

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD LARVICIDA
DE 18 ESPECIES DE PLANTAS DETECTADAS POR
ETNOBOTÁNICA Y BIOPROSPECCIÓN EN GUATEMALA

Informe Final de Tesis

presentado por:

Swizly Marlenne Arana Guerra

Para optar al título de

QUÍMICA FARMACÉUTICA

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Guatemala, agosto de 2002

DL

06

T(282)

JUNTA DIRECTIVA

M.Sc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán	Decano
Licda. Jannette Magaly Sandoval de Cardona	Secretaria
Licda. Gloria Elizabeth Navas Escobedo	Vocal I
Lic. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Dr. Federico Adolfo Richter Martinez	Vocal III
Br. Jorge José García Polo	Vocal IV
Br. Liza Leonor Carranza Jui	Vocal V

DEDICATORIA

A mi Señor Jesucristo:

... el cual, siendo en forma de Dios, no estimó el ser igual a Dios como cosa a que aferrarse, sino que se despojó a sí mismo, tomando forma de siervo, hecho semejante a los hombres; y estando en la condición de hombre, se humilló a sí mismo, haciéndose obediente hasta la muerte, y muerte de cruz.

Por lo cual Dios también le exaltó hasta lo sumo, y le dio un nombre que es sobre todo nombre, para que en el nombre de Jesús se doble toda rodilla de los que están en los cielos, y en la tierra, y debajo de la tierra; y toda lengua confiese que Jesucristo es el Señor, para gloria de Dios Padre.

Filipenses 2:6-11

A mi familia y amigos.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que colaboraron en la elaboración de este trabajo, en especial a: Lic. Armando Cáceres Estrada, al Departamento de Cito histología de la Escuela de Química Biológica, al Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia -IIQB-, a la Sección de Entomología del Ministerio de Salud Pública y Social, a Laboratorios Farmaya S.A. y a la Organización de Estados Americanos -OEA-.

ÍNDICE

Contenido:	Pág.
1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Antecedentes	3
4. Justificación	39
5. Objetivos	40
6. Hipótesis	41
7. Materiales y métodos	42
8. Resultados	47
9. Discusión de resultados	50
10. Conclusiones	53
11. Recomendaciones	54
12. Referencias	55
13. Anexos	60

1. RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objeto de detectar especies vegetales en Guatemala que puedan ser utilizadas como fuente de larvicidas de origen natural.

Se seleccionaron 12 especies vegetales provenientes de etnobotánica y 6 especies provenientes de bioprospección, por su posible actividad larvicida y por no haberse estudiado dichas propiedades previamente.

La determinación de la actividad larvicida de las 18 especies vegetales seleccionadas, se realizó por medio de bioensayos contra cuatro estadios de larvas de dos especies de mosquitos (*Aedes aegypti* y *Anopheles albimanus*). Siendo estas dos especies, vectores de dos de las más importantes enfermedades en el mundo, paludismo y dengue, por lo que el control biológico de estos se vería traducido en una disminución en la incidencia de estas enfermedades.

Por un método micrométrico el extracto etanólico de la hoja de *Tillandsia yunckeri* mostró actividad preliminar contra larvas de primer estadio de *A. aegypti* y posteriormente se determinó la concentración letal al 100% (CL₁₀₀) la cual fue de 0.25 mg/ml.

T. yunckeri es una especie detectada por bioprospección, por lo que es importante continuar con los ensayos de la actividad biocida para encontrar compuestos que puedan utilizarse como larvicidas de origen natural y determinar la estructura de las moléculas responsables de la actividad.

2. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país que cuenta con una gran diversidad biológica, favorecida por un clima tropical templado, estas características de la región son propicias para la proliferación de diferentes clases de mosquitos que necesitan de buena humedad y vegetación óptima para su desarrollo (1).

Los mosquitos son portadores comprobados de al menos cinco enfermedades humanas distintas, entre ellas la malaria, la fiebre amarilla, el dengue y ciertas formas de filariasis. La malaria ha sido catalogada como una de las más importantes, ya que ocasiona un gran porcentaje de las muertes que ocurren en el mundo (1). Por esta causa los mosquitos se han convertido en blanco para insecticidas que permiten su erradicación, control y por consiguiente una disminución en la incidencia de las enfermedades de la que son portadores. El uso irracional de los insecticidas ha generado cierta resistencia de los insectos a los químicos, es por esto que surge la necesidad de desarrollar nuevas estrategias en el control de los vectores de forma eficiente y segura (2).

En el presente estudio se determinó en un grupo de 18 especies de plantas, cuales de ellas poseen actividad larvicida en distintos estadios contra las especies más importantes como vectores de infecciones humanas, tales como *Aedes aegypti* y *Anopheles albimanus*.

La posibilidad de encontrar larvicidas de origen natural, proporciona la oportunidad de optimizar recursos en el control de las enfermedades transmitidas por vectores, evitando la degradación del ambiente y el desarrollo de resistencia por parte del vector, además permite aprovechar la biodiversidad del país y generar empleos rurales.

3. ANTECEDENTES

3.1 Estudios de Detección:

3.1.1 Etnobotánica:

La etnobotánica es la ciencia que estudia el uso que le da una población determinada a la flora de una región particular. Para conocer la relación entre la flora de un lugar y el hombre, es necesario el contacto directo con los habitantes de la región a través de una comunicación fluida que permita obtener información confiable que será reproducida lo mas fielmente posible. Por lo tanto es necesario realizar actividades como: conocer plenamente el lugar por medio de investigaciones bibliográficas o directamente a las fuentes reales que brinden información; realizar encuestas y caminatas botánicas para recolectar información y ejemplares; secar, herborizar, determinar botánicamente, conservar y enriquecer.

La riqueza florística y el conocimiento popular sobre etnobotánica son recursos que no se han aprovechado a plenitud, por las condiciones sociales, culturales, políticas y económicas prevalecientes.

El conocimiento sobre las prácticas tradicionales de curación y agricultura se ha visto limitado porque la mayor parte ha sido transmitido en forma oral, no existe una metodología consistente, ni el recurso humano y financiero disponible, por lo que es difícil plasmar este conocimiento en documentos confiables accesibles a la población. Para la equiparación y uso oficial de los medicamentos fitoterapéuticos es necesario recabar el conocimiento y prácticas populares en forma precisa a través de una metodología que haga posible la recuperación de las prácticas de curación y los recursos terapéuticos empleados, que

permitan su validación científica e integración a los sistemas oficiales de salud (3).

3.1.2 Bioprospección:

La bioprospección se refiere a la búsqueda sistemática de nuevas fuentes de compuestos químicos, genes, proteínas, microorganismos y otros productos que posean valor comercial potencial y que pueden encontrarse en la riqueza biológica natural.

La utilización de la biodiversidad nacional presenta oportunidades y retos para promover y organizar las inversiones de infraestructura y recursos humanos que agreguen valor y contribuyan a su conservación (4).

La prospección de la biodiversidad, o bioprospección, busca acortar el camino y los costos en la identificación de principios activos básicos existentes en los organismos vivos; así, esos compuestos y moléculas pueden terminar transformados, por ejemplo, en fármacos. El proceso de bioprospección involucra la localización, descripción detallada y recolección de especies que son sometidas a procesos de extracción, separación y ensayos biológicos para detectar una actividad determinada (4).

3.2 Detección de la actividad biocida:

La actividad biocida considera tanto la actividad antimicrobiana como la larvicida, por lo que su detección en las especies vegetales comprende métodos con ambos propósitos.

3.2.1 Métodos de detección de actividad antimicrobiana:

La búsqueda de la actividad antimicrobiana de plantas medicinales encuentra algunos problemas por la diversidad de criterios y técnicas empleadas así como por las propiedades lipofílicas de algunas muestras ya que la insolubilidad en agua de los aceites esenciales y extractos no polares hacen que se dificulte el uso de medios acuosos en el estudio de la actividad antimicrobiana (5).

Según la bibliografía consultada, el estudio de la actividad antimicrobiana de las especies vegetales o de los principios activos extraídos de ellas, se realiza mediante diversas técnicas, las cuales pueden ser clasificadas fundamentalmente en tres grupos: métodos de difusión, de dilución y bioautográfico (5).

3.2.1.1 Método de Difusión: Este método tiene la ventaja de que no se requiere de dispersión homogénea en agua y consiste en usar un disco, agujero o cilindro como reservorio en el agar, el cual contiene la muestra a ensayar; después de la incubación se mide el diámetro de la zona clara alrededor del reservorio (diámetro de inhibición). Este método es uno de los más frecuentemente empleados en investigación, pero tiene la desventaja de su poca credibilidad en casos de muestras que se difunden con dificultad en el medio porque no existe relación entre el poder de difusión y la actividad antimicrobiana lo cual fue demostrado por Pellecuer *et al.* (6).

Las ventajas de este método son, la pequeña cantidad de muestra que se utiliza en el tamizaje y la posibilidad de probar cinco o seis compuestos contra

varios microorganismos, además es el más adecuado para el tamizaje preliminar de sustancias puras (alcaloides, flavonoides, terpenoides, etc). Los resultados pueden ser expresados como + (crecimiento) ó - (inhibición) y luego comparados con los métodos de dilución (5).

3.2.1.2 Método de Dilución: Las técnicas de dilución requieren una dispersión homogénea de la muestra en agua y se han utilizado para determinar, principalmente, los valores de concentración mínima inhibitoria (CMI) de un extracto, aceite esencial o sustancia pura. También puede ser utilizada para realizar un tamizaje preliminar de la actividad antimicrobiana (5). Las ventajas de este método son su simplicidad, rapidez y la posibilidad de usarlo en el estudio de antimicrobianos solubles en agua o muestras insolubles como aceites esenciales; además pueden ser sembrados hasta 6 microorganismos en una caja de petri (5).

La dilución en medio líquido es la técnica más complicada pero también la más precisa. Este método es recomendado para la determinación de la CMI de una muestra pura y es el único método para determinar el mínimo de concentración bactericida (MCB). MCB es determinado por subcultivos de los tubos con inhibición en un plato de agar o medio líquido. Cuando el microorganismo no crece, la muestra es un microbicida (5).

El método de dilución sólido, es parecido al método de dilución en líquido. Este método es rápido y la CMI de un producto puede ser determinado contra

seis microorganismos a la vez (7). Aunque algunos investigadores han utilizado un sistema de inoculación múltiple. Con este método, aproximadamente 20-25 microorganismos pueden ser inoculados en platos estandarizados (5). En el método de Mitscher L. *et al.* (8) se establece además la cantidad de muestra necesaria, la cual no debe ser mayor de 1 mg de muestra en 1 ml del medio de cultivo. Las muestras activas son reensayadas a una concentración de 0.1 mg/ml.

3.2.1.3 Método Bioautográfico: Este método está basado en el efecto biológico (antibacteriano, antiprotozo, antitumor, etc) de las sustancias bajo estudio. El procedimiento típico de bioautografía está basado en la técnica de difusión en agar, en donde los compuestos antibacterianos son transferidos desde una capa cromatográfica a una capa de agar inoculado. La zona de inhibición se visualiza por la detección de la reacción deshidrogenasa activa. La bioautografía es un método que hace posible localizar actividad antimicrobiana en un cromatograma. En contraste con un cromatograma desarrollado bajo condiciones idénticas y revelado con un reactivo cromogénico apropiado, puede proveer información extremadamente útil acerca de la naturaleza química de los principios activos (5).

3.2.2 Métodos de detección de la actividad larvicida:

Existen aproximadamente 3200 especies de mosquitos (Phylum Artropoda, Clase Insecta, Orden Dyptera, Familia Culicidae). Estos son clasificados en tres subfamilias: *Anophelinae*, *Culicinae* y *Toxorhynchintinae* (9). En esta

oportunidad se hará referencia a dos de las tres subfamilias: la subfamilia *Anophelinae* que contiene a uno de los géneros más importantes, *Anopheles*, y la subfamilia *Culicinae* que se clasifica en cinco tribus que son: *Aedini*, *Culicini*, *Culusetini*, *Mansoni* y *Sabethini*. El *A. aegypti* es una especie perteneciente a la tribu *Aedini* (9).

Anopheles y *Aedes*, son géneros vectores de dos de las mas importantes enfermedades en el mundo, paludismo y dengue respectivamente, por lo que en décadas pasadas, con mayor frecuencia han sido probados compuestos naturales puros con actividad larvicida, ya que en esta forma se lucha contra dichas enfermedades (9).

El objeto de este estudio es la actividad contra larvas pertenecientes a los géneros ya descritos, las cuales, al igual que los demás mosquitos pasan por cuatro fases de muda denominadas estadios. Las formas que adquieren cada una de estas fases se llaman "instars" o estadios y son morfológicamente similares excepto por el incremento secuencial del tamaño (10,11).

El ensayo contra larvas es un método simple y rápido. El método a utilizar fue adaptado del usado por Agrochemical División of CIBA-GEIGY A.G. y el Laboratorio del Prof. Hostettmann en Suiza, para probar extractos crudos, fracciones y compuestos puros (9).

El método en tubo consiste en colocar los huevos de *A. aegypti* en un disco de papel filtro, para cada serie de prueba una pequeña pieza de papel filtro que contiene los huevos es cortada e incubada por 24 horas con agua del grifo. Esta agua debe haber reposado 72 horas antes para eliminar el cloro.

Las larvas empiezan a ser visibles después de unas pocas horas y después de 24 horas (esta representa el II estadio) que es la forma como son utilizadas para las pruebas (9).

Las muestras lipofílicas (extractos o compuestos puros) son solubilizadas en dimetilsulfóxido (DMSO), y los extractos acuosos o compuestos polares son disueltos en agua destilada, ambos llevados a una concentración de 1% con agua del grifo.

Los extractos son probados en un tamizaje preliminar de 500 ppm y solamente aquellos con 100% de mortalidad son ensayados en otras diluciones geométricas. Los tubos son llenados con aproximadamente 5 ml de agua del grifo, luego los extractos o compuestos solubilizados en DMSO o en agua destilada son añadidos. Aproximadamente 20 larvas son colocadas en los tubos que contienen la solución de prueba. El volumen es ajustado a 10.0 ml con agua del grifo. Los tubos son incubados en un lugar oscuro (9).

La concentración letal 100% (mínimo de concentración en que todas las larvas están muertas CL_{100}) se determina después de 30 minutos y después de 24 horas. La evaluación es hecha exponiendo los tubos contra una fuente de luz. Las larvas activas o vivas pueden ser vistas moviéndose, mientras que las muertas caen al fondo o están suspendidas en la interfase agua-aire (9).

3.2.3 Estudios de la actividad larvívora vegetal:

Desde 1980, se han realizado estudios con bacterias entomopatógenas como *Bacillus thuringiensis* y *B. sphaericus*, para obtener nuevas formas de control biológico de mosquitos vectores, dichas bacterias tienen efectividad contra larvas jóvenes de *A. aegypti* y *Culex quinquefasciatus* (12,13).

En 1986, Zeibitz encontró la azadirachtina, triterpeno policíclico del árbol de la India, *Antelea azadirachta* que demostraba efectos insecticidas sobre los mosquitos y además alteraba fuertemente el crecimiento del adulto de *A. aegypti* cuando se aplica a larvas de cuarto estadio (14).

En 1988 se informa sobre extractos de frutos maduros del árbol africano *Melia volkensii*, que inhiben el crecimiento en larvas de *A. aegypti* además de producir altos niveles de mortalidad (14).

En 1997, se reporta una prueba larvicida para varias especies de plantas, entre ellas los extractos de *Rhizophora apiculata* en éter de petróleo y acetona, contra cuatro estadios de *C. quinquefasciatus*, en dicho estudio se evaluó la mortalidad a las 24 horas y se realizó con cuatro replicas. Los valores de CL_{50} (concentración letal 50%) se calcularon en base al programa Finney, se encontró que los extractos en acetona y éter de petróleo de *R. apiculata* fueron efectivos en CL_{50} de 53.7 mg/ml y 25.7 mg/l respectivamente (15).

En el mismo año, se realizó un ensayo obteniendo distintos compuestos a partir de hojas, flores y fruto de *Magnolia salicifolia*, se encontraron seis compuestos con actividad larvicida para cuatro estadios de *A. aegypti*, se evaluó el 100% de mortalidad a una concentración de 100 ppm a las 24 horas (16).

En un ensayo utilizando los extractos acuosos de 63 plantas del desierto colectadas en el Neguev contra larvas de *A. aegypti* de cuatro días de edad y agua desionizada como control, la mortalidad se determinó por conteo de las larvas muertas. La estimación del potencial tóxico se basó en el tiempo requerido para la muerte de las larvas, la toxicidad se traduce como alta toxicidad (3 horas), moderada toxicidad (6 horas) y baja toxicidad (12 horas). Las siete plantas que mostraron niveles

altos de toxicidad se utilizaron para determinar la CL_{50} . Para dicha determinación se utilizaron diferentes diluciones de los extractos y se realizó el conteo de larvas muertas a las 12 horas. Para obtener la concentración a la cual el 50% de las larvas murieron se utilizó una curva de porcentaje de mortalidad vrs. la concentración del extracto (mg de compuestos solubles en agua por ml) (17).

Otro ensayo para determinar la actividad larvicida se realizó en 1998, se obtuvieron los extractos etanólicos crudos de las hojas (secas y frescas), pecíolos y corteza de *Gliricidia sepium*. Esta prueba se llevo a cabo contra larvas del tercer estadio de *Anopheles stephansi*, *A. aegypti* y *C. quinquefasciatus*, a una concentración de 16,000 ppm; se realizó con cuatro replicas y dos controles (uno de agua destilada y otro de agua destilada más etanol absoluto). Los resultados obtenidos muestran que todos los extractos etanólicos crudos son tóxicos para las larvas de las tres especies, causando el 100% de mortalidad (18).

En los últimos años se han estudiado los alcaloides derivados de *Nicotiana tabacum*, *Anabasis aphylla*, *Derris elliptica* y *Annona squamosa* los cuales han demostrado poseer potente actividad insecticida y de la misma forma se han analizado las acetogeninas de las Anonáceas como pesticidas (19,20).

3.3 Descripción de las especies seleccionadas:

3.3.1 *Acalypha arvensis* Poepp. & Endl. (Hierba del Cáncer; Gusanillo, Matagusano, Corrimiento, Sajoi, Ccul, Ztajnoy)

3.3.1.1 Familia: Euphorbiaceae.

3.3.1.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica.

3.3.1.3 Descripción botánica y hábitat: Planta anual, erecta o ascendente, usualmente de 50 cm de alto o menos, simple o ramificada, tallos algunas veces elongados, postrados y rotan en la parte baja de los nudos, escasamente pilosa o glabra, densamente pubescente en las partes jóvenes; hoja membranosa, en pecíolo de 2 a 3.5 cm de largo, rómbico-ovado o rómbico-lanceolado, mayormente 3 a 7 cm de largo, aguda u obtusa, obtusa en la base, palmatinervada, crenada-aserrada, pilosa en ambas superficies, con escasos pelos o algunas veces glabro; espiga delgada-pedunculada, axilar, andrógina, las superiores casi totalmente pistilada, 1.5 a 2.5 cm de largo, 10 a 13 mm de ancho, soportando unas pocas flores estaminadas en el ápice; la espiga inferior casi totalmente estaminada, 2 mm de grosor; bráctea de 5 mm de ancho, 4 a 7 lóbulos en el medio, los lóbulos triangular-ovado, filiforme-acuminado, hirsuto, algunos de los pelos de tipo glandular; los estilos lacínulados; cápsula de 2 mm de ancho; semillas ampliamente ovoides, 1 mm de largo.

Lugares húmedos o lluviosos, 1500 m o menos; Petén; Alta Verapaz; Izabal; El Progreso; Zacapa; Santa Rosa; Escuintla; Guatemala; Suchitepéquez; Retalhuleu; San Marcos; Huehuetenango. Sur de México; Belice; Honduras; Costa Rica; Panamá; Martinica; Sur América (21).

3.3.1.4 Usos: En Guatemala se usa como diurético, en tratamiento de afecciones gastrointestinales, alergia, cáncer, dolor de cabeza y menstrual, enfermedades venéreas, reumatismo, pielonefritis, afecciones de la piel y lavados vaginales,

picadura de serpientes; en Honduras se usa para tratar úlceras de la piel o del estómago, contra granos, mal de orina y dolores de vientre (22,23).

3.3.1.5 Propiedades y Composición: Se ha determinado que la tintura posee actividad antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* (25). De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan estudios fitoquímicos realizados.

3.3.2 *Acalypha polystachya* Jacq. (Hierba del Cáncer)

3.3.2.1 Familia: Euphorbiaceae.

3.3.2.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica.

3.3.2.3 Descripción botánica y hábitat: Planta anual erecta de 1 m o menos de alto, el tallo un poco succulento, grueso, mayormente simple, a veces fistuloso, puberulento cuando es joven; hojas delgadas en pecíolos de 4 a 12 cm de largo, ovadas o ampliamente ovadas, aproximadamente 10 cm de largo y 6 a 9 cm de ancho o frecuentemente más pequeñas, agudas o abruptamente corto-acuminadas, generalmente redondeada en la base, finamente y densamente serradas, en el haz finamente pilosa o glabra, más pálido en el envés, glabra, punctada, palmadas 3 a 5 nervios; flores monoicas, la espiga estaminada axilar, 4 cm de largo o menos, delgado, denso; la espiga pistilada principalmente terminal, los frutos de aproximadamente 15 cm de largo y 1 cm de ancho, denso o a veces interrumpido por debajo; brácteas pistiladas 9 a 11 partes cercana a la base, los segmentos casi setosos, escasamente estipitada-glandular, una flor, el fruto de 1 cm de longitud; ovario glabro, los estilos 2 a 4 bifurcaciones;

cápsula de 4 a 5 mm de diámetro; semillas ovoides aproximadamente de 3 mm de largo, aguda, escrobiculada-rugosa (21).

Lugares o campos húmedos, se puede encontrar en cultivos, 400 m o menos; Zacapa; Suchitepéquez; San Marcos; Huehuetenango. México; Costa Rica (21,24).

3.3.2.4 Usos: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan usos conocidos.

3.3.2.5 Propiedades y Composición: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan estudios realizados.

3.3.3 *Acalypha pseudoalopecuroides* Pax & Hoffm. (Hierba del Cáncer)

3.3.3.1 Familia: Euphorbiaceae.

3.3.3.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica

3.3.3.3 Descripción botánica y hábitat: Plantas anuales, 50 cm de alto o menos, erecta, usualmente con numerosas ramas extendidas, tallo densamente piloso y glandular-hirsuto, poco veloso en la base; hojas en pecíolos delgados de 1 a 2 cm de largo, delgadas, ovadas o ampliamente ovadas, 2 a 4.5 cm de longitud, 1.5 a 3 cm de ancho, agudas o acuminadas, redondeadas y algunas veces superficialmente cordadas en la base, crenadas, 5 nervios en la base, escasamente o densamente pilosa en ambas superficies, glabra, puncticulada, regularmente mas o menos glandular-pilosa; flores monoicas, la espiga estaminada terminal, 1 cm de largo, delgada, pedunculada; la espiga pistilada axilar, 1.5 a 2.5 cm de largo, 1 cm de ancho, pedunculada, muy densa, usualmente unisexual,

muchas flores; brácteas pistiladas superficiales aproximadamente 7 dientes, los dientes agudos, densamente glandular-pilosa; ovario largo, piloso, el estilo corto, simple; cápsula pubescente, 2.5 mm de ancho; semilla 1.5 mm longitud (21).

Cerros húmedos o en quebradas, 200 a 500 m; Zacapa. Sur de México; Honduras (21).

3.3.3.4 Usos: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan usos conocidos.

3.3.3.5 Propiedades y Composición: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan estudios realizados.

3.3.4 *Annona reticulata* L. (Anona, Anonillo, Anona colorada, Tzumuy, Pac, Cahuex, Oopchi)

3.3.4.1 Familia: Annonaceae.

3.3.4.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica.

3.3.4.3 Descripción botánica y hábitat: Pequeño árbol, algunas veces de 12 m de altura, el tronco de 30 cm o menos de diámetro, la cima redondeada o extensa, las ramas jóvenes son grisáceas-seríceas, ligeramente glabras; hojas en pecíolos 8 a 12 mm de largo, membranosas, lanceoladas a oblongadas-lanceoladas, la mayoría de 10 a 20 cm de largo y 2 a 5 cm de ancho, mayormente largas-acuminadas, agudas a redondeadas en la base, a menudo negruscas cuando secas, pelos adpresos en ambos lados pero en breve glabra un poco pálida en el envés; inflorescencias levantadas desde la mitad de los internudos, raramente hojas opuestas, los pedicelos

grisáceos-seríceos, 1.5 a 2.5 cm de largo, sépalos redondeado-triangular acuminado, 2 a 3 mm de largo; pétalos linear-oblongado, obtusos, algunos dilatados en la base, puberulento de ambos lados, 1.5 a 2.5 cm de largo; fruto globoso-ovoide, 8 a 12 cm de diámetro y de largo, usualmente verde-rojizo oscuro o café-rojizo, casi liso, las aréolas ligeras; pulpa dulce, bastante insípida, algo como sebo (21,24).

Lugares húmedos o secos y bosques; común en cultivos, principalmente a 1200 m o menos, raramente campos de altas elevaciones; Petén; Alta Verapaz; Baja Verapaz; El Progreso; Zacapa (21).

3.3.4.4 Usos: En Guatemala y Honduras la decocción de las hojas se recomienda para tratar fiebres intermitentes, sífilis, inflamación vaginal, dislocaciones y fracturas; las raíces son importantes en el tratamiento de la epilepsia. La carnaza del fruto maduro se utiliza para tratar úlceras de la piel y para madurar abscesos. El polvo de las semillas se utiliza en Centroamérica y África con fines insecticidas y para tratar ectoparásitos. En México se usa en las afecciones gastrointestinales, el tratamiento de diarrea, disentería e inflamación intestinal (26,27,28,29,30).

3.3.4.5 Propiedades y Composición: El extracto alcohólico de la planta es activa contra *Streptococcus pneumoniae*. Raíces, tallos, hojas y semillas poseen una actividad insecticida y repelente (28,29,30).

La planta entera contiene compuestos fenólicos, diterpenos, alcaloides bencilisoquinolinas y taninos. Se han identificado los siguientes terpenoides: elemol, eudesmol y cardinol. Además de la dopamina, se han

identificado 6 alcaloides en diversas partes de la planta, alcaloide isoquinoleico simple: salsolinol; del tipo benziltetrahidroisoquinoleico: reticulina y coclaurina; del tipo aporfinoide: anonaína y norushinsunina; del tipo oxoaporfínico: liriodenina (28,29,30).

3.3.5 *Bixa orellana* L. (Achiote, Achiotillo, Chaya, Xayau, Oox, Ox)

3.3.5.1 Familia: Bixaceae.

3.3.5.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica

3.3.5.3 Descripción botánica y hábitat: Árbol o arbusto, comúnmente de 2 a 8 m de altura, en Guatemala se encuentran hasta de 12 m, usualmente con copa densa redondeada y un tronco corto, la corteza de color café oscuro, liso, el interior de color amarillo oscuro; hojas delgadas, mayormente persistentes, en pecíolos delgados, ovados o extensamente ovadas o deltoide-ovada, mayormente 8 a 20 cm de largo, acuminadas o largo-acuminadas, truncada o redondeada en la base y con 5 nervios, verde y por encima glabro, pálido por debajo, usualmente bastante densa pero con diminutas escamas; panículas ligeramente pequeñas, pocas o muchas flores; sépalos de 12 a 14 mm de longitud, con escamas de color café, obtusa; pétalos blancos o rosados, aproximadamente 2.5 de longitud pero variable en tamaño; cápsula ovoide, aguda o agudizada, comúnmente 2.5-4.5 cm de largo, densamente cubierto con largas o cortas, espinas flexibles, café-rojizas; semillas numerosas, cubiertas por abundante pulpa rojo-anaranjada (21,22,23,24,26).

Plantada comúnmente en fincas, principalmente a los 1000 m o menos, ocasionalmente en campos o

elevaciones; común en lugares secos de las tierras bajas especialmente en la planicie del Pacífico; Petén; Alta Verapaz; Baja Verapaz; Izabal (mayormente en cultivos); El Progreso; Zacapa (puede ser rara); Chiquimula; Jutiapa; Santa Rosa; Escuintla; Sacatepéquez; Quezaltenango; Chimaltenango; Suchitepéquez; Retalhuleu; San Marcos; se encuentra generalmente en cultivos en todos o algunos de los departamentos. México a Belice, Panamá y Sur América (21).

3.3.5.4 Usos: En Guatemala y Honduras se usa como colorante natural, repelente de insecto, se usa contra disentería y diarrea, en caso de amigdalitis, quemaduras, sarampión, para curar el paño y alergias en la cara, como diurético, afrodisíaco, en enfermedades cardíacas, hemorragias, dolores estomacales, laxante. En México se usa contra la lepra, sarpullido en recién nacido, heridas, digestivo, diarrea, para calmar la fiebre y desaparecer tumores, además para disminuir la inflamación externa e interna de la garganta (3,22,23,26,31).

3.3.5.5 Propiedades y Composición: Estudios antibacterianos demuestran que la tintura de raíz es activa contra *Salmonella typhi*; las tinturas de corteza y hojas son activas contra *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *S. aureus*, *S. typhi* y *Shigella flexneri*; la tintura de hojas es activa contra *Neisseria gonorrhoeae*; mejor disolvente etanol, CMI 5 mg/ml. La tintura de hojas y corteza es activa contra *Candida albicans*, *Aspergillus flavus*, *Epidermophyllum floccosum*, *Microsporum gypseum* y *Trichophyton rubrum*; mejor disolvente etanol, CIM 10 mg/ml. La infusión de hojas es activa contra *Trichomonas vaginalis*; el fruto contra virus vaccinia (3).

El extracto acuoso de semillas contiene 900-2000 UI/g de vit A, carotenoides (β -caroteno, bixina, norbixina), aminas, flavonoides, leucoantocianinas, triterpenos y taninos. Las hojas contienen alcaloides, flavonoides y sesquiterpenos (ishwarano) (3).

3.3.6 *Chrysophyllum cainito* L. (Caimito)

3.3.6.1 Familia: Sapotaceae.

3.3.6.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica.

3.3.6.3 Descripción botánica y hábitat: Un atractivo árbol de 8 a 30 m de alto, con una copa extensamente densa, el tronco muchas veces de un metro de diámetro, las ramas densamente café-seríceas; hojas corto-pecioladas, elípticas a oblongadas-elípticas, subcoriáceas 5 a 15 cm de largo, verde profundo y glabra por encima, densamente café serícea en el envés, abruptamente aguda u obtusa, obtusa o subaguda en la base; flores lavanda o amarillo pálido, usualmente numerosas en cada fascículo, los pedicelos aproximadamente de 1 cm de largo; sépalos 1.5 mm de largo, densamente café-seríceos; corola 3.5 a 5.5 mm de largo, serícea en la superficie, 5 a 7 lóbulos, los lóbulos alrededor igualando al tubo; ovario 6 a 11 celdas, tomentosa; estambres mas cortos que los lóbulos de la corola; fruta usualmente globosa o depresso-globosa, algunas veces elipsoide de 5 a 8 cm de ancho o mas, verde o púrpura intenso con varias semillas (21,26).

Cultivada comúnmente en todas las partes de la tierra caliente, a 900 m o menos y algunas veces se encuentra mas o menos naturalizada, pero no es nativa en América Central; quizás nativa en el Occidente de la India,

pero posiblemente desconocida en estado silvestre; nativa de América, pero también plantada en los trópicos del Viejo Mundo (21).

3.3.6.4 Usos: La hojas se utilizan en Guatemala contra la fiebre, gonorrea, retención urinaria, afecciones gastrointestinales e inflamación bucofaríngea, posee propiedades astringentes, pectorales diuréticas, tónicas y febrífugas. En México, se utiliza el cocimiento de la corteza en disentería. El jugo lechoso (látex) del tronco se usa en Colombia como diurético, antidisentérico, febrífugo. En Brasil este se usa como catártico. En Costa Rica la infusión de la corteza se usa como tónico y febrífugo. Los frutos redondos son muy dulces y apetecidos, se come crudo; la madera es muy útil (en las islas del Príncipe Eduardo de Canadá); es cultivado también como ornamental (26,27,31,32,33).

3.3.6.5 Propiedades y Composición: Estudios antimicrobianos demuestran que el extracto etanolico en agua (1:1) de la corteza es activo contra *N. gonorrhoea* (34). Toda la planta es rica en taninos, las hojas contienen triterpenos no identificados y trazas de alcaloides (31).

3.3.7 *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Madre cacao, Yaité, Cante, Matasarna, Cansim)

3.3.7.1 Familia: Papilionaceae.

3.3.7.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica.

3.3.7.3 Descripción botánica y hábitat: Un árbol, rara vez mas de 10 m de alto, la cima extensa o piramidal, el tronco de 30 cm o menos de diámetro, frecuentemente desde cerca de la base, la corteza café oscuro, rugosa con protuberancias

blancas, las ramas son puberulentas cuando jóvenes, en breve glabra; estípulas ovadas a lanceoladas, 2 mm de largo; hojas deciduas, 7 a 17 foliolos, lance-oblongada a ovados o elípticos, 3 a 7 cm de largo, 2 a 3 cm de ancho, aguda o obtusa-acuminada, aguda en la base, escasamente seríceas en ambas superficies, glabra con el tiempo, encima verde, ligeramente maculado con lavanda por debajo; racimos 5 a 10 cm de largo, muchas flores y frecuentemente densas, las brácteas ovadas, 1 mm de largo, los pedicelos 5 mm de longitud; cáliz puberulento o casi glabro, 4 a 5 mm de largo; corola 1.5 a 2 cm de largo, rosado brillante o casi blanco; vaina de 10 a 15 cm de largo, 1 a 1.5 cm de ancho, corto-estipitada, glabra, las valvas gruesas y algo leñosas; semillas lenticulares, café oscuro, aproximadamente 1 cm de largo (21,22,23,24).

Lugares secos o planicies, frecuentemente en campos, 1600 m o menos; Petén; Alta Verapaz; Baja Verapaz; Izabal; Zacapa; Chiquimula; Jalapa; Jutiapa; Santa Rosa; Escuintla; Guatemala; Sacatepéquez; Suchitepéquez; Retalhuleu; San Marcos; Huehuetenango. México; Belice a El Salvador y Panamá; Colombia a las Guyanas (21).

3.3.7.4 Usos: La corteza se usa en Guatemala contra el empeine o impétigo y para matar ratones, el cocimiento de las hojas se usa para tratar afecciones gastrointestinales, respiratorias y de la piel, paludismo y paperas, la raíz se usa para aliviar el dolor de garganta, afecciones del riñón, ictericia y edema, las hojas y corteza se utilizan como antiséptico, antimalárico, cicatrizante, expectorante y febrífugo. En México se usan las hojas como

antihistamínico, antipirético, diurético, facilita el parto (3,22,23,32).

3.3.7.5 Propiedades y Composición: Estudios antimicrobianos demuestran que la tintura de las hojas es activa contra *N. gonorrhoea* con un espectro de inhibición de 80% de cepas patógenas. La decocción de hojas es activa contra *Microsporium canis* y *Trichophyton mentagrophytes*, tiene una CIM de 100-200 mg/ml y presenta actividad fungicida y fungistática. Los órganos con mayor actividad son la corteza, flores y raíz; el mejor disolvente es el etanol, se confirmó la actividad antifúngica pero no se demostró actividad contra *A. flavus*.

El extracto clorofórmico de la corteza tiene actividad antifúngica (50 µg) (3). Las semillas y raíces tienen actividad insecticida, repelente y rodenticida, particularmente contra áfidos, coccidios, *Culex* sp., *Diacrisis virginica*, moscas, *Heliothis armigera*, *Hydrellia philippia*, *Nymphula depunctalis* y *Spodoptera eridania*; las hojas y pecíolos son inactivos contra otras larvas (*C. quinquemaculatus*, *Diaphania hyalinata*, *Laphygma frugiperda*, *Plutela maculipennis*, *Serotoma ruficornis*). El extracto con éter de petróleo de frutos y hojas tiene actividad insecticida (*A. aegypti*) (3).

El tamizaje fitoquímico de las hojas indica la presencia de alcaloides no cuaternarios, saponinas, esteroides insaturados, flavonoides y polifenoles. Las hojas y corteza contienen flavonoides (2'-O-metilsepiol, sepiol, 7,3',4'trihidroxoflavanona, robinetina), carbohidratos (pinitol), cumarinas y ácidos o-cumarínico y melilótico. El duramen contiene flavonoides (isoflavones, 2 butin

(flavanona), isoflavan fenólico, isoflavona (gliricidin 6 α), dehidroflavanol (sepinol 7 α), gliricidol, isomucronulatol, robinetina) y β -hidroxidihidrochalcona (gliricidol 9 α). Las flores contienen flavonoides (astragalina, robinina, sepinol, trifolina) y carbohidratos. Las semillas contienen canavanina (3).

3.3.8 *Guazuma ulmifolia* Lam. (Caulote, Tapaculo, Contamal, Pixoy, Xuyuy)

3.3.8.1 Familia: Sterculiaceae.

3.3.8.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica

3.3.8.3 Descripción botánica y hábitat: Arbustos o árboles, comúnmente de 12 m de altura o menos, algunas veces de mas de 20 m, la corteza de color café grisáceo pálido o café oscuro, el interior de la corteza de color rosáceo a café pálido; hojas corto-pecioladas, oblongadas o ampliamente ovadas, mayormente de 5 a 15 cm de largo, agudas o largo-acuminadas, redondeadas a profundamente cordadas en la base, aserrada, verdes y glabras o mas frecuentemente densamente estrellada-tomentosa; flores pequeñas, amarillo pálido, amarillo verdoso, o blancuzco, fragante, en pequeñas cimas axilares; cáliz estrellado-tomentuloso; pétalos de 3 mm de largo; fruto duro y leñoso, globoso o ampliamente oval, 2 a 4 cm de largo, verde, amarillento o negruzco, densamente cubierto con cortos y duros tuberculos, las semillas muy numerosas, largas y duras (21,22,23,24,26).

Llanuras secas o húmedas, Petén; Alta Verapaz; Baja Verapaz; Izabal; Zacapa; Chiquimula; Jutiapa; Santa Rosa; Escuintla; Guatemala; Suchitepéquez; Retalhuleu; San Marcos; Huehuetenango. Desde México a Belice, Panamá y América del Sur (21).

3.3.8.4 Usos: En Guatemala se utiliza para la gripe, en Cuba para la disentería, en Venezuela para el sarampión, en México para la inflamación intestinal, estreñimiento, en Colombia para acelerar el parto y como diurético (3,22,23,26).

3.3.8.5 Propiedades y Composición: Estudios realizados demuestran que la hoja es activa contra herpesvirus (3). El extracto de hojas es potente inhibidor de células KB (97.3%), también se ha determinado que el extracto etanol-agua (1:1) de la corteza es activo contra *N. gonorrhoea* (34). Además el extracto etanólico al 50% es activo contra *Shigella dysenteriae* (35). El extracto etanólico (95%) de la corteza y fruto es activo contra *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Cladosporium cucumerinum* y *Penicillium oxalicum* (36). Se ha encontrado que la tintura (10%) es activa contra *B. subtilis*, *E. coli* y *S. aureus* (25).

El tamizaje fitoquímico indica que la hoja contiene cafeína y sesquiterpenos. La corteza contiene bufadienólicos, cardenólidos, esteroides insaturados, flavonoides, leucoantocianinas y β -sitosterol y terpenoides. Las flores contienen flavonoides (3,37,38).

3.3.9 *Lippia graveolens* HBK. (Orégano)

3.3.9.1 Familia: Verbenaceae

3.3.9.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica

3.3.9.3 Descripción botánica y hábitat: Arbustos esbeltos de 2 m de alto, las ramas cortas, pilosas; hojas en pecíolos usualmente de 5 a 10 cm de largo, las láminas oblongas o elípticas o ovadas-oblongas, 2 a 4 cm de largo, usualmente obtusa o redondeada en el ápice, algunas veces aguda, redondeada o subcordada en la base, densamente piloso en el haz, suave al tacto, glandular y densamente tomentosa o pilosa en el envés, los márgenes finamente crenados; pedúnculos 2 a 6 en las axilas de las hojas, 4 a 12 mm de largo; flores espigas subglobosa a oblonga, 4 a 12 mm de largo; brácteas en 4 filas, ovada o lanceolada, aguda, glandular y densamente pilosa; cáliz de 1 a 2 mm de largo, glandular y vellosa; corola blanca, el tubo estriguloso, 3 a 6 m de largo (21,22,23,24).

Laderas rocosas o llanuras húmedas, 350 m o menos; Petén, Zacapa. Sur de Texas; México; Nicaragua (21).

3.3.9.4 Usos: En Centroamérica se utiliza como saborizante para las comidas, se usa en espasmos e inflamaciones, para inducir la menstruación, antitusivo y expectorante, otros usos reportados son remedio para la diarrea y disentería y como remedio para la diabetes. En México se utiliza como emenagogo y expectorante. (22,23,27,39).

3.3.9.5 Propiedades y Composición: La tintura e infusión de las hojas es activa contra *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. typhi*, *S. flexneri*, *S. aureus*, *S. pneumoniae* y *S. pyogenes*. Los extractos con diclorometano y etanol son activos contra *C. albicans*, *A. flavus*, *E. floccosum*, *M. gypseum* y *T. rubrum*. La CIM del extracto diclorometánico contra bacterias es 10 mg/ml y del etanol es 1.75 mg/ml; la CIM de la actividad contra *M. gypseum* es 2.5 mg/ml (3).

El tamizaje fitoquímico demostró la composición de las hojas: aceite esencial (1.8%), glicósidos saponínicos, taninos y triterpenos, celulosa, pigmento y elementos minerales, además flavononas (pinocembrina, naringenina) y lapachenol; la corteza y raíz contienen glicósidos saponínicos, aceite esencial y taninos (3).

3.3.10 *Petiveria alliacea* L. (Apacina, Hierba de zorrillo, Zorrillo, Apazote de zorro, Epacina, Ipacina, Apacín, Epacín, Hierba de zorro)

3.3.10.1 Familia: Phytolaccaceae.

3.3.10.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica.

3.3.10.3 Descripción botánica y hábitat: Plantas rígidamente erectas y aproximadamente 1 m de alto o menos, frecuentemente leñosa por debajo, las ramas jóvenes son puberulentas o glabras; pecíolos de 1.5 cm de largo o menos, las láminas de las hojas son oblongas a elípticas o obovadas, 5 a 15 cm de largo, 2 a 6 cm de ancho, acuminada a redondeada en el ápice, estrecha a la base aguda o cuneada, verde brillante, delgada, glabra o escasamente pubescente; racimos delgados, 10 a 35 cm de longitud, las flores subsésiles o en muchos pedicelos cortos; sépalos blanco verdusco, oblongo-linear, 3.5 a 4

mm de largo; fruto adpreso al raquis del racimo, remotamente cuneado, aproximadamente 8 mm de largo (21,22,23,24,26).

Campos secos o húmedos, principalmente en tierra caliente, asciende a 1500 m (como Antigua y talvez otros sitios); Alta Verapaz; Zacapa; Chiquimula; Santa Rosa; Escuintla; Guatemala; Sacatepéquez; Retalhuleu; San Marcos; indudablemente departamentos de tierras bajas. Florida y Texas hasta México, Belice, Panamá y Sur América (21).

3.3.10.4 Usos: En Guatemala se usa para inducir la menstruación. En Trinidad se utiliza en dismenorrea, enfermedades venéreas y desordenes del útero, sirve para aliviar la irritación. En Puerto Rico se utiliza en asma, inflamación de la vejiga, histerismo y cólera. En Cuba se usa en afecciones de la piel, artritis, dolor de muela y en el tratamiento del cáncer. En Panamá para resfriados, calambres, como febrífugo. En otros lugares se usa como remedio para mordeduras de serpientes. En Brasil tiene una acción abortiva, es antiespasmódica, diurética, antirreumática, para aliviar el dolor de parto y de muela, otro de los usos que se le da es como insecticida y repelente de insectos (3, 21,22,23,26).

3.3.10.5 Propiedades y Composición: El cocimiento de las hojas presenta ligera actividad contra *E. floccosum*. El extracto etanólico es activo contra *Plasmodium falciparum* en dosis de 100 mg/ml (3). El aceite esencial de hojas obtenido por extracción con éter de petróleo demostró actividad supresora de la alimentación en la fase larvaria de algunos insectos fitopatógenos (*Attagenus piceus*),

actividad insecticida contra insectos adultos (*Cimex lectularius*, *Musca domestica*, mosquitos) y actividad repelente contra polilla de ropa. El extracto alcohólico de hojas tiene actividad nematocida contra *Meloidogyne* spp. (3).

El tamizaje fitoquímico de las hojas contiene: esteroides (β -sitosterol), terpenoides (isoarbinol, acetato y cinamato de isoarbinol), saponinas, polifenoles y taninos. En la raíz se han identificado al menos 19 cumarinas, tritiolaniacina, 3,5-difenil-1,2,4-tritiolan, difeniltrisulfuro, trans-stilbene, tras-N-4-metil-prolina, pinitol, alantoina, ácido lignocérico, a-friedelinol, tritiolaniacina, benzaldehido y ácido benzóico (3).

3.3.11 *Rauvolfia tetraphylla* L. (Chalchupa, curarina)

3.3.11.1 Familia: Apocynaceae.

3.3.11.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica

3.3.11.3 Descripción botánica y hábitat: Usualmente un arbusto de 1 m de alto o menos, pero a veces puede ser un pequeño árbol de 4 m, con abundante látex blanco, usualmente muchas ramas, finamente pubescente, o completamente glabro; hojas en verticilo de 4, algunas veces 3 o 5, muy desigual, oblongadas-elípticas o ovadas-elípticas, 2 a 13 cm de largo, 1 a 5 cm de ancho, agudas u obtusas, ampliamente aguda u obtusa en la base, los pecíolos 1 a 7 mm de largo, glandular; inflorescencias condensadas, mas cortas que las hojas. Algunas o muchas flores, los pedicelos 2 a 3 mm de largo; cáliz lobado-ovado u ovado-lanceolado, agudo o subobtusado, 1.5 a 3 mm de largo, glabro o puberulento;

corola puberulenta-papilar o glabra, el tubo 2.5 a 4 mm de longitud, algo constricta en la inserción de los estambres, los lóbulos indirectamente ovado-redondeado 1 a 1.5 m de largo; estambres insertados alrededor de la mitad del tubo de la corola; drupa subglobosa, 5 a 8 mm de diámetro, convirtiéndose roja y en la madurez negra (21,24).

Lugares secos o húmedos, 2000 m o menos, comúnmente a 500 m o menos; Petén; Izabal; Baja Verapaz; El Progreso; Zacapa; Jutiapa; Santa Rosa; Escuintla; Suchitepéquez; Chimaltenango (probablemente plantada); Retalhuleu; San Marcos; Huehuetenango. Indias Occidentales; México; Belice a El Salvador y Panamá. Introducido en India (21).

3.3.11.4 Usos: En Guatemala es empleada comúnmente en el tratamiento de la malaria, y tiene gran reputación como antídoto en mordedura de serpientes. En México se utiliza para problemas de la piel, verrugas y curar heridas, sarna, como antiséptico, antirreumático (3,22,23).

3.3.11.5 Propiedades y Composición: Estudios antibacterianos demuestran que los extractos acuoso y etanólico de la planta completa son inactivos contra *E. coli* y *S. aureus*. Estudios antifúngicos demuestran que la tintura de hoja no presenta actividad contra hongos patógenos (*A. flavus*, *E. floccosum*, *M. gypseum*, *T. rubrum*) a 200 mg/ml (3).

El tamizaje fitoquímico de la planta completa indica la presencia de alcaloides, glicósidos cardiotónicos, taninos y triterpenos. Contiene múltiples alcaloides (ajmalicina, ajmalina, aricina, carpagina, chalchupina

(A,B) deserpidina, heterofilina, isoreserpina, raujemidina, reserpidina, reserpilina, reserpina, rauvolscina, tetrafilicina, tetrafilina, α -yohimbina)(3).

3.3.12 *Simarouba glauca* DC. (Aceituno, Negrito, Jucumico, Zapatero, Pasac, Chapascuapul, Jocote de mico)

3.3.12.1 Familia: Simaroubaceae

3.3.12.2 Procedencia para el estudio: Etnobotánica.

3.3.12.3 Descripción botánica y hábitat: Árbol pequeño o de talla mediana; generalmente de 15 m de alto con un tronco de 30 cm o mas de diámetro, glabro; hojas largas, los foliolos mayormente 10-20, coriáceos, oblongos o remotamente oblongos, algunas veces obovados-oblongos, mayormente 5 a 10 cm de largo, redondeados en el ápice, agudo y desiguales en la base, encima verde, verde claro o pálido en el envés, los márgenes frecuentemente revolutos; paniculas grandes, frecuentemente mas largas que las hojas, ligeramente abiertas y laxo, las flores blancuzcos; cáliz 3 a 3.5 mm de ancho, los lóbulos ovados o triangulares obtusos o agudos, ciliolado; pétalos oblongos u ovados , 4 a 6 mm de largo; drupa oval u oblongo-oval, mayormente 1.5 a 2 cm de largo, un poco oblicuo, con una pulpa blanca gruesa, anteriormente roja, tornándose negra cuando madura (21,22,23,24).

Bosques húmedos o lugares secos, generalmente en lugares altos abiertos y rocosos, común en muchas regiones, 900 m o menos; Petén; Baja Verapaz; Izabal; El Progreso; Zacapa; Chiquimula; Jutiapa; Santa Rosa;

Retalhuleu; Quiché. El Sur de Florida; Sur de México; Belice; El Salvador ; Panamá y Cuba (21).

3.3.12.4 Usos: En Guatemala el fruto es comestible. En Republica Dominicana se utiliza para eliminar piojos. En Honduras para la caspa, diarrea, para botar la placenta, para eliminar granos y parásitos. En México se usa como febrífugo y para la amebiasis, (3,22,23).

3.3.12.5 Propiedades y Composición: Estudios antibacterianos demuestran que la tintura de hojas es activa contra *S. typhi* y *S. flexneri*. Ha demostrado actividad antimalárica sobre *Plasmodium gallinaceum*. La infusión de corteza tiene actividad contra esquizontes de *Plasmodium bergheii* similar a la droga de referencia (artemisina, 50 mg/kg) (3).

Las hojas y corteza contienen flavonoides, polifenoles, sesquiterpenlactonas, taninos, alcaloides y cuasinoides. Las semillas contienen lípidos, alcoholes triterpénicos, ésteres de esteroides y del glaucarrubol y glaucarrubina, hasta 62% de aceite y un glicósido cristalino tóxico (fórmula $C_{22}H_{36}O_9$). La semilla contienen agua (24.0%) y grasa (45.5%) (3).

3.3.13 *Phytolacca rivinoides* Kunth & Bouché (Jaboncillo, Pinta-machete, Sacachán, Yaki)

3.3.13.1 Familia: Phytolaccaceae.

3.3.13.2 Procedencia para el estudio: Bioprospección

3.3.13.3 Descripción botánica y hábitat: Plantas erectas de 1 a 1.5 m de altura o frecuentemente más elongadas, algunas de 3 m de longitud y soportada en otra vegetación, glabras;

12 cm de longitud y 2 a 6 cm de ancho, redondeadas o muy obtusas en el ápice, atenuadas o agudas en la base, subcoriáceas, lustrosas, pecíolos 3 a 8 mm de longitud; racimos 5 a 16 cm de longitud, 1.5 a 2 cm de ancho, muchas flores, los pedicelos sólidos, divaricados o algunos reflexos, 5 a 9 mm de longitud; brácteas tubulares-cilíndricas, 8 a 10 mm de longitud o menos, insertados en la base del cáliz, corto-estipitado; sépalos orbiculares, 1.8 mm de largo o menos; corola de aproximadamente 4.5 mm de largo, 3 a 4 lóbulos a la mitad; irregularmente dividido en anthesis, lóbulos reflexos, obtusos; 3 a 4 estambres; ovario de 3 a 4 celdas (21).

Bosque lluvioso de relativamente baja elevación; Izabal; Alta Verapaz, Belice; Costa Rica (21).

3.3.14.4 Usos: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan usos conocidos.

3.3.14.5 Propiedades y Composición: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan estudios realizados.

3.3.15 *Styrax conterminus* Donn. (Sin nombre común conocido)

3.3.15.1 Familia: Styracaceae.

3.3.15.2 Procedencia para el estudio: Bioprospección.

3.3.15.3 Descripción botánica y hábitat: Árbol de 7 a 10 m, las ramas escamosas-lepidotas; hojas en pecíolos de 1.5 a 2 cm de longitud, oblongas o lanceoladas-oblongas, 12 a 13 cm de longitud, 4 a 4.5 cm de ancho, acuminadas, cuneadas-agudas en la base, coriáceas, enteras, encima

muy escasamente lepidotas, en ambos lados densamente con cubierta entremezclada, blanco amarillento y escamas gris parduzco, los nervios y venas sumergidas encima y la superficie más o menos ampollosa, 9 a 10 pares de nervios laterales; inflorescencia racemosa, 4 a 5 cm de longitud, 3 a 5 flores, los pedicelos 7 a 15 cm de longitud; cáliz 4 mm de longitud y 5 mm de ancho, densamente escamosa, las escamas orbiculares sujetas por el centro, el margen de el cáliz truncado; el tubo de la corola 3 mm de longitud, los lóbulos de 11 mm de longitud, escamas-estrelladas en el exterior; ovario de escamas amarillentas, muchos óvulos en 3 celdas (21).

Bosque húmedo, frecuentemente en lugares rocosos a lo largo de arroyos, 1800 a 2500 m.; Zacapa; Quiché; Huehuetenango. México (Chiapas), El Salvador (21).

3.3.15.4 Usos: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan usos conocidos.

3.3.15.5 Propiedades y Composición: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan estudios realizados.

3.3.16 *Tillandsia guatemalensis* L.B. Smith (Pie de Gallo)

3.3.16.1 Familia: Bromeliaceae.

3.3.16.2 Procedencia para el estudio: Bioprospección.

3.3.16.3 Descripción botánica y hábitat: Mas de 1 m de alto; muchas hojas en roseta crateriforme, de 4 dm de largo, vaina conspicua, ovada o elíptica, pálida, café-punctulada, lámina ligulada, acuminada 2 a 4 cm de

ancho, subglabra, verde; escapo erecto, glabro; las brácteas del escapo imbricadas, foliaceas, con láminas divergentes a extendidas; inflorescencia usualmente amplia, pinnaticompuesta con una pequeña parte en las ramas dividida, ligeramente laxa, estrechamente piramidal o cilíndrica, 4 a 8 dm de largo; brácteas primarias lanceoladas a ampliamente ovadas con láminas acuminadas verdes, rojo, la parte baja igualando las ramas; ramas divergentes a extendidas, 5 a 15 cm de largo; brácteas secundarias pequeñas; espigas linear-lanceoladas, aguda, complanado, 6 a 26 flores, de 85 mm de largo, 10 mm de ancho; brácteas florales imbricadas, elípticas-ovadas, obtusas y apiculadas, 10 a 14 mm de largo, escasamente excediendo los sépalos, escasamente carinado, subcoriaceo, nervado, glabro; flores corto-estipitadas; sépalos lanceolados-ovados, posteriormente corto-connado y carinado; pétalos lineares, obtuso, excediendo los estambres y pistilos (21).

Bosques de neblina, bosques húmedos de baja montaña, bosques de pino-encino, bosques montanos húmedos; 1200 a 2600 m; Zacapa; Jalapa; Santa Rosa; Guatemala; Sacatepéquez; Chimaltenango; San Marcos; Honduras; El Salvador; Costa Rica (21).

3.3.16.4 Usos: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan usos conocidos.

3.3.16.5 Propiedades y Composición: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan estudios realizados.

3.3.17 *Tillandsia ponderosa* L.B. Smith (Tun – ék)

3.3.17.1 Familia: Bromeliaceae.

3.3.17.2 Procedencia para el estudio: Bioprospección

3.3.17.3 Descripción botánica y hábitat: Planta de 7 a 8 dm de alto; hojas rosuladas, parecidas a la inflorescencia, vainas largas, elípticas, verde-amarillo a púrpura, punctulada-lepidota, lamina linear-triangular, acuminada, 4 a 5 cm de ancho, cubiertas en ambos lados con escamas adpresos cinereas, café; escapo erecto, grueso; brácteas foliaceas, largas, densamente imbricadas; inflorescencia bipinnada, ampliamente elipsoide o subglobosa; brácteas primarias, subrectas, subfoliaceas, su vaina suborbicular, se distinguen por ser más cortas que las espigas, su lámina excediendo las espigas inferiores; espigas corto-estipitadas, ampliamente lanceoladas, agudas, complanadas, 15 cm de largo, 4 cm de ancho, aproximadamente 8 flores; brácteas florales densamente imbricadas, de 55 mm de largo excediendo los sépalos, elíptica, aguda, marcadamente carinada, un poco encorvada, coriacea, incluso ligeramente nervada, rojo o anaranjado; sépalos oblongos, ampliamente agudo, 4 a 5 cm de largo; pétalos lineares, purpúreos; anteras exsertas. (21,40).

Endémica; abunda en bosques montano húmedos, bosques montano nubosos. El Progreso; Zacapa; Jalapa, Chimaltenango, Huehuetenango; Guatemala (21,40).

3.3.17.4 Usos: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan usos conocidos.

3.3.17.5 Propiedades y Composición: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan estudios realizados.

3.3.18 *Tillandsia yunckeri* L. (Sin nombre común conocido)

3.3.18.1 Familia: Bromeliaceae

3.3.18.2 Procedencia para el estudio: Bioprospección

3.3.18.3 Descripción botánica y hábitat: Planta de más o menos 5 dm de altura, muchas hojas en rosetas crateriformes, recta, de 4 dm de largo, la vaina es anchamente elíptica, de más o menos 15 cm de largo, densamente punctulada-lepidota, de lámina ligulada, aguda, 5 cm de ancho, aplanada; escapo erecto, grueso, glabro; brácteas del escapo densamente imbricadas, foliaceas; inflorescencia bipinada, escasamente piramidal, 2 dm de largo, la mitad apical densa; brácteas primarias suborbiculares con una lámina corta foliacea, excediendo y envolviendo estrechamente las espigas, rojo brillante, glabro, lustroso; espigas sésiles, ampliamente lanceolada, aguda, formada por cuatro flores de 65 mm de largo y 25 mm de ancho, complanada; las brácteas florales oval-lanceoladas, agudas, de 45 mm de largo, excediendo los sépalos, carinada, coriacea, glabra; sépalos lanceolados, acuminados, de 3 cm de longitud, carinados, los posteriores conados; pétalos tubulares erectos de 5-6 cm de largo (21).

Epífita de bosque denso, 900-2200 m; Suchitepequez, Quetzaltenango, San Marcos y Honduras (21).

3.3.18.4 Usos: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan usos conocidos.

3.3.18.5 Propiedades y Composición: De acuerdo a la revisión en la base de datos NAPRALERT no se reportan estudios realizados.

4 JUSTIFICACIÓN

El principal motivo en la búsqueda de la aplicabilidad de las plantas en el control de plagas, es sin duda el incremento en el uso de insecticidas sintéticos los cuales se han convertido en un riesgo para la salud del humano, así como para el ambiente, además del desarrollo de resistencia que los insectos han adquirido con el paso del tiempo.

El presente estudio pretende encontrar algún indicio de actividad contra las larvas de *A. aegypti* y *A. albimanus* y será un aporte en el descubrimiento de compuestos naturales que puedan utilizarse como insecticidas, evitando así el desarrollo de resistencia por parte de los vectores y la degradación del ambiente, con el fin de mantener el equilibrio ecológico sin afectar la biodiversidad.

Es importante que en Guatemala se realicen investigaciones que contribuyan al estudio de la biodiversidad con el fin de encontrar sustancias biocidas, en particular insecticidas de origen natural, que permitan un control epidemiológico de distintos vectores con eficiencia, bajo costo y mayor seguridad.

5 OBJETIVOS

5.1 General:

5.1.1 Aprovechar la biodiversidad de Guatemala como fuente de larvicidas de origen natural.

5.2 Específicos:

5.2.1 Validar una metodología para el análisis larvicida de extractos vegetales.

5.2.2 Determinar la actividad larvicida en un grupo de 18 especies vegetales, obtenidas por bioprospección y etnobotánica.

5.2.3 Establecer la concentración letal de los extractos con actividad larvicida.

6 HIPÓTESIS

Por lo menos uno de los extractos etanólicos de las 18 especies vegetales posee actividad larvicida a una concentración de 0.5 mg/ml.

7 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Muestreo:

7.1.1 Universo: 40 especies de plantas detectadas por etnobotánica a nivel nacional y una población de 66 especies por bioprospección en la Reserva Biosfera Sierra de Las Minas (41).

7.1.2 Muestra: 12 especies de plantas seleccionadas por etnobotánica y 6 especies de plantas seleccionadas por bioprospección.

7.2 Recursos Humanos:

Tesista: Br. Swizly Marlenne Arana Guerra

Asesor de Tesis: Lic. Armando Cáceres

Revisor de Tesis: Licda. Haydée Paniagua de Díaz

7.3 Recursos Materiales:

7.3.1 Institucionales:

Laboratorio del Departamento de Citohistología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Biblioteca de la Facultad de Agronomía

Biblioteca del Laboratorio FARMAYA S.A.

Sección de Entomología, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

7.3.2 Materiales y Equipo:

Rotavapor

Percolador

Balanza analítica

Balanza semianalítica

Microplacas de titulación de 96 pozos, fondo plano.

Placas de titulación de 24 pozos, fondo plano.

Pipetas automáticas (100, 1000 y 5000 ml).

Espátulas pequeñas.

Beakers (250, 500, 1000 ml)

Vórtice

Puntas amarillas, azules y blancas (Tips)

Viales de 4 ml

Viales de color ámbar

Molino manual

7.3.3 Reactivos:

Agua del grifo.

Etanol 80 y 95%

Larvas de *A. aegypti* y *A. albimanus* de cuatro estadios distintos.

Larvicida: ABATE® (Temephos).

Extractos etanólicos a ensayar.

7.4 Procedimiento:

7.4.1 Revisión bibliográfica

7.4.2 Se seleccionaron 12 especies de plantas provenientes de etnobotánica y 6 especies de bioprospección.

7.4.3 *Acalypha polystachya* Jacq., *Annona reticulata* L., *Bixa orellana* L., *Chrysophyllum cainito* L., *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Petiveria alliacea* L., *Rauvolfia tetraphyla* L. y *Simarouba glauca* DC., provenientes del Cantón Chiguaste del Municipio de Samayac, Departamento de Suchitepéquez.

7.4.4 *Phytolacca rivinoides* Kunth & Bouché, *Souroubea triandra* Lundell, *Styrax conterminus* Donn., *Tillandsia guatemalensis* L.B. Smith, *Tillandsia ponderosa* L.B. Smith, *Tillandsia yunckeri* L.,

provenientes de la Parcela Cerro el Mono, Río Hondo, Zacapa, Reserva Biosfera Sierra de las Minas.

7.4.5 *Lippia graveolens* HBK., proveniente de la Aldea El Oreganal, San Agustín Acasaguastlán, Departamento de El Progreso.

7.4.6 *Acalypha pseudoalopecuroides* Pax & Hoffm., *Acalypha arvensis* Poepp. & Endl. proveniente de la Aldea La Arenera, Río Hondo, Zacapa.

7.4.7 Se secó el material vegetal por medio de secadores solares a la sombra durante 3 a 5 días.

7.4.8 Se molió el material vegetal seco utilizando un molino mecánico.

7.4.9 Obtención y concentración de los extractos etanólicos:

7.4.9.1 Se pesó aproximadamente 400.0 g del material vegetal, se colocó en un percolador y se agregó Etanol al 80% hasta cubrir por completo, se dejó reposar por 24 horas.

7.4.9.2 Se percoló el mensturo y se sustituyó con Etanol al 80%.

7.4.9.3 Se realizó la concentración en un rotavapor, hasta obtener un extracto grado miel.

7.4.9.4 Se realizaron repeticiones de los pasos 7.4.9.2 y 7.4.9.3 de 4 a 5 veces hasta que el mensturo aclaró.

7.4.10 Determinación de la actividad insecticida, por medio de el Bioensayo larvicida:

7.4.10.1 Las larvas de *A. aegypti* y *A. albimanus* de los cuatro diferentes estadios se obtuvieron en la Sección de Entomología del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

7.4.10.2 El agua del grifo utilizada reposó por 72 horas antes de realizar la prueba, con el fin de eliminar el cloro.

7.4.10.3 0.002 g de extracto vegetal se disolvieron con 2 ml de agua del grifo reposada por 72 horas.

7.4.10.4 Se colocaron en cada pozo de la placa de microtitulación (por triplicado):

100 µl del extracto disuelto (1 mg/ml).

100 µl de agua del grifo conteniendo 10 a 15 larvas.

Control positivo:

100 µl del larvicida ABATE® (1 mg/ml).

100 µl de agua del grifo conteniendo 10 a 15 larvas.

Control negativo:

100 µl de agua.

100 µl de agua del grifo conteniendo 10 a 15 larvas.

Los extractos se probaron en un tamizaje preliminar de 0.5 mg/ml (500 ppm) y solamente aquellos con 100% de mortalidad fueron ensayados en otras diluciones geométricas.

7.4.10.5 Las placas de microtitulación se incubaron en un lugar oscuro por 24 horas a una temperatura de 25 a 28°C.

7.4.10.6 La CL₁₀₀ (Concentración Letal al 100%) se determinó a las 24 horas. La evaluación se realizó observando cada pozo con un estereoscopio. Las larvas vivas pueden ser vistas moviéndose, mientras que las muertas caen al fondo o pueden ser vistas en la interfase aire-agua.

7.4.10.7 Para cada muestra el mínimo de concentración en que todas las larvas están muertas se consideró como la CL_{100} .

7.4.10.8 Las larvas vivas fueron eliminadas añadiendo metanol o etanol en cada micropozo antes de verterlas en el sumidero.

7.4.11 Análisis e interpretación de resultados:

Si existen larvas vivas en el micropozo: Actividad Negativa.

Si todas las larvas dentro del micropozo están muertas: Actividad Positiva (42-44).

7.5 Diseño de investigación:

Es un estudio no probabilístico a conveniencia en el cual se determinó la actividad larvicida de los extractos etanólicos de las 18 especies vegetales, las cuales fueron evaluadas por triplicado, a una concentración de 0.5 mg/ml (500 ppm), utilizando como control negativo 100 µl de agua del grifo reposada y como control positivo 100 µl del larvicida ABATE® (temephos) disuelto. Se utilizaron cuatro estadios de larvas de cada especie, *A. albimanus* y *A. aegypti*.

La actividad larvicida se determinó a las 24 horas de tratamiento y fue expresada como CL_{100} , es decir la concentración a la cual muere el 100% de las larvas.

Si el porcentaje de larvas muertas es del 100%, la actividad es menor de 0.5 mg/ml (500 ppm). Si el porcentaje de larvas muertas es menor del 100%, la actividad se expresa como mayor a 0.5 mg/ml (500 ppm).

8 RESULTADOS

8.1 Evaluación de la actividad larvica: En el presente estudio se evaluaron 21 extractos etanólicos obtenidos de las 18 especies de plantas seleccionadas (Tabla 8.1), los resultados de la actividad larvica se presentan en la Tabla 8.2.

Tabla 8.1 18 especies vegetales detectadas por etnobotánica y bioprospección. Origen e identificación botánica.

No. De Herbario	Familia	Especie	Origen
Farmaya 473	Annonaceae	<i>Annona reticulata</i> L.	Samayac, Suchitepéquez
Farmaya 437	Apocynaceae	<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L.	Samayac, Suchitepéquez
Farmaya 319	Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Samayac, Suchitepéquez
OEA 39	Bromeliaceae	<i>Tillandsia guatemalensis</i> L.B. Smith	Sierra de la Minas, Zacapa
OEA 37	Bromeliaceae	<i>Tillandsia ponderosa</i> L.B. Smith	Sierra de la Minas, Zacapa
OEA 49	Bromeliaceae	<i>Tillandsia yunckeri</i> L.	Sierra de la Minas, Zacapa
Farmaya 158	Euphorbiaceae	<i>Acalypha arvensis</i> Poepp. & Endl.	Río Hondo, Zacapa
Farmaya 512	Euphorbiaceae	<i>Acalypha polystachya</i> Jacq.	Río Hondo, Zacapa
Velarde 01	Euphorbiaceae	<i>Acalypha pseudoalopecuroides</i> Pax & Hoffm.	Río Hondo, Zacapa
OEA 46(14)	Marcgraviaceae	<i>Souroubea triandra</i> Lundell	Sierra de la Minas, Zacapa
Farmaya 233	Papilionaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	Samayac, Suchitepéquez
Farmaya 453	Phytolaccaceae	<i>Petiveria alliacea</i> L.	Samayac, Suchitepéquez
OEA 46	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca rivinoides</i> Kunth & Bouché	Sierra de la Minas, Zacapa
Farmaya 340	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Samayac, Suchitepéquez
OEA 43	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i> DC.	Samayac, Suchitepéquez
Farmaya 466	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Samayac, Suchitepéquez
OEA 43(11)	Styracaceae	<i>Styrax conterminus</i> Donn.	Sierra de la Minas, Zacapa
Farmaya 456	Verbenaceae	<i>Lippia graveolens</i> HBK.	San Agustín Acasaguastlán, El Progreso

Según los resultados obtenidos el extracto etanólico obtenido de la hoja de *T. yunckeri* posee actividad contra las larvas del primer estadio de *A. aegypti*, ninguno de los otros extractos mostró actividad larvicida.

8.2 Determinación de la CL₁₀₀ del extracto etanólico de la hoja de *T. yunckeri*

La CL₁₀₀ del extracto etanólico de la hoja de *T. yunckeri* es de 0.25 mg/ml (250 ppm) contra larvas del primer estadio de *A. aegypti*.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En Guatemala se han estudiado diversas especies vegetales, con el fin de determinar si poseen actividad biológica. Es de interés mundial el uso de las plantas como fuente natural de compuestos que puedan ser utilizados para el beneficio humano.

En estudios previos se ha determinado la actividad larvicida de algunas especies vegetales, pero era necesario establecer y validar una metodología para la determinación de dicha actividad biológica en las condiciones de nuestros laboratorios en Guatemala.

Se realizó un tamizaje larvicida preliminar a una concentración de 0.5 mg/ml (500 ppm) del extracto etanólico, y en todos los casos, con excepción de la hoja de *T. yunckeri*, el resultado determina que se necesitan concentraciones mayores a 0.5 mg/ml de dicho extracto para poder ejercer una actividad larvicida contra las dos especies de mosquitos usadas. El análisis para el extracto de la hoja de *T. yunckeri* mostró una mortalidad del 100% de las larvas del primer estadio de *A. aegypti*, por lo que se realizó la determinación de CL₁₀₀ en la cual el resultado obtenido fue de 0.25 mg/ml (250 ppm). Por lo que es necesario continuar con los estudios biocidas de *T. yunckeri*, y llevar a cabo la búsqueda de los compuestos fitoquímicos activos.

La técnica original utilizada, es aplicable contra larvas del primer estadio de *A. aegypti*. El análisis actual se realizó contra larvas de los cuatro estadios de *A. aegypti* y *A. albimanus*, con el fin de adaptar y ensayar dicha técnica contra mas especies de vectores. Esta técnica tiene la ventaja de ser rápida, objetiva y segura. Se trabajó con repeticiones múltiples con cada extracto, de esta manera se aseguró la reproducibilidad y según los resultados obtenidos se le da valor científico.

De los 13 extractos obtenidos de las especies de plantas provenientes de etnobotánica, en ninguno se obtuvo un resultado positivo y

de los 8 extractos obtenidos de las especies provenientes de bioprospección se observa uno como positivo (*T. yunckeri* hoja) contra uno de los estadios de *A. aegypti*. Este hallazgo no significa de ninguna manera que se dejen a un lado los estudios etnobotánicos, sino por el contrario estos resultados incentivan a continuar con los estudios tanto etnobotánicos como de bioprospección, para hacer comparaciones metodológicas y establecer cual es la mas pertinente para próximas investigaciones.

En un estudio previo en el que se determinó la actividad larvicida de los extractos etanólicos crudos (EEC) de hojas secas, hojas frescas, peciolas y corteza de *G. sepium* contra larvas del tercer estadio de *A. stephansi*, *A. aegypti* y *C. quinquefasciatus*, se determinó que los EEC son tóxicos para las larvas de las tres especies, causando el 100% de mortalidad en dosis de 16,000 ppm. Aunque el porcentaje de mortalidad varia con la dosis de tratamiento, la toxicidad de los extractos y de la parte de la planta utilizada. Basados en los porcentajes de mortalidad demostrados por las tres especies de larvas, la letalidad de los EEC investigados pueden ser clasificados como altamente tóxicos (2,000-6,000 ppm), moderadamente tóxicos (6,000- 11,400 ppm) y ligeramente tóxicos (11,400-16,000 ppm) para causar el 100% de mortalidad (18). En el presente estudio el extracto etanólico de las hojas de *G. sepium*, contra los cuatro estadios de larvas de *A. aegypti* y *A. albimanus*, no demostró actividad, la concentración utilizada fue de 500 ppm, la cual es una dosis mucho menor que la utilizada en el estudio anterior.

Según estudios realizados, en Iberoamérica, grupos de campesinos utilizan algunas especies vegetales para el control de plagas, por ejemplo el fruto seco pulverizado de *B. orellana* se utiliza como insecticida para distintas especies de mosquitos; todas las partes en cocimiento de *A. arvensis*, aplicada en fumigación en campos de cultivos tiene un efecto insecticida; la semilla machacada en cocimiento de *A. reticulata*, aplicada en fumigación en campos de cultivos tiene un efecto insecticida contra áfidos, grillos y orugas; todas las partes en cocimiento de *G. sepium*,

aplicada en fumigación en campos de cultivos posee un efecto insecticida (áfidos y orugas) y rodenticida; la raíz en cocimiento de *P. alliacea*, aplicada en fumigación tiene un efecto insecticida contra otros vectores como chinches y garrapatas (46).

En el presente estudio se analizaron los extractos etanólicos de las especies vegetales en mención, pero a pesar de los efectos insecticidas que poseen en otras preparaciones, no mostraron actividad alguna contra las larvas de las dos distintas especies de mosquitos anteriormente mencionadas a 0.5 mg/ml (500 ppm).

Los resultados obtenidos se traducen en la necesidad de mantener estudios constantes, para determinar nuevas formas insecticidas, que beneficien el control de plagas por medio de métodos naturales y con costos menores, de esta manera se contribuye con el equilibrio ecológico sin afectar drásticamente el desarrollo cambio y evolución de la naturaleza.

10. CONCLUSIONES

- 10.1 Se estableció y validó una metodología para la determinación de la actividad larvicida de extractos vegetales.
- 10.2 Se determinó la actividad larvicida de 13 extractos etanólicos obtenidos de plantas provenientes de etnobotánica y ninguno presentó actividad y de 8 extractos etanólicos obtenidos de plantas provenientes de bioprospección; solamente uno demostró actividad contra larvas del primer estadio de *A. aegypti*.
- 10.3 El extracto etanólico de las hojas de *T. yunckeri* presentó actividad larvicida a una CL_{100} de 0.25 mg/ml.
- 10.4 *T. yunckeri* es una especie proveniente de bioprospección, por lo que le da valor científico a la técnica utilizada para el análisis larvicida, dicha técnica es rápida, objetiva, segura y reproducible, por lo que se puede utilizar para otros análisis con otras especies de mosquitos.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1 Continuar con los estudios larvicidas de las especies vegetales provenientes de etnobotánica y bioprospección.
- 11.2 Completar la determinación de la actividad biocida de las hojas de *T. yunckeri*.
- 11.3 Realizar el estudio fitoquímico bioquímico de las hojas de *T. yunckeri*, para determinar la molécula responsable de la actividad.
- 11.4 Continuar con los estudios de biosprospección, para la búsqueda de nuevos principios activos y especies de plantas nativas de Guatemala.
- 11.5 Es necesario continuar con los estudios, con el fin de encontrar nuevos métodos naturales para optimizar los recursos en el control de plagas con menores costos, sin afectar el ambiente.

12. REFERENCIAS

- 12.1 Metcalf, C.L. 1962. Insectos Destructivos e Insectos Útiles, sus costumbres y su control. Trad. Ing. Agr. Alonso Blackaller Valdés. 1a. ed. México D.F. Editorial Mc Graw Hill. 1208 p.
- 12.2 Quijivix, C.F. 1993. Situación Epidemiológica de los Brotes de Dengue en Guatemala 1987-1992. Enfermedades Tropicales en Guatemala 93. Guatemala. 1(2): 24-32.
- 12.3 Cáceres, A. 1996. Plantas de Uso Medicinal en Guatemala. 1a. ed. Guatemala C.A. Editorial Universitaria. 396 p.
- 12.4 Varea, A.M. comp. 1997. Biodiversidad, Bioprospección y Bioseguridad. Quito, Ecuador. Ediciones ABYA – YALA. 184 p.
- 12.5 Ríos, J.L. *et al.* 1988. Screening Methods for Natural Products with Antimicrobial Activity: A Review of the Literature. J. Ethnopharmacol. 23: 127-149.
- 12.6 Pellecuer, S. *et al.* 1976. Huiles Essentielles Bactericides et Fongicides. Revue de l'Institute Pasteur de Lyon 9:135-159.
- 12.7 Mitscher, L. *et al.* 1972. Antimicrobial Agents from Higher Plants. I: Introduction, Rationale, and Methodology. Lloydia 35:157-166.
- 12.8 Mitscher, L. *et al.* 1987. A modern look at folkloric use of anti-infective agents. J. Natural Prod. 50:1025-1040.
- 12.9 CIFLORPAN. 1999. Bioensayo Larvicida usando *Aedes aegypti*. Panamá. 6p.
- 12.10 Fleming, G. 1986. Biología y Ecología de los Vectores de la Malaria en las Américas. Washington D.C. OMS/OPS.

- 12.11 Castañaza, L.A. 1985. El comportamiento de los anofelinos de Guatemala. Primera Edición. Guatemala
- 12.12 Comité de Expertos de la OMS. 1980. Resistencia de los Vectores de Enfermedades a los Plaguicidas. Ginebra. OMS. Serie de informes Técnicos 655. 92 p.
- 12.13 Nelson, M.J. 1986. *Aedes aegypti* : Biología y Ecología. Washington. OMS. Documento Técnico 20037. 50 p.
- 12.14 Reyes, F. 1990. El Dengue. Bionomía del Vector, Transmisión y Opciones para su Control en México. Ciencia 1: 45-55.
- 12.15 Thangam T.S. and Kathiresan K. 1997. Mosquito Larvicidal Activity of Mangrove Plant Extracts and Synergistic Activity of *Rizophora apiculata* with Pyrethrum against *Culex quinquefasciatus*. Int. J. Pharmacog. 35(1): 69 – 71.
- 12.16 Kelm, M.A. et al. 1997. Mosquitocidal Compounds from *Magnolia salicifolia*. Int. J. Pharmacog.. 35(2): 84-90.
- 12.17 Sathiyamoorthy, P. et al. 1997. Larvicidal Activity in Desert Plants of the Negev and Bedouin Market Plant Products. Int. J. Pharmacog. 35(4): 265-273.
- 12.18 Sharma N. et al. 1998. Larvicidal Activity of *Gliricidia sepium* Against Mosquito Larvae of *Anopheles stephansi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. Int. J. Pharmacog. 36(1): 3-7.
- 12.19 Dev, S. and Koul, O. 1997. Insecticides of Natural Origin. Amsterdam. Harwood Academic Publisher. 365 p.

- 12.20 Johnson, H.A. *et al.* 2000. Thwarting Resistance: Annonaceous acetogenins as New Pesticidal and Antitumor Agents. In Cutler S.J., Cutler H.G. (Edit) Biologically Active Natural Products: Pharmaceuticals. USA. CRS Press. pp. 173 – 183.
- 12.21 Standley, P.C. & Williams, L.O. (1946-76). Flora of Guatemala. United States of America. Fieldiana Botany. 24
- 12.22 Gupta, M.P. (Edit.) 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. CYTED – SECAB. 1a. ed. Santa Fe de Bogotá. Convenio Andrés Bello. 545 p.
- 12.23 House, P.R. *et al.* 1995. Plantas Medicinales Comunes de Honduras. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. 1a. ed. Tegucigalpa, Honduras. Litografía López.
- 12.24 Martínez, M. 1979. Catalogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. 1a. ed. México D.F. Fondo de Cultura Económica. 1220 p.
- 12.25 Cáceres, A. *et al.* 1987. Screening of Antimicrobial Activity of Plants Popularly Used in Guatemala for the treatment of Dermat mucosal Diseases. J. Ethnopharmacol. 20(3):223 – 237.
- 12.26 Albornoz, A. 1993. Medicina Tradicional Herbaria. Guía de Fitoterapia. Caracas, Venezuela. Instituto Farmacoterápico Latino S. A. 529 p.
- 12.27 Morton, J.F. 1981. Atlas of Medicinal Plants of Middle America. Bahamas to Yucatan. USA. Charles C. Thomas Publisher. 1420 p.
- 12.28 Robineau, L. (Edit.) 1991. Hacia una Farmacopea Caribeña. Seminario TRAMIL 4. Santo Domingo. enda-caribe/UNAH. 474 p.
- 12.29 Correa, J.E. 1989. Especies Vegetales Promisorias. 1a. ed. Bogotá, Colombia. Editora Guadalupe Ltda.

- 12.30 Henri, J. Ethnopharmacognosie des Annonacées de la Guadeloupe. Université de Montpellier I (Thèse, Faculté de Pharmacie). France 1983. 211 p.
- 12.31 Longuefosse, J.L. 1995. 100 Plantes Médicinales de la Caraïbe. Martinique. Gondwana Editions. 238 p.
- 12.32 Hocking, G.M. 1997. A Diccionary of Natural Products. USA. Plexus Publishing, Inc. 994 p.
- 12.33 Roig, J.T. 1974. Plantas Medicinales, Aromáticas o Venenosas de Cuba. 2a. ed. La Habana, Cuba. Editorial Científico-Técnica. 1125 p.
- 12.34 Cáceres, A. *et al.* 1995. Antigonorrhoeal activity of plants used in Guatemala for the treatment of sexually transmitted diseases. J. Ethnopharmacol. 48(2): 85-88.
- 12.35 Cáceres, A. *et al.* 1990. Plants used in Guatemala for the treatment of gastrointestinal disorders. 1. Screeningo of 84 plants against enterobacteria. J. Ethnopharmacol. 30(1): 63-80
- 12.36 Heinrich, M. *et al.* 1992. Parasitological and microbiological evaluation of mixe Indian medicinal plants (México). J. Ethnopharmacol. 36(1): 81-85.
- 12.37 Arriaga, AMC. *et al.* 1997. Volatile constituents fromleaves of *Guazuma ulmifolia* Lam. J. Essent Oil Res. 9(6): 705-706.
- 12.38 Hor, M. *et al.* 1996. Proanthocyanidin polymers with antisecretory activity and proanthocianidin oligomers from *Guazuma ulmifolia* bark. Phytochemistry 42(1): 109-119.
- 12.39 Dominguez, X.A. *et al.* 1989. Chemical constituents of *Lippia graveolens*. Planta Medica. 55: 208-209.

- 12.40 Davidse, G., Sousa, M. & Charte, A.O. 1994. Flora Mesoamericana. (Alismateceae – Cyperaceae) Universidad Autónoma de México. Instituto de Biología. Missouri Botanical Garden The Natural History Museum (London) México D.F. Volumen 6.
- 12.41 Girón, L.M. & Cáceres, A. 1994. Técnicas Básicas para el Cultivo y Procedimiento de Plantas Medicinales. 1a. ed. Guatemala. CEMAT 169 p.
- 12.42 Kagan, J. *et al.* 1983. The phototoxicity of some 1,3 – butadienes and related thiophenes against larve of the mosquito *Aedes aegypti* and of the fruit fly *Drosophylas melanogaster*. *Insecta. Sci. Appl.* 4: 377 – 381.
- 12.43 Maradufu, A. *et al.* 1978. Isolation of (5-E)- ocinonea mosquito larvicide from *Tagetes minuta*. *Lloydia.* 41: 181 – 183.
- 12.44 Zarroug, I.M.A. *et al.* 1988. Evaluation of Sudanese plant extracts as mosquito larvicides. *Int. J. Crude Drug Res.* 26: 77 – 80.
- 12.45 Organización Panamericana de La Salud. 1996. Entomología con énfasis en el Control de Vectores. México. Volumen 1
- 12.46 Acosta, L. *et al.* 2000. Fundamentos de Agrotecnología de Cultivo de Plantas Medicinales Iberoamericanas. CYTED. Santa Fe de Bogotá, Colombia. Convenio Andrés Bello. 517 p.

13. ANEXOS

13.1 Descripción de los vectores:

13.1.1 *Anopheles albimanus*:

13.1.1.1 Los huevos: Los huevos de los anofelinos son puestos en la superficie del agua y se mantienen a flote por medio de cámaras de aire llamadas flotadores. El tamaño, forma y patrón de dichos flotadores varían entre las especies y algunas veces entre los individuos de la misma especie. Esta y otras características de los huevos sirven para su identificación. Las hembras ponen los huevos individualmente ya sea mientras reposan sobre la vegetación o en detritos en la superficie del agua o simplemente los dejan caer mientras revolotean sobre el criadero (10,11).

El número de huevos depositados por postura varía de unos cuantos a varios cientos, pero generalmente suman entre 75 a 150 en total. Los huevos de la mayoría de los anofelinos hacen eclosión en 2 o 3 días a temperaturas de 25 a 30°C, pero esto puede tomar más tiempo en algunas especies a temperaturas inferiores. Los huevos de los anofelinos no resisten la desecación tan bien como los de los aedinos, pero algunos pueden resistir la desecación total por períodos de pocas horas hasta varios días o la desecación parcial por varias semanas en suelos húmedos de criaderos antiguos sin agua. Los huevos de ciertos anofelinos de clima templado resisten a la congelación, al contrario de las especies tropicales, aún cuando algunas sobreviven a temperaturas cercanas a

cero grados. A bajas temperaturas el período de desarrollo del huevo se prolonga considerablemente. Esta característica es de valor práctico, ya que permite el transporte o almacenamiento de los huevos bajo refrigeración por una semana o más. A la temperatura ambiente normal la eclosión ocurre en pocos días (10,11).

13.1.1.2 Las larvas: Al igual que los demás mosquitos, las larvas de los anofelinos pasan por cuatro fases de muda denominadas estadios. Morfológicamente, las larvas de los anofelinos se distinguen fácilmente por la ausencia del sifón respiratorio posterior que se encuentran en los culicinos. Este sifón está reemplazado por un aparato espiracular situado en el dorso, que no se proyecta visiblemente en el cuerpo. Las larvas de los anofelinos, cuando están vivas, también pueden identificarse con facilidad por su característica posición de reposo, paralela a la superficie del agua. El período de desarrollo de la larva generalmente es de 7 a 10 días, pero puede tomar solo 5 días o varias semanas, dependiendo de la especie, la temperatura y la disponibilidad del alimento. Las larvas de los anofelinos utilizan una amplia variedad de habitats, pero las especies de América tropical se encuentran comúnmente en aguas no contaminadas tales como las riberas de los lagos, lagunas, arroyos, zanjas de préstamo y habitats similares. Sus microhabitats son, generalmente, la vegetación flotante o emergente como algas y jacintos de agua entre el detrito flotante (10,11).

- 13.1.1.3 Las pupas: Las pupas de los anofelinos son generalmente inactivas, pero si algo los molesta pueden nadar vigorosamente. Ellas flotan en la superficie cuando están en reposo y respiran por medio de un par de estructuras llamadas trompetillas, que se proyectan hacia arriba desde el tórax. Las pupas no se alimentan y esta fase dura por lo general, de 2 a 3 días. Las pupas del sexo masculino son un poco más pequeñas que las de las hembras y los machos adultos generalmente emergen unas horas antes que las hembras (10,11).
- 13.1.1.4 Los adultos: Los adultos normales emergen de la pupa en una relación por sexo de aproximadamente 1.1, aunque esta proporción puede desviarse. Al momento de emerger los adultos no pueden volar y deben reposar en el sitio de emergencia durante varias horas para permitir la esclerotización de su tegumento. El apareamiento de los anofelinos generalmente se lleva a cabo durante el vuelo. Al anochecer, los machos forman un enjambre sobre algún objeto como un arbusto o un árbol pequeño, y las hembras que nulan hacia el enjambre son capturadas por los machos. La copulación dura aproximadamente un minuto, y luego la hembra es liberada. Ambos sexos pueden aparearse varias veces durante su vida, pero los huevos puestos por las hembras son generalmente fecundados por el esperma del primer macho. Casi todas las hembras se aparean antes de su primera alimentación sanguínea (10,11).
- 13.1.1.5 Ciclos gonadotróficos: El ciclo gonadotrófico es el período de desarrollo de los ovarios, que comienza con

una alimentación sanguínea adecuada y termina con la maduración de los huevos no fecundados (oocitos) que están listos para la fecundación y la postura. En los trópicos, el tiempo necesario para que se complete este ciclo es, generalmente, de 2 a 5 días dependiendo de la especie y la temperatura ambiente. La rapidez del desarrollo de los ovarios es proporcionalmente inversa a la temperatura, de modo que a temperaturas más bajas el ciclo gonadotrófico puede prolongarse por varios días. El ciclo de postura no solo incluye el ciclo gonadotrófico, sino también el período necesario para que la hembra encuentre un criadero y ponga los huevos y también para que la hembra encuentre un hospedero y tenga otra alimentación sanguínea. Cuando los sitios de reposo, los criaderos y los hospederos se encuentran fácilmente disponibles, el tiempo necesario para la postura y la obtención de otra ingestión sanguínea puede ser de unas pocas horas, pero si alguno de estos elementos o todos ellos se encuentran distantes o son escasos puede ser necesario más de un día (10,11).

- 13.1.1.6 **Dispersión:** La dispersión de los anofelinos ha sido el tema de muchos estudios, con una amplia variedad de resultados. Algunas especies muestran una dispersión de menos de 1 km y otras de más de 15 km sin embargo, la experiencia adquirida en los programas de control de la malaria basados en el control de larvas, indica que los programas de control en zonas de 1 a 2 km alrededor de la zona que se quiere proteger son suficientes (10,11). En estos casos, aunque algunos individuos pueden dispersarse más lejos, su número es pequeño y operacionalmente insignificante. Algunos

factores que influyen en la dispersión son: las características de la especie, la topografía, la dirección y la velocidad del viento, la densidad de los mosquitos, la disponibilidad de hospederos y el tamaño de los sitios de reproducción (10,11).

- 13.1.1.7 Alimentación: La mayoría de las hembras succionan sangre, hábito – como se sabe - exclusivo de ellas. En lo que concierne la preferencia de alimentación de las hembras, se han realizado muchas investigaciones y en muchas se ha confirmado el hábito definido de alimentarse con sangre caliente o bien con jugos azucarados cuando se carece de esta. Las partes bucales de los machos no están adaptadas para perforar y chupar sangre, pero si lo están para alimentarse de néctar, jugos de frutas y de otros fluidos vegetales. Las hembras también utilizan estas fuentes de alimento, pero además requieren al menos de una ingestión de sangre humana o de un animal de sangre caliente, para el desarrollo de cada lote de huevos (10,11).

Algunas especies necesitan de dos ingestiones sanguíneas para poder iniciar el desarrollo del primer lote de huevo. Algunos autores han encontrado que hay individuos de esta especie que rehúsan la alimentación de sangre sobre la misma fuente, acudiendo a diferentes vertebrados de sangre fría o bien succionan la savia de determinadas plantas. En nuestro medio se han realizado observaciones sobre el hábito de picar animales – zoofilia - , y el hábito de picar a los seres humanos – antropofilia -. Siendo este último aspecto el de mayor interés en salud pública, porque lleva

especialmente al culicineo a mantener estrecha asociación con el ser humano, fenómeno que se le denomina "domesticidad" o "antropofilismo". Esta antropofilia también se divide entre los mosquitos que pican adentro de la casa y los que pican fuera, hábitos denominados endo y exofilia respectivamente. La antropofilia es dividida por algunos autores, en selectiva natural y obligada. Dependiendo muchas veces de las circunstancias (10,11).

Algo muy especial en estos mosquitos, es que succionan la sangre hasta saciarse, no importando la cantidad ingerida. Se considera que la hembra de esta especie puede succionar sangre de una y media a dos veces su propio peso. La frecuencia de alimentación la realiza con periodicidad de 6, 8, 12 y 24 horas y de dos hasta tres días, dependiendo de la cantidad última ingerida (10,11).

13.1.2 *Aedes aegypti*:

13.1.2.1 Los huevos: Los huevos del *A. aegypti* miden aproximadamente 1 mm de longitud, tienen forma de cigarro. Son depositados individualmente por encima del nivel del agua en las paredes del recipiente. En el momento de la postura los huevos son blancos, pero muy rápidamente adquieren un color negro brillante. Los huevos son fecundados durante la postura y el desarrollo embrionario generalmente se completa en 48 horas si el ambiente es húmedo y cálido, pero puede prolongarse hasta por 5 días a temperaturas más bajas. Una vez que se ha completado el desarrollo embrionario, los huevos son capaces de resistir largos períodos de desecación, que pueden prolongarse por

más de un año en algunas ocasiones. Cuando los huevos son eventualmente mojados, la acción bacteriana de la materia orgánica contenida en el agua disminuye la tensión de oxígeno y proporciona un estímulo para la eclosión (13,14).

La capacidad de resistencia de los huevos del *A. aegypti* a la desecación es uno de los principales obstáculos para su control. Esta condición permite que los huevos puedan transportarse a grandes distancias en recipientes secos. Por lo tanto, la eliminación de mosquitos adultos y larvas en una localidad, no imposibilita la reinfestación a través de huevos que hayan permanecido ocultos en recipientes secos (13,14).

- 13.1.2.2 Las larvas: Las larvas y pupas del *A. aegypti* son exclusivamente acuáticas. Como en la mayoría de los insectos holometabólicos (aquellos con metamorfosis completa) la fase larval es el período de alimentación y crecimiento. Las larvas pasan la mayor parte del tiempo alimentándose de objetos sumergidos y de cualquier otro material orgánico acumulado en las paredes y el fondo del recipiente (13,14).

La duración del desarrollo larval depende de la temperatura, la disponibilidad de alimento y la densidad de las larvas en el recipiente. En condiciones óptimas, el período larval desde la eclosión hasta la pupación puede ser de tan solo 5 días, pero comúnmente dura de 7 a 14 días (13,14).

Los tres primeros estadios se desarrollan rápidamente, mientras que el cuarto demora más tiempo y la larva aumenta más de tamaño y peso. En condiciones rigurosas de baja temperatura o escasez de alimento, el cuarto estadio larval puede prolongarse por varias semanas antes de transformarse en pupa. Las larvas y las pupas de los machos se desarrollan más rápidamente que las hembras. En un ambiente estable, la mortalidad más alta de las formas inmaduras ocurre generalmente durante los dos primeros estadios larvales. Sin embargo, la mayoría de los habitats de las larvas no son estables. La mayor parte de los recipientes desechados que sirven como sitio de reproducción son pequeños (latas, neumáticos, botellas) y se encuentran a la intemperie. Además son vulnerables a la desecación por el sol y a inundación y el rebosamiento debido a la lluvia. Frecuentemente muchos de los recipientes que se usan para almacenar agua para uso doméstico se vacían y se lavan, o se retiran de ellos cantidades variables de agua. Es probable que estas perturbaciones sean la causa de la mayor mortalidad de larvas y pupas (13,14).

13.1.2.3 Las pupas: Las pupas no se alimentan. Su función es la metamorfosis del estadio larval al del adulto. Las pupas de los mosquitos son diferentes a las de otros insectos holometabólicos porque reaccionan inmediatamente a estímulos externos tales como vibraciones y se desplazan activamente por todo el recipiente. Cuando las pupas están inactivadas, se mantienen en la superficie del agua debido a su flotabilidad; esta propiedad facilita la emergencia del

insecto adulto. El estadio de pupa dura generalmente 2 o 3 días (13,14).

- 13.1.2.4 Los adultos: El adulto de *A. aegypti* es la fase reproductora del insecto. En la mayoría de los insectos voladores, inclusive otras especies de mosquitos, el adulto también representa la importante fase de la dispersión.

Sin embargo, en el caso del *A. aegypti* es probable que haya más transporte pasivo de huevos y larvas en recipientes que la dispersión activa por el insecto adulto. Luego de emerger de la exuvia de la pupa, el insecto adulto se posa sobre las paredes del recipiente durante varias horas para permitir el endurecimiento del exoesqueleto y de las alas, y en el caso de los machos, la rotación de la terminalia masculina en 180° (13,14).

Dentro de las 24 horas siguientes a la emergencia, ambos sexos pueden aparearse y las hembras pueden tener una alimentación sanguínea. Estas dos actividades a menudo ocurren simultáneamente, ya que los machos son atraídos por los mismos huéspedes vertebrados que las hembras, lo cual facilita el apareamiento. El apareamiento generalmente se realiza durante el vuelo, pero en algunas ocasiones se lleva a cabo en una superficie vertical u horizontal. Una inseminación es suficiente para fecundar todos los huevos que la hembra produzca durante su vida (13,14).

Una fuente de atracción del macho hacia la hembra es el sonido emitido por el batir de las alas de

esta durante el vuelo. Sin embargo, una vez que la hembra ha tenido su alimentación sanguínea ocurren pocos apareamientos, ya que ella debe batir sus alas con mayor rapidez para compensar el aumento de peso. Este aumento en la frecuencia del movimiento de las alas ya no es atractivo para los mosquitos machos (13,14).

- 13.1.2.5 Ciclos gonadotróficos: Generalmente, después de cada alimentación sanguínea se desarrolla un lote de huevos. Sin embargo, el *A. aegypti* con frecuencia se alimenta con sangre más de una vez entre cada postura, especialmente si es perturbado antes de estar completamente lleno de sangre. Si una hembra completa su alimentación sanguínea (2-3 mg. de sangre), desarrollará y pondrá aproximadamente 100 huevos. Hay un umbral en la distensión del estomago que estimula al desarrollo de los ovarios. Por consiguiente, las alimentaciones sanguíneas escasas producen menos huevos por lote y una alimentación muy reducida no los produce (13,14).

Generalmente, el intervalo entre la alimentación sanguínea y la postura es de 3 días en condiciones óptimas de temperatura y la hembra puede alimentarse de sangre nuevamente el mismo día en que pone los huevos. La mayoría de las posturas ocurre hacia el final de la tarde. La hembra grávida es atraída hacia recipientes oscuros, sombreados con paredes duras, sobre las cuales deposita sus huevos. La hembra prefiere aguas relativamente limpias, claras, transparentes, a las turbias y contaminadas con un contenido orgánico alto. Los huevos se pegan a la

pared en recipientes en la zona húmeda justamente por encima de la superficie del agua. Generalmente la hembra distribuye los huevos de un mismo lote entre varios recipientes (13,14).

13.1.2.6 Dispersión: Por lo general, una hembra de *A. aegypti* no sobrepasa los 50 m de distancia de vuelo durante su vida, y a menudo permanece en la misma casa donde emergió siempre que disponga de huéspedes y sitios de reposo y de postura adecuados. Sin embargo, si no hay recipientes adecuados, una hembra grávida puede volar hasta 3 km en busca de un sitio para poner sus huevos. Los machos se dispersan menos que las hembras (13,14).

13.1.2.7 Alimentación: Las hembras se alimentan de la sangre de la mayoría de los vertebrados, pero muestran una marcada predilección por el hombre. Ellas vuelan en sentido contrario al viento desplazándose mediante lentas corrientes del aire, siguiendo los olores y gases emitidos por el huésped. Cuando están cerca utilizan estímulos visuales para localizar al huésped mientras sus receptores táctiles y térmicos las guían hacia el sitio de alimentación. El propósito primordial de la alimentación sanguínea es proporcionar una fuente de proteínas para el desarrollo de los huevos. La alimentación sanguínea y la postura se lleva a cabo principalmente durante el día especialmente durante las primeras horas o a la media mañana y a media tarde o al anochecer. Las partes bucales del macho no están adaptadas para chupar sangre; en cambio, ellos se procuran carbohidratos tales como el néctar de las plantas para suplir sus requerimientos energéticos. Las

hembras también se alimentan de jugos de plantas (13,14).

13.1.2.8 Conducta de reposo: Cuando los mosquitos no están apareándose, ni en busca de un huésped, ni en vuelo de migración, procuran encontrar un sitio oscuro y tranquilo para reposar. Los sitios de reposo mas comunes están en el interior de las casas, en las alcobas, baños y cocinas y solo ocasionalmente en el exterior, en la vegetación del jardín. Las superficies de reposo preferidas son las paredes, el mobiliario y artículos colgantes, tales como prendas de vestir, toallas, cortinas y mosquiteros. Los mosquitos reposan especialmente sobre superficies verticales y algunas veces se posan sobre el cielo raso o debajo de muebles tales como camas (13,14).


13.1.2.9 Longevidad: Los adultos del *A. aegypti* pueden permanecer vivos en el laboratorio durante meses, pero en la naturaleza, por lo general, viven solamente unas pocas semanas. Muchos adultos mueren en el momento de la emergencia o poco tiempo después, pero la supervivencia diaria es bastante constante. Con una mortalidad típica diaria del 10%, la mitad de los mosquitos morirán durante la primera semana y el 95% durante el primer mes. A pesar de la gran reducción en numero, si la población emergente original es grande, la población vieja resultante esta suficientemente grande para transmitir enfermedad y mantener una epidemia (13,14).

13.2 Diferencias de los mosquitos

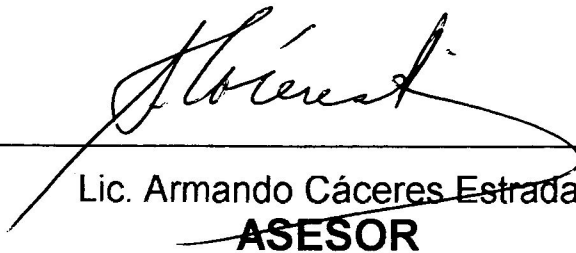
A. aegypti son mosquitos cuyas larvas se desarrollan en recipientes artificiales (hechos por el hombre). Sus huevecillos se depositan en las paredes sólidas del recipiente-foco, casi en la línea del nivel del agua, y al quedar fuera por la evaporación su embrión se condiciona, para eclosionar del huevo hasta cuando nuevamente quede inundado, lo cual algunas veces puede ser después de muchos meses. Cuando *A. aegypti* eran silvestres esta era una preservación de la naturaleza para garantizar la sobrevivencia de la especie hasta la llegada de la época lluviosa; pero estos zancudos se adaptaron a convivir con los humanos y ya no dependen de las lluvias, sino de la acción del hombre (45).

A diferencia de la mayoría de zancudos, los *A. aegypti* tienen su actividad durante las horas claras del día y reposan durante la noche. Consecuentemente son picadores de víctimas activas, en movimiento, como es normal en las horas diurnas, esto a diferencia de las especies anofelinas que son picadores de víctimas pasivas (45).

Tanto *Aedes* como *Anopheles* dependen de condiciones ecológicas propias del ecosistema, son depredados por infinidad de organismos que interactúan en la cadena trófica y su sobrevivencia es posible por especiales condiciones de su ecología. Son dependientes, como todos los seres vivos, del medio que los circunda (45).



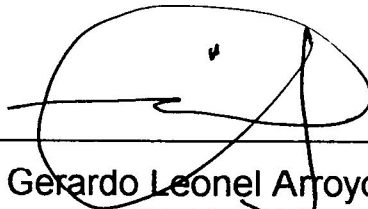
Swizly Marlene Arana Guerra
AUTORA



Lic. Armando Cáceres Estrada
ASESOR



Licda. Lillian Irving Antillón
DIRECTORA



Lic. Gerardo Leonel Arroyo Catalán
DECANO