes de julio, aumentando su capacidad de establecer nuevas colonias en esta temporada, además demuestra que es una colonia madura, con alta capacidad dispersiva. A partir del mes de septiembre a octubre se ha visto un incremento en la aparición de organismos en los distintos sitios de colecta, aumentando su frecuencia en los demás sitios antes no reportados o con muy baja incidencia (Figura 21).



**Figura 21.** Fluctuación poblacional de *H. convexinotatus* en los sitios de ocurrencia.

Esta especie mostró una fluctuación en la densidad poblacional durante todos los meses de visita en el Preescolar Indígena Narciso Mendoza, sin embargo a partir

del mes de septiembre ocurrió un descenso abrupto de la población, manteniéndose estable entre los 300 a 700 individuos durante los siguientes meses, esto podría ser a causa de la sequía que se presenta en esta época del año en las estaciones de otoño e invierno, por lo cual las termitas son más susceptibles a la desecación y dependen de las fuentes de humedad aún más (Suiter *et al.*, 2009); por el contrario, en el caso de los sitios correspondientes al Huerto “Tierra colorada” y el Preescolar “Josefa Ortiz de Domínguez”, no se mostró gran variación en el número de individuos en casi todas las colectas oscilando entre los 200 a 400, solo hubo variación en la población para ambos casos durante los meses de septiembre a octubre.

Los resultados obtenidos están condicionados por las variaciones estacionales de clima (lluvia y seca), donde la temporada de lluvia se establece de agosto-noviembre, y la seca prevalece la mayor parte del año, tan solo este factor puede alterar la disponibilidad de nutrientes, ciclos circa anuales, etc. (Ramírez y Dolly, 2001). Además, utilizar los métodos de colecta correctos repercuten en el número de individuos a colectar y en ocasiones esta especie al ser subterránea muchas veces está poco expuesta, por lo cual solo en grandes infestaciones es más posible obtenerlas.

#### 8.4 Efecto de los extractos vegetales en termitas

En la tabla 8 se presentan las medianas del porcentaje de mortalidad ocasionada por los extractos aceitosos vegetales evaluados a diferentes tiempos de exposición (c/8 h), considerando la robustez de los datos y su homocedasticidad.

**Tabla 8.** Medianas del porcentaje de mortalidad de termitas en laboratorio a las 8, 16 y 24 horas.

Extractos de especies vegetales	Medianas de mortalidad [Qi,Qs] * (%)		
	8 h	16 h	24 h
<i>C. citratus</i>	8.0 [5.0, 15.0] a**	15.0 [10.0, 20.0] a	25.0 [20.0, 30.0] a
<i>R. ehrenbergiana</i>	5.0 [0.0, 15.0] a	10.0 [ 5.0, 15.0] ab	17.0 [15.0, 20.0] b
<i>A. indica</i>	2.5 [0.0, 5.0] ab	5.0 [ 5.0, 15.0] abc	14.0 [10.0, 15.0] bc
<i>Pelargonium</i> sp.	2.5 [0.0, 5.0] ab	10.0 [ 5.0, 10.0] bcd	10.0 [ 5.0, 15.0] cd
Testigo (Aceite)	0.0 [0.0, 0.0] b	0.0 [ 0.0, 5.0] cd	4.0 [ 5.0, 10.0] d
Testigo (Agua)	0.0 [0.0, 0.0] b	0.0 [ 0.0, 0.0] d	0.0 [ 0.0, 5.0] d

\*Qi= Cuartil inferior, Qs= Cuartil superior.

\*\*Medianas de mortalidad con diferente letra en la misma columna, indica que existe diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ).

El extracto de *C. citratus* provocó la mayor mortalidad de termitas durante todo el experimento, con una mediana del 8, 15, 25, 40, 55 y 80%, con respecto a los testigos (agua y aceite), siendo 80 [5.0, 15.0] el valor más alto con relación al resto de los tratamientos, presentando un incremento significativo del porcentaje de mortalidad a partir de las 24 horas de su aplicación.

El extracto de dicha especie se ha reportado como un buen insecticida sobre obreras de *Nasutitermes* sp. una especie de nidos arbóreos, tal como lo reporta Galindo (2012), este autor indica que la mortalidad fue más rápida cuando el papel filtro fue impregnado con el extracto, llegando a una supervivencia de 0% a los 5 días, donde los tratamientos de *Cymbopogon citratus* y *Psidium caudatum* McVaugh (Myrtales: Myrtaceae) no mostraron diferencias significativas en su efecto. Este extracto ha sido probado en diferentes especies mostrando una gran acción biocida como en el caso de bacterias (*Salmonella*) o contra bacterias gram positivas y gram negativas, esta capacidad antimicrobiana es posiblemente debido a la alta concentración (70-80%) en su aplicación (Bermúdez *et al.*, 2019).

El extracto aceitoso de *R. ehrenbergiana* mostró un incremento significativo respecto a los tratamientos testigos a partir de las 32 h (Tabla 9), sobre la mortalidad de termitas, presentando medianas del 33, 45 y 55% respectivamente, así mismo, mostró diferencias significativas durante todo el experimento con relación al tratamiento más efectivo que fue la especie *C. citratus*, a excepción de las 40 h donde sus medianas no presentaron diferencia estadísticamente significativa.

Por otra parte, el extracto de *R. ehrenbergiana* ha sido evaluado para disminuir poblaciones de otros organismos, como Rodríguez *et al.* (2022) quien realizó un experimento utilizando este extracto de forma etanólica sobre la araña roja (*T. urticae*), obteniendo mortalidades superiores al 20%, valores obtenidos en esta investigación a las 32 h de interacción con este extracto, este mismo el autor mencionó que el extracto de *R. ehrenbergiana* extraído de diferentes partes de la

planta también pueden influir en la capacidad de control, ya que este experimento fue realizado de la parte aérea a concentraciones del 10 y 20% ocasionando una mortalidad corregida del 29.4% y al probarse las partes de la raíz a la misma concentración se obtuvo una mortalidad del 83 y 99%.

**Tabla 9.** Medianas del porcentaje de mortalidad de termitas en laboratorio a las 32, 40 y 48 horas.

Extractos de especies vegetales	Medianas de mortalidad [Qi,Qs] * (%)		
	32 h	40 h	48 h
<i>C. citratus</i>	40.0 [30.0, 50.0] a	55.0 [45.0, 70.0] a	80.0 [75.0, 90.0] a
<i>R. ehrenbergiana</i>	33.0 [25.0, 35.0] a	45.0 [35.0, 50.0] b	55.0 [50.0, 60.0] b
<i>A. indica</i>	23.0 [15.0, 25.0] b	35.0 [30.0, 40.0] b	45.0 [35.0, 30.0] b
<i>Pelargonium</i> sp.	10.0 [10.0, 15.0] c	15.0 [10.0, 15.0] c	27.0 [20.0, 30.0] c
Testigo (Aceite)	10.0 [10.0, 10.0] c	10.0 [10.0, 15.0] cd	15.0 [10.0, 15.0] cd
Testigo (Agua)	0.0 [ 0.0, 5.0] c	0.0 [ 0.0, 5.0] d	2.5 [ 0.0, 5.0] d

\*Qi= Cuartil inferior, Qs= Cuartil superior.

\*\*Medianas de mortalidad con diferente letra en la misma columna, indica que existe diferencia estadísticamente significativa (P<0.05).

Estudios realizados por García (2009), indicaron que los principios tóxicos que presenta este extracto se encuentran en la raíz, esto fue comprobado al ver la actividad insecticida de *R. ehrenbergiana* contra larvas de *Culex quinquefasciatus* Say, 1823, (Diptera: Culicidae) obteniendo un mayor incremento en la mortalidad cuando se utiliza la raíz seca, obteniendo una DL<sub>50</sub> de 2.5%, esta respuesta es atribuida a los terpenos que presenta la planta. En este ensayo para la obtención del extracto aceitoso de *R. ehrenbergiana* se utilizaron las partes aéreas, aunque tuvo un efecto positivo en la mortalidad, se sugiere que también se evalúe el efecto de la raíz de esta planta contra termitas en próximas investigaciones.

La especie *A. indica* es ampliamente conocida por sus propiedades insecticidas, controla plagas de campo y almacén; además tiene un uso medicinal, forestal y farmacológico (Cruz y del Ángel, 2004). Sin embargo, en este estudio las medianas consiguieron obtener valores más bajos que *R. ehrenbergiana* y *C. citratus* sobre el efecto insecticida, con medianas de 35 % y 45 % con diferencias significativas a las 40 y 48 horas; por el contrario, no mostró diferencias significativas con el tratamiento de *Pelargonium* sp. a las 8 y 24 horas.

El efecto en la mortalidad de las termitas con el extracto aceitoso de *A. indica* que ha sido probado sobre la especie de madera seca *I. marginipennis*, en las concentraciones: 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 3.0% (Arcos *et al.*, 2001). Estos autores mencionaron que existe una mayor mortalidad en la concentración del 2.0% (45.6%) y la menor en el tratamiento al 1.5% con 19.2% de mortalidad, los resultados de este estudio difieren con los anteriores, lo que puede sugerir que el uso de una mayor concentración con el extracto aceitoso de *A. indica* puede aumentar el efecto y la mortalidad de los organismos.

Las mayores diferencias entre el efecto de los tratamientos se registraron a las 32 y 40 horas entre el extracto de Citronela comercial (*Pelargonium* sp.) - *R. ehrenbergiana* y Citronela comercial (*Pelargonium* sp.) - *C. citratus*, respectivamente; el agua resultó con efecto diferente con todos los demás tratamientos. El efecto de los tratamientos a las 40 y 48 horas es estadísticamente significativo, pudiendo registrar casi el 50% de la mortalidad en todos los tratamientos a excepción de los grupos control.

## IX. CONCLUSIONES

Se determinaron cinco especies de termitas para la zona de estudio, *Incisitermes marginipennis*, *Incisitermes minor*, *Heterotermes convexinotatus*, *Reticulitermes flavipes* y *Tenuirostritermes* sp.

Las especies *Incisitermes minor*, *Heterotermes convexinotatus*, *Reticulitermes flavipes* y *Tenuirostritermes* sp. representan nuevos registros para el estado de Puebla.

Se encontró una mayor riqueza de especies en los huertos de *P. americana* con cuatro especies (*I. marginipennis*, *I. minor*, *H. convexinotatus*, *R. flavipes*), con respecto a las construcciones se colectaron dos especies (*H. convexinotatus*, *Tenuirostritermes* sp.).

La especie *H. convexinotatus* resultó ser la especie que ocasionó más daños, fue colectada en zonas urbanas y huertos de aguacate, teniendo un efecto más dañino en construcciones, mientras que en los huertos se consideró como una plaga potencial.

Los extractos vegetales resultan ser una herramienta útil para disminuir las poblaciones de termitas, desde pocas horas de aplicación, considerando que, al transcurrir el tiempo, los extractos de *C. citratus* y *R. ehrenbergiana* fueron los que presentaron un mayor porcentaje de mortalidad con una mediana de mortalidad del 80 y 55% respectivamente a las 48 horas después de su aplicación.

## X. LITERATURA CITADA

- Abadía L. J. C., Arcila A. M. y Chacón P. 2013. Incidencia y distribución de termitas (Isoptera) en cultivos de cítricos de la costa Caribe de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. 39 (1), 1-8.
- Abensperg T. M., Smith G. T. A. y Steven D. E. 1996. The Effects of Habitat Fragmentation and Livestock-Grazing on Animal Communities in Remnants of Gimlet *Eucalyptus salubris* Woodland in the Western Australian Wheatbelt. I. Arthropods. *Journal of Applied Ecology*. 33(6), 1281–1301.
- Acevedo M. E. 2012. Identificación de especie de termita subterránea que causa daño a plantas de jardín en el área urbana de Torreón, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología. UAAAN. 46p.
- Arcila A., Lozano J., Achuri R., Pérez F. y Hernández M. 2013. Manual para la identificación y manejo de termitas y otros insectos plagas de los cítricos en la región caribe de Colombia. Agrosavia. 68 p.
- Arcos R. J., Méndez M. J. y Campos B. R. 2001. Efecto del aceite de nim *Azadirachta indica* A. Juss. sobre la termita de madera seca *Incisitermes marginipennis* (Latreille) (Isoptera: Kalotermitidae). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 7, 139-143.
- Bagnères G. J. y Vargo E. 2019. Subterranean Termites (Rhinotermitidae). *Encyclopedia of Social Insects*. Springer International. 1-5.
- Bermúdez V. M. J., Granados C. F. y Molina A. 2019. Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Psidium guajava* y *Cymbopogon citratus*. *Agronomía Mesoamericana*. Universidad de Costa Rica. 30(1), 147-163.

- Berrocal J. A. 2007. Clasificación de daños producidos por agentes biodeterioro en la madera. Kurú: Revista Forestal. 4(10), 1-7.
- Bourguignon A., Scheffrahn R.H., Krecek J.; Nagy Z., Sonet G. y Roisin Y. 2010. Towards a revision of the Neotropical soldierless termites (Isoptera: Termitidae): redescription of the genus *Anoplotermes* and description of *Longustitermes*. Invertebrate Systematics. 24, 357–370.
- Bourguignon T. R. Y. 2011. Revision of the termite family Rhinotermitidae (Isoptera). En: Engel MS (Ed) Contributions Celebrating Kumar Krishna. ZooKeys. 148, 55–103.
- Burga D. M. 2011. Metodología de estudios de línea de base. Pensamiento crítico. (15), 61-82.
- Cabrera D. G. y López B. M. 2013. Aspectos de la taxonomía, distribución y biología de las termitas (Insecta: Isoptera) del centro histórico de La Habana, Cuba. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa. (53), 253–258.
- Calderón N., Escalera L. y Oyama K. 2018. Occurrence of termites (Isoptera) on living and standing dead trees in a tropical dry forest in Mexico. PeerJ. 16 p.
- Cancello E. M. y Myles T. G. 2000. Isoptera. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Facultad de Ciencias, UNAM, CONABIO y BAYER. 1, 295-315.
- Capetillo C. E., Pérez C. M., De La Cruz P. A., Magaña A. M., Torres C. M. y Sánchez S. M. 2019. Hospederos, infestación y distribución de *Coptotermes testaceus* (Linnaeus) (Blattodea: Rhinotermitidae) en áreas forestales de Tabasco, México. Revista Chilena de Entomología. 45(4), 533-543.

- Castro C., Dorval A., Peres F. O., Silva A., Souza E. y Rocha, W. 2015. Distribuição Sazonal de *Heterotermes tenuis* (Hagen) em Povoamentos de *Eucalyptus* spp. *Floresta e Ambiente*. 22(4), 524-531.
- Celis A., Mendoza F. C., Pachón M., Cardona J., Delgado W. y Cuca L. 2008. Plant extracts used as biocontrol with emphasis on Piperaceae family. *Agronomia Colombiana*. 26. 97-106.
- Constantino, R. 1987. Phylogeny of the Nasutitermtinae and Revision of the Neotropical Genus *Syntermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae). (Tesis doctoral). University of Kansas, Lawrence, Estados Unidos. 235 p.
- Constantino R. 2001. Key to the soldiers of South American *Heterotermes* with a new species from Brazil (Isoptera: Rhinotermitidae). *Insect Syst. Evol.* 31, 463-472.
- Constantino R. 2002. An illustrated key to Neotropical termite genera (Insecta: Isoptera) based primarily on soldiers. *Zootaxa*. 67, 1-40.
- Constantino R. 2020. Termite Database. Available from: <http://termitologia.net> (accessed 1 April 2021).
- Constantino R. y Dianese E. C. 2001. The urban termite fauna of Brasilia, Brazil. *Sociobiology*. 38(2), 1-4.
- Costa L. A. M. 2002. *Cupins-Praga. Morfología, Biología e Controle*. Biblioteca da UNESP. Rio Claro, São Paulo, Brasil. 128 p.
- Costa L. A. y Casarin F. 2009. Chemical Communication in Isoptera. *Neotropical Entomology*. 38(1), 1-6.

- Cruz F. M. y del Ángel S. 2004. El árbol de Nim. Establecimiento y Aprovechamiento en la Huasteca Potosina. INIFAP CIRNE. Campo experimental Huichihuayan y Campo experimental Ébano. Folleto técnico No. 3. 23p.
- Cuervo S. D., Vanegas C. J., Corzo B. D. y Correa M. F. 2019. Evaluación de la capacidad bactericida de extractos vegetales de distinta polaridad de *Drimys granadensis*. Revista Peruana de Biología. 26(1), 135-142.
- Dávila C. G. y Hernández A. 2008. Conocimiento actual del Orden Isoptera (Insecta) en Cuba. COCUYO. 18, 16-25.
- De Araujo P. F. C. y Meyer R. L. 1977. Agricultural Credit Policy in Brazil: Objectives and Results. American Journal of Agricultural Economics. 59(5), 957.
- De las Salas G. 1987. Suelos y ecosistemas forestales: con énfasis en América tropical. Instituto interamericano para la Agricultura. 450p.
- De Luna M., Scheffrahn R. H., García B. R., Cuéllar R. G. 2023. Termites (Blattodea: Isoptera) of Canada, continental USA, and Mexico: an identification key to families and genera, checklist of species, and new records for Mexico. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 39, 1–30.
- Espinoza M. L. A. 2003. Termita subterránea. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. pp. 119.
- Eggleton P. 2000. Global patterns of termite diversity. En: Abe T, Bignell DE, Higashi M (Eds), Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 25–51.

- Eggleton P. y Tayasu I. 2001. Feeding groups, lifetypes and the global ecology of termites. *Ecological Research*. 16(5), 941-960.
- Evans T. A., Forschler B.T. y Kenneth J. 2013. Biology of Invasive Termites: A Worldwide Review. *Revista Entomológica*. 58, 55–74.
- Fontes L. R. y Milano S. 2002. Termites as an urban problema in South América. *Sociobiology*. 40(1),103-151.
- Galindo L. D. V. 2012. Actividad antitermitica de los aceites esenciales extraídos de las hojas de *Lippia alba*, *Minthostachys mollis*, *Cymbopogon citratus* y *Psidium caudatum* contra *Nasutitermes* sp. (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 21 p.
- Gaju R. M., Bach de Roca M. y Molero B. R. 2015. Orden Isoptera. *Revista IDE@ - SEA*. (49), 1–17.
- García G. 2009. Potencial insecticida de *Roldana ehrenbergiana* (Klatt) H. Rob. & Brettel y *Asclepias notha* W.D. Stevens en larvas de *Culex quinquefasciatus*. (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 41p.
- Genet J. A., Genet K. S., Burton T. y Murphy P. G. 2000. Quantitative characterization of a subtropical dry forest termite community (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae). *Tropical Ecology*. 41(1), 119-122.
- González C. J. A. 2019. Plan de Desarrollo Municipal de Huehuetlán el grande 2019-2021. Huehuetlán el Grande, Puebla. pp. 31-32.
- Grassé P. P. 1984. Termitologia. Anatomie–physiologie–biologie–systématique des termites. Vol. 2, fondation des societes, construction. Paris: Masson. 613 p.

- Gutiérrez G. A. I., Saldarriaga O., Uribe S. S. y Pineda G. F. 2004. Hongos asociados con termitas y termiteros en plantaciones de eucalipto. *Revista Colombiana de Entomología*. 30(1), 7-13.
- Hernández R. S., López H. J., Valdés P. M. T.; Sánchez R. F. J.; Cueto M. S. M. y Castillo M. A. 2015. Termitas subterráneas que causan daño a edificios en el área urbana de torreón, Coahuila, México. *Entomología Mexicana*. 2, 701-705.
- Hernández R. S.; López H. J.; Valdés P. M. T.; Sánchez R. F. J., García E. F., Escobedo V. y Obrador S. J. A. 2019. Termitas (Hexapoda: Isoptera) asociadas a palma abanico *Washingtonia robusta* Wend. en el área urbana de Lerdo, Durango, México. *Entomología legal y urbana*. pp. 410- 414.
- Hurtado H.Y., Manga D. A., Sepúlveda C. P. A. 2017. Registro de termitas (Isoptera) asociadas a cultivos de mango (*Mangifera indica*) en el departamento del Magdalena, Colombia. *Revista Intropical*. 12, 109-115.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Huehuetlán el Grande, Puebla. Consultado el 4 de mayo de 2021. Disponible online: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21150.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21150.pdf).
- Jones D. T., Verkert R. H. y Eggleton P. 2005. Methods for sampling termites. pp. 221-253. En: Leather, S. (Ed.). *Insect sampling in forest ecosystems*. Victoria, Australia: Blackwell. 320 p.
- Krishna K., Grimaldi D. A. y Engel M.S. 2013. *Treatise on the Isoptera of the world*. Museo Natural de Historia. 1, 200 p.

- Lacayo R. R. T. y Mayorga J. R. M. 2014. Abundancia, riqueza y diversidad insectil asociada al cultivo de Marango (*Moringa oleifera* L). (Tesis de licenciatura) . Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 55 p.
- Lamarre G. P., Molto Q., Fine P. V. y Baraloto C. 2012. A comparison of two common flight interception traps to survey tropical arthropods. ZooKeys. (216), 43–55.
- Lewis V.R. 2002. Alternative control strategies for termites. Division of insect biology. En V. H. Resh y R. T. Cardé (Eds.), Encyclopedia of insects (pp. 291-307). University of California Press.
- Light S. F. 1933. Termites of western Mexico. University of California Press. CA. 6, 497–1987.
- Lo N., Engel M. S., Cameron S., Nalepa C. A., Tokuda G., Grimaldi D., Kitade O., Krishna K., Klass K. D., Maekawa K., Miura T. y Thompson G. J. 2007. Save Isoptera: a comment on Inward *et al.* Biology letters. 3(5), 562–565.
- Logan J.W.M.; Cowie R.H. y Wood T. G. 1990. Termite (isoptera) control en agriculture and forestry by nonchemical methods: a review. 80, 309- 330.
- Macedo N., Campos M. B. S. y Botelho P. S. M.1997. Iscas no controle de *Heterotermes tenuis* (Isóptera: Rhinotermitidae). 16 congreso Brasileiro do Entomología. Salvador Bahía. 190 p.
- Macedo N. y Macedo D. 2004. As pragas de mayor incidencia nos canaviais e seus controles. Visao Agrícola. Cana de açúcar. Revista de Divulgação Científica. 1, 39-46.

- Malpica F. H., Andara C. y Varela C. 2010. Especies de *Nasutitermes* (Isoptera: Termitidae) en la cumaca, municipio San diego, estado Carabobo, Venezuela. FARAUTE Ciens. y Tec. 5(2), 44-55.
- Masciocchi M. 2019. Cuadernillo N. 21 Termitas. Grupo de Ecología de Poblaciones de Insectos. INTA EEA Bariloche. 10p.
- Méndez J. y Equihua A. 2001. Diversidad y Manejo de los Termes de México (Hexápoda, Isoptera). Acta Zoológica Mexicana. Número especial. 1, 173-187.
- Milano S. 2002. Diagnóstico e controle de cupins em áreas urbanas. en Fontes, L. R & E. B. Filho (eds.), Cupins: O desafio ao conhecimento. Conquista Artes Gráficas Ltda. SUCEN, São Paulo, Brasil. pp. 45-74.
- Mill A.E. 1983. Generic keys to the soldier caste of New World Termitidae (Isoptera: Insecta) Systematic Entomology. 8, 179-190.
- Mill A.E. 1991. Termites as agricultural pests in Amazonia, Brazil. Sociobiology. 18 (2): 339-348.
- Moino J. A., Alves S. B., Lopes R. B., Neves P. M. O. J., Pereira R. M. y Vieira S. A. 2002. External development of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in the subterranean termite *Heterotermes tenuis*. Scientia Agrícola, Piracicaba. 59(2), 267-273.
- Morón M. A. 1985. Los insectos degradadores, un factor poco estudiado en los bosques de México. Folia Entomológica Mexicana. 65, 131–137.
- Nickle D. A. y Collins M. 1988. The termite fauna (Isoptera) in the vicinity of Chamela, State of Jalisco, México. Folia Entomológica Mexicana. 77, 85-122.

- Nickle D. y Collins M. 1992. The Termites of Panama (Isoptera) En: Insects of Panama and Mesoamerica Selected studies. pp.208-241.
- Pearce M. J. 1997. Termites: Biology and pest management. Cab International. Wallingford, UK. 180 p.
- Pérez A. S., Ávila Q. G. y Coto A. O. 2015. El aguacatero (*Persea americana* Mill) Cultivos Tropicales. 36(2), 111-123.
- Pérez F., Arcila A. y Pulgarín D. J. 2018. Termites (Blattodea: Termitoidea) associated with mango and avocado crops in the Colombian Caribbean Region. En J. Rodríguez y O. Ascuntar-Osnas (Comp.), Memorias Congreso Colombiano de Entomología (pp. 291-307). Sociedad Colombiana de Entomología 1 p.
- Pintau L. L., Raya G. D. y Martinez P. M. M. 2016. Efecto insecticida antialimentario de los extractos etanólicos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb, *Melia azedarach* L y *Nerium oleander* L. Entomología mexicana. 3, 609–613.
- Quintana A. 2006. Metodología de investigación científica cualitativa. En Quintana Peña, A. y Montgomery, W. (Eds.) Psicología tópicos de actualidad, (pp. 65-73).
- Quiroz M. C. R., Chavez D. J., Lanuza R. C. R., Moreno M. L. F. y Rosales G. E. 2021. Patogenicidad de hongos entomopatógenos en termitas en plantaciones de *Moringa oleífera*, Posoltega Nicaragua. Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim. 7(14), 1741–1752.
- Ramírez J. C. y Dolly L. 2001. Descripción de la biología, daño y control de las termitas: especies existentes en Chile. BOSQUE. 22(2), 77-84.

- Rebolledo R., Ramón S. B. P., Klein K. C.; Salas E. C. y Aguilera P. A. 2006. Daños en casas de madera ocasionados por coleópteros xilófagos, IX Región, Chile. *BOSQUE*. 27(1), 52-56
- Reyes C. R., Viveros R. N. y Pérez M. V. 1995. Resistencia natural de maderas mexicanas al ataque de termitas subterráneas. *Madera y Bosques*. 1(1), 39-47.
- Rodríguez C. M. M., Pérez T. B. C, Aragón G. A., Ortiz G. C. F., Marco M. V. S. y López-Olguín J. F. 2022. Evaluación de actividad ovicida de extractos vegetales en *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 2022, 39(3): e223945.
- Rosales C. J. 1986. Isopteros. En Fernández Yépez, F. y Rosales, C. J. 1986. Guía de entomología económica. UCV. Facultad de Agronomía. Departamento de Zoología Agrícola. 362- 369.
- Rust M.K. y Su N. Y. 2012. Managing Social Insects of Urban Importance. *Annual Review of Entomology*. 57, 535-575.
- Sands W.A. 1977. The role of termites in tropical agriculture. *Agriculture*. 9, 136-143.
- Sánchez P.A. y Marín C. 1993. Control químico de comején en cacao. FONAIAP Divulga. 10(43), 18-21.
- Santillán S. J. 2004. Especies de termitas en plantaciones comerciales de mango (*Mangifera indica* L.) en la Costa Sur de Jalisco. (Tesis de Maestría). Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco. 109 p.

- Sepúlveda V. J., Torres A. J. F., Sandoval C. C. A., Martínez P. J. F. y Chan P. J. I. 2018. La importancia de los metabolitos secundarios en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos con énfasis en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. 5(2), 79-95
- Sermeño C. J. M., Paniagua M. R., Jones D., Menjívar M. A. y Monro A. 2013. Bio-ecología e identificación de los géneros de termitas de las Familias Kalotermitidae y Rhinotermitidae (Blattaria: Isoptera) presentes en El Salvador. *BIOMA*. pp.14-18.
- Scheffrahn R., Mullins A., Krejcek J., Chase J. A., Mangold J. R., Myles T., Nishimura T., Setter R., Cannings R., Higgins R., Lindgren B. S., Constantino R., Solange I. y Kuswanto E. 2015. Global Elevational, Latitudinal, and Climatic Limits for Termites and the Redescription of *Rugitermes laticollis* Snyder (Isoptera: Kalotermitidae) from the Andean Highlands. *Sociobiology*. 62. 426-438.
- Smith A.R., Pryer K.M., Schuettpelz E., Korall P., Schneider H. y Wolf P.G. 2006. A classification for extant ferns. *Taxon*. 55(3), 705-731.
- Souza de Jesus A., de Sena F. J. G., Rabelo C. C., Vieira T. A. V., Cruz da Silva A. y Viteri J. L. 2020. Bioactivity of iridoids of *Genipa americana* against the coconut mite *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae). *Revista de Protección Vegetal*, 35(1), 2.
- Stupino S. A., Frangi J. L., Lermano M. J., Gargolof N. A. y Bonicatto N. M. 2014. La biodiversidad en los agroecosistemas. En: Sarandón, J y Flores C. (Coord.) *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. pp. 131-158.

- Suiter D. R., Jones S. C., Forschler B. T. 2009. La biología de termitas subterráneas del este de los Estados Unidos. La Universidad de Georgia. El Servicio de Extensión Cooperativa. 16 p.
- Tamarit U. J. C. y López T. J. L. 2007. Xilotecología de los principales árboles tropicales de México. Libro Técnico No. 3. INIFAP-CIR Golfo Centro, Campo Experimental San Martinito. Tlahuapan, Puebla. México. 264 p.
- Torales G. J., Coronel J. M., Fontana J. L., Laffont E. R., Porcel E., Godoy M. C. y Arbino M. O. 2005. Composición faunística y distribución de Isoptera (Insecta) del Litoral, Temas de Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino. II. INSUGEO. pp. 259-280.
- UNEP. 2000. Facility expert group on termite biology and management. Finding alternatives to Persistent Organic Pollutants (POPs) for termite management. Established to support international activities on Persistent Organic Pollutants (POPs). The Stockholm Convention.
- Vaca A. G. L., Quispillo M. J. M., Ubon I. R., Vitieri R. J. A. 2020. Identificación de metabolitos secundarios y evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de *Callistemon speciosus* (escobillón rojo). Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica. 39(2).
- Vanderplank J.E. 1963. Plant Disease: Epidemics and Control. Academic Press, New York. 349 p.