

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE POSTGRADO



EVALUACION DEL PIRETROIDE BIFENTRINA,
SOBRE CAMBIOS CONDUCTUALES DE *Anopheles*
Albimanus Wiedeman DIPTERA (CULICIDAE),
MEDIANTE EL ROCIADO INTRADOMICILIARIO EN
SUR DEL ESTADO DE QUINTANA ROO, MEXICO

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN ENTOMOLOGIA MEDICA

PRESENTA:

BIOL. MARCO ANTONIO DOMINGUEZ GALERA

CD. UNIVERSITARIA

NOVIEMBRE 2003

TM
Z5320
FCB
2003
.D6



1020149282

m

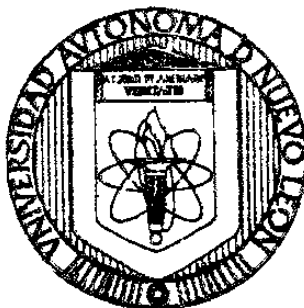
974321

TM
Z5320
FCB
2003
.D6



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE POSTGRADO



EVALUACION DEL PIRETROIDE BIFENTRINA,
SOBRE CAMBIOS CONDUCTUALES DE *Anopheles*
Albimanus Wiedeman DIPTERA (CULICIDAE),
MEDIANTE EL ROCLADO INTRADOMICILIARIO EN
SUR DEL ESTADO DE QUINTANA ROO, MEXICO

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN ENTOMOLOGIA MEDICA

PRESENTA:

BIOL. MARCO ANTONIO DOMINGUEZ GALERA,

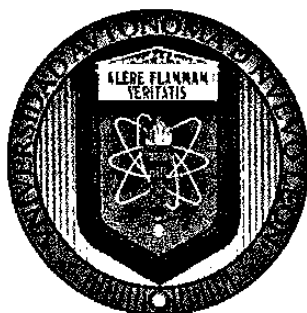
CD. UNIVERSITARIA

NOVIEMBRE 2003

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SUBDIRECCION DE POSTGRADO



**“EVALUACIÓN DEL PIRETROIDE BIFENTRINA, SOBRE CAMBIOS
CONDUCTUALES DE *Anopheles albimanus* Wiedeman DIPTERA (CULICIDAE),
MEDIANTE EL ROCIADO INTRADOMICILIARIO EN SUR DEL ESTADO DE
QUINTANA ROO MÉXICO”.**

TESIS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
ENTOMOLOGÍA MÉDICA**

PRESENTA

BIOL. MARCO ANTONIO DOMINGUEZ GALERA

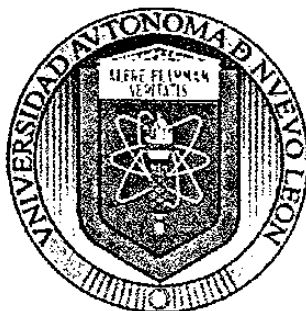
CD. UNIVERSITARIA

NOVIEMBRE DEL 2003

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SUBDIRECCION DE POSTGRADO



“EVALUACIÓN DEL PIRETROIDE BIFENTRINA, SOBRE CAMBIOS CONDUCTUALES DE *Anopheles albimanus* Wiedeman DIPTERA (CULICIDAE), MEDIANTE EL ROCIADO INTRADOMICILIARIO EN SUR DEL ESTADO DE QUINTANA ROO MÉXICO”.

PRESENTA

BIOL. MARCO ANTONIO DOMINGUEZ GALERA

COMITÉ DE TESIS

**DR. ILDEFONSO FERNANDEZ SALAS
DIRECTOR**

**DRA. ADRIANA FLORES SUAREZ
SECRETARIO**

**DR. RAUL TORRES ZAPATA
VOCAL**

CD. UNIVERSITARIA

NOVIEMBRE DEL 2003

DEDICATORIA

A DIOS:

Quien a pesar de todos mis errores, sigue dándome salud y fuerza para lograr las metas que me he trazado en la vida.

A MI MADRE:

Maria Jesús Galera Muñoz, porque me ha dado todo lo que un hijo puede necesitar, amor, experiencia y responsabilidad. Te amo Mamá.

A MI PADRE:

Cesar I. Domínguez Ventura q.e.p.d, por todo el amor que le tengo y no le pude dedicar.

A MIS HERMANOS:

Julio, Juan, L-overs, quienes pocas veces se los digo, pero los adoro con toda el alma.

A YENI:

Por la ilusión que hoy vivimos y a mi primer hijo que ya espero con mucho amor.

A MIS AMIGOS:

Mario, Rosa Medina, Julián, Alfredo, Joel, Gloria, Pedro, Vito. Gracias por ser mis amigos.

DOÑA GLORIA:

Por brindarme su familia, amistad y cobijo en mi estancia en su casa en el tiempo que estuve en la ciudad de Monterrey.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ildelfonso Fernández Salas, director y tutor de mi tesis de Maestría, por invitarme a ser parte de este equipo que es muy importante para la investigación y para mi vida.

A la Dra. Adriana Flores Suárez por su ayuda y enseñanzas en mi paso por la maestría.

Al Dr. José Rolando Canal Rodríguez, por ser una de las primeras personas que me impulso para estudiar la maestría.

Al Ing. Eduardo Dessens por su amistad y ayuda para poder a través de FMC, financiar este proyecto.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León por la oportunidad de obtener un estudio de postgrado.

Al Ing. Benjamín Gómez por su apoyo para poder realizar la maestría y brindarme su amistad.

A mis compañeros de la maestría Armando, Jaime, Florita, Artemio, Haydee, por todos los momentos de camaradería que pasamos. Me los llevo en el corazón.

INDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCION	2
2.1. La Malaria en México	8
2.2. Ciclo de Vida del <i>Plasmodium</i>	9
3. ANTECEDENTES	11
3.1. El mosquito transmisor	12
3.1.1.1. Categorías Sistemáticas	13
3.2. BIOLOGÍA Y BIONOMÍA	15
3.2.1. Huevos	15
3.2.2. Larvas	16
3.2.3. Pupas	17
3.2.4. Adultos	18
3.2.5. Ciclo Gonotrófico	20
3.2.6. Hábitos alimenticios	21
3.2.7. Hábitos de reposo	22
3.3. <i>Anopheles albimanus</i> Wiedemann	23
3.4. ASPECTOS RELEVANTES SOBRE INVESTIGACIÓN DE INSECTICIDAS	26
3.5. CLASIFICACIÓN DE INSECTICIDAS	31
3.5.1. Organoclorados	31

3.5.2. Organofosforados	32
3.5.3. Carbamatos	34
3.5.4. Piretroides	35
3.6. BIFENTRINA	35
3.7. Uso intradomiciliar del DDT para el control de paludismo	36
4. JUSTIFICACIÓN	38
5. HIPÓTESIS	39
6. OBJETIVO GENERAL	40
7. OBJETIVOS PARTICULARES	40
8. MATERIAL Y MÉTODO	41
8.1. Área de estudio	41
8.2. Evaluación de la Bifentrina polvo humectable utilizando la fase III del esquema de evaluación de insecticidas de la OMS	45
8.2.1. Rociamientos intradomiciliares	45
8.2.2. Medición del Efecto residual de la Bifentrina utilizando pruebas biológicas de pared	45
8.2.3. Efectividad de la Bifentrina utilizando colectas Humanas nocturnas	46
8.2.4. Cambios en los grupos de edad	47
8.2.5. Efectividad de la Bifentrina observando estados de digestión Sella en colectas de mosquitos en reposo	48
8.2.6. Evaluación del comportamiento de entrada y salida de Anopheles albimanus	49
8.2.7. Efectos de la Bifentrina en la comunidad y los rociadores	50

8.2.8. Reducción de casos de paludismo	50
9. Resultados	51
10. Discusiones	55
11. Conclusiones	57
12. Literatura citada	58
13. Anexos (Tablas y Gráficas)	62

1. RESUMEN.

Las respuestas conductuales de las poblaciones de *Anopheles albimanus* Wiedemann a la aplicación de Bifentrina polvo humectable al 10 % en rociamientos intradomiciliarios, fueron estudiadas en 5 localidades cercanas de Chetumal Quintana Roo México, durante los meses de Julio 2001 a Febrero 2002. La mortalidad de los bioensayos en pared fue de 97% en los primeros 30 días cuando el rociado se realizó con bombas de aspersión Hudson o con la técnica de Bajo Volumen, no habiendo diferencias significativas en cuanto a la forma de aplicación. Basándonos en 8 meses de colecta se capturaron 3542 hembras con cebo humano para estudiar el efecto del rociado sobre las densidades y la tasa de paridad, esperando reducir la capacidad vectorial de los mosquitos. La tasa de paridad se redujo al 21 % durante los tres meses iniciales, incrementándose gradualmente conforme la edad del rociado. El grado de Endofilia en *An. albimanus*, colectando un promedio de 3.1 hembras por casa positiva en comparación con 5 en promedio de la localidad testigo, la mortalidad debido al efecto del insecticida, fue de 100% en los 3 primeros meses. Se utilizó la Trampa Cortina Colombiana para medir Exofilia-Repelencia, encontrando un 30% de las hembras liberadas (1,650) tratando de escapar, antes de conseguir éxito alimenticio o por un período corto de reposo dentro del domicilio, las cuales mostraron mortalidades de 100% a las 24 horas en recuperación, sugiriendo que no hay un grado marcado de exofilia. El 85 % de las encuestas sobre la comunidad y los rociadores mostraron que el insecticida no causa ninguna molestia. La tendencia de los casos de paludismo en las localidades rociadas desde las aplicaciones hasta el año 2003 mostraron una reducción en el número de casos por semana, aunque las acciones complementarias al rociado también se realizaron.

2. INTRODUCCIÓN.

El Paludismo o Malaria es esencialmente una enfermedad de los trópicos y subtropicales, común entre los grupos de personas empobrecidas y de bajos recursos económicos donde son característicos los altos niveles de picaduras por mosquitos *Anopheles* (Fig.1). Fuera de estas circunstancias, los brotes se desarrollan cuando ocurren desplazamientos grandes de personas por alteraciones militares o sociales, o debido a desastres naturales. En un tiempo esta enfermedad prevalecía en mayor o menor grado, en todos los continentes habitados y en muchas islas. Hay evidencia arqueológica de la malaria humana en la región este del mediterráneo, desde el inicio del período neolítico y posiblemente también en el sureste de Asia (Tailandia) durante aproximadamente el mismo tiempo (Harwood R y James M., 1993). Hablar de los Orígenes del Paludismo es hablar de los Orígenes del Hombre, ya que dicha enfermedad ha afligido al hombre desde sus orígenes y es probable que afectara ya a sus ancestros homínidos (Bruce-Chwatt y de Zulueta, 1980).

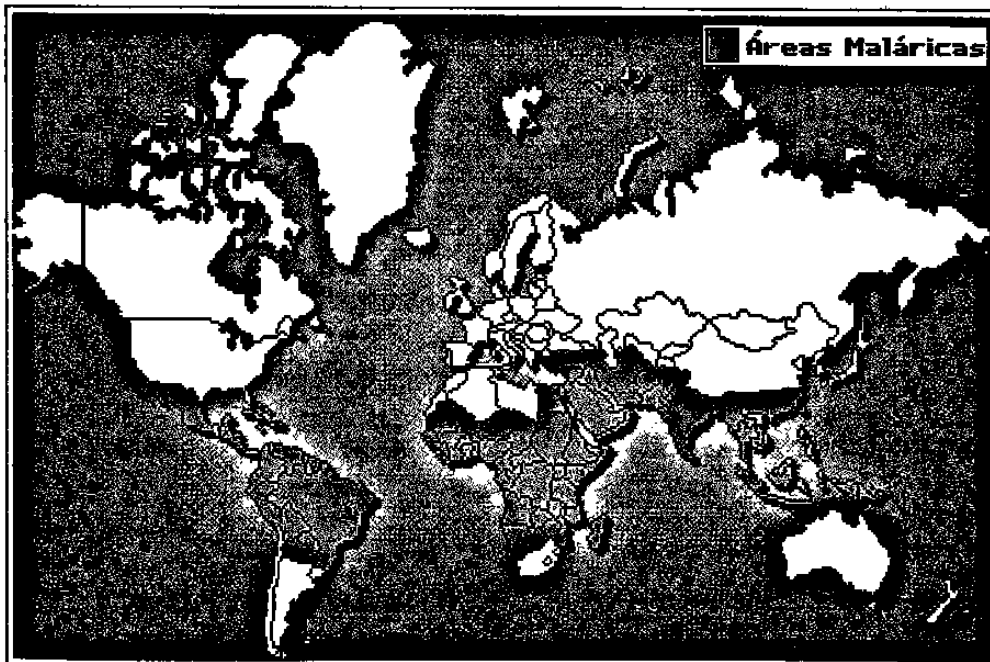


Figura 1. Distribución mundial del paludismo, OMS, 1989.

Existe evidencia arqueológica de Paludismo Humano en el Mediterráneo Oriental desde el inicio del período neolítico y es posible que se haya presentado también durante ese mismo tiempo en el sureste asiático.

La malaria es una enfermedad parasitaria. Las cuatro formas de Malaria humana pueden ser tan semejantes respecto a sus síntomas que es prácticamente imposible diferenciarlas por especie si no se hacen estudios de laboratorio. La forma más grave es la producida por *P. Falciparum* o terciana maligna la cual puede mostrar un cuadro clínico muy variado que incluye fiebre, escalofríos, sudores, diarrea, dificultad respiratoria y cefalalgia, y evolucionar e incluir ictericia, edema pulmonar y cerebral, coma y muerte.

Las otras formas de Malaria Humana, como la causada por *P. vivax* (terciana benigna); *P. Malariae* (cuartana) y *P. Ovale*, por lo general no amenazan la vida, excepto en los niños de muy corta edad, ancianos y los pacientes con enfermedades concurrentes o inmunodeficiencias. La enfermedad puede comenzar con malestar indefinido y fiebre, que aumenta poco a poco en un lapso de varios días, seguida por escalofríos fuertes y aumento rápido de la temperatura, que por lo regular se acompañan de cefalalgia y náusea y culminan con sudores profusos. Después de un lapso de fiebre se repite el ciclo de escalofríos, fiebre y sudores todos los días, en días alternos o cada tercer día, (Benenson, 1997).

La confirmación del diagnóstico de laboratorio se hace por la demostración de los parásitos del paludismo en frotis de sangre.

El paludismo endémico ya no se observa en muchos países de la franja templada ni en algunas zonas de los países subtropicales, pero aún constituye una causa importante de enfermedad en muchas zonas tropicales y subtropicales. Para resumir las condiciones recientes, las estimaciones hechas por la OMS en 1975 declaran que en África, al sur del Sahara mas de un

El rociado intradomiciliario Residual fue la medida exclusiva considerada para la lucha contra la Malaria por la estrategia de erradicación, la cual perduró durante los años 50 y 60. Sin embargo ahora, este no ocupa el rol dominante del pasado, pero aun permanece como un método aplicado para el control del vector de la malaria.

Paralelamente, durante la campaña de erradicación, el número de insecticidas residuales disponibles para el rociado residual fueron muy pocos y, por razones de efectividad, seguridad y costos, el DDT fue la elección obvia. Solo en algunos casos de resistencia, forzaron a la elección de otros insecticidas como el Dieldrin, HCH, Lindano y más tarde en los 60, el Malatión.

Hoy en día no solo el número de insecticidas se ha incrementado considerablemente, incluyendo organofosforados, carbamatos y un creciente número de piretroides, también varios de ellos son ofrecidos en diferentes formulaciones. En adición, debido a la presión de eliminar el uso del DDT, muchos programas se han encontrado con la necesidad de buscar un sustituto del DDT.

Desde 1970, la mayoría de los programas de control de la Malaria, los cuales tratan de mantener continuas coberturas con rociados intradomiciliarios residuales como la principal medida de control, han mostrado un declive progresivo en la calidad de los rociados y por consecuencia en su efectividad.

Esas experiencias y el crecimiento relacionado al potencial de la contaminación ambiental, debido al indiscriminado uso de insecticidas, generan continua dependencia al rociado intradomiciliario para el control de la malaria. Hoy en día el uso de los rociados tienden a ser más selectivas en tiempo y espacio, y requiere mucho mas discriminación en la selección del insecticida, tomando en consideración su afinidad para resolver el problema.

El rociado intradomiciliario como medida de control, las características esenciales de la medida por si misma pueden ser reconocidas. El resultado esperado del rociado intradomiciliario, en contraste con las medidas antilarvales, primariamente no es la reducción de la densidad, si no un incremento en la mortalidad de las hembras preparadas para la transmisión de la enfermedad. El objetivo es matar mosquitos después de alimentarse, mientras reposan en superficies rociadas con insecticida. La mayoría de los vectores de la malaria, pican en las horas cercanas a la media noche mientras la gente normalmente esta durmiendo y en los interiores; generalmente los mosquitos no reposan por largo tiempo antes de alimentarse, pero cuando se llenan a repleción tienden a reposar en las paredes o muebles al menos unas pocas horas. Aun los vectores semiselváticos, los cuales prefieren reposar fuera de los domicilios, pasaran algún tiempo después de alimentarse en las habitaciones humanas. En adición a esto, particularmente en áreas áridas, una casa puede ser el lugar preferido para reposar, aún cuando duerman fuera y así todas las picaduras toman lugar a la intemperie. En contraste, hay situaciones donde una aparente situación endémica es mantenida por el humano siendo expuesto a la transmisión fuera de la localidad, cuando tienen ocupaciones en el campo requiriendo la permanencia de varias noches en la intemperie o bajo condiciones precarias, frecuentemente sin superficies rociadas, aun si lo estuvieran; en estos casos el rociado de la localidad puede tener muy poco impacto sobre la transmisión.

La malaria se logró eliminar de los países desarrollados gracias al control de los vectores mediante el rociado de insecticidas. En estos países, por ejemplo Estados Unidos e Inglaterra, la malaria continúa siendo un problema de salud pública como enfermedad importada, debido al viaje de las personas a países endémicos. En el Reino Unido, Se registraron 2,364 casos de malaria en 1997, todos ellos importados por viajeros. En Europa oriental, donde la

malaria estaba erradicada, la enfermedad ha resurgido como resultado de la situación socioeconómica vivida en los últimos años (WHO, 1998).

En países de África, Asia y América, donde la malaria es endémica, se han realizado intensas campañas de control de la enfermedad, utilizando principalmente el rociado de insecticidas intr. Y peridomiciliar, la utilización de pabellones impregnados con insecticida y el uso de drogas antimaláricas.

El Calentamiento global de la tierra y otros eventos como el fenómeno “El Niño” podrían también jugar un papel importante, incrementando el riesgo de la enfermedad. La enfermedad actualmente se ha extendido en áreas de mayor altitud en África. El fenómeno “El Niño” tiene un impacto debido a los disturbios ambientales los cuales influyen en la reversión del patrón normal de lluvias, lloviendo menos donde llueve mucho y viceversa. Esto modifica la distribución y abundancia de los cuerpos de agua que constituyen los hábitats larvarios de los insectos vectores y de ahí modifican la dinámica de transmisión de la enfermedad. Muchas ciudades han experimentado un incremento en la incidencia de la malaria después de aumento en la temperatura promedio. Mas aún las epidemias podrían no únicamente ocurrir en Mayores áreas, si no ser mas severas debido a que la población afectada podría no tener inmunidad. Estos eventos de aumento en la incidencia de malariae en correlación con eventos provocados por “El Niño” pueden ser registrados en diversas regiones del mundo: en Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, y Venezuela en Sur América; Rwanda en África; Pakistán y Sri Lanka en Asia (WHO, 1998).

2.1. La Malaria en México.

Se han reportado 26 especies de *Anopheles* en nuestro país (Vargas y Martínez Palacios, 1956; Wilkerson y Strickman, 1990; Arredondo-Jiménez, 1995) pero solo tres son los principales transmisores de la malaria: *An. Albimanus* Wiedeman, *An. Pseudopunctipennis*, Theobald y *An. Vestitipennis* Dyar & Knab (Rodríguez y Loyola, 1989; Loyola et al., 1991; Ramsey, 1994; Fernández-Salas et al., 1994; Arredondo-Jiménez, 1995, Villareal et al., 1998).

El Paludismo en México se presenta principalmente en las costas de pacífico desde Chiapas hasta Sonora y del Atlántico en Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y la Península de Yucatán. *Plasmodium vivax* es el principal causante de morbilidad por malaria, representando > 95% de los casos reportados anualmente, mientras que un pequeño porcentaje (<5%) es causado por *P. Falciparum* (DGE/2000), concentrándose el reporte de casos de la última especie, principalmente en la Selva Lacandona del estado de Chiapas y una parte colindante con tabasco (Fig.3).

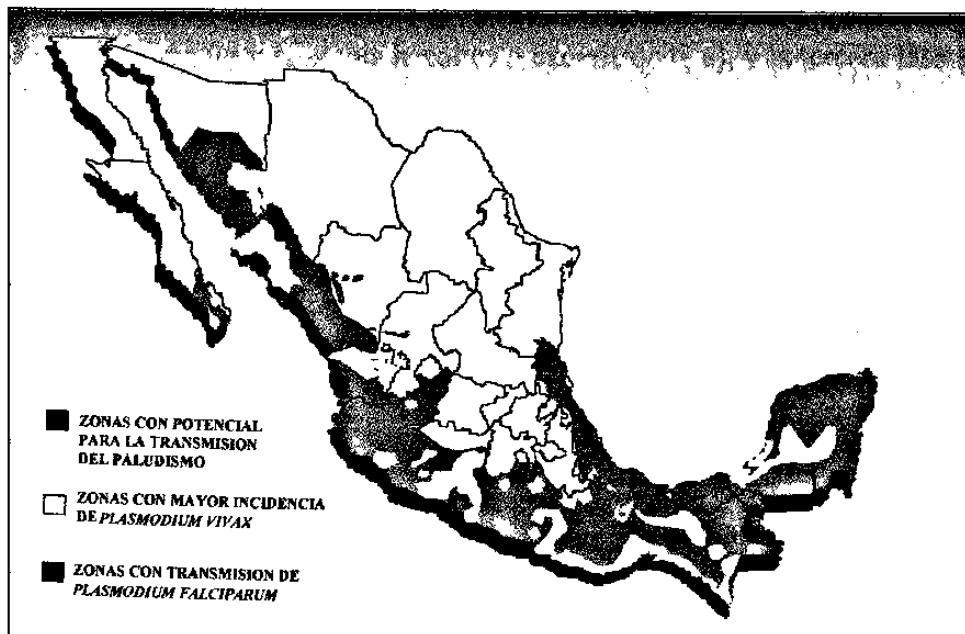


Figura 3. Zonas Palúdicas en México

En la década de los 90, la malaria en México se mantuvo por debajo de los 10,000 casos anuales casi todos los años. Sin embargo durante 1998, se reportaron 14,343 casos, especialmente en Oaxaca (79% de los casos), atribuyendo como causas probables el huracán Paulina que azotó Oaxaca y Guerrero a fines de 1997. Durante 1999, disminuyeron los casos a 5,031, repitiendo Oaxaca como el estado de mayor incidencia con un 50% de ellos. Para el año 2000 se presentaron 3,695 casos y desde ese año en Chiapas se reportó el mayor número de casos con 1,239.

2.2. Ciclo de Vida del *Plasmodium sp.*

El ciclo de vida del *Plasmodium* comprende una fase sexual sin multiplicación que se lleva a cabo en el estomago (intestino Medio) del mosquito *Anopheles*, y tres fases asexuales con multiplicación (fig.4). La primera fase asexual se lleva a cabo en la pared del estomago del Insecto vector (esporogonia) dando lugar a los esporozoitos, y las dos últimas fases en el huésped vertebrado, dando lugar a los trofozoitos. La segunda fase asexual se lleva a cabo en las células parenquimatosas del hígado (esquizogonia hepática o exoeritrocítica), y la tercera fase asexual se lleva a cabo en los glóbulos rojos de la sangre (esquizogonia eritrocítica). Esta tercera fase se repite muchas veces y algunos parásitos se convierten en células sexuales inmaduras llamadas gametocitos, las cuales detienen su desarrollo mientras se encuentran en circulación y son los que inician el siguiente ciclo cuando son ingeridos por mosquitos anofelinos (Knell, 1991; Kettle, 1995).

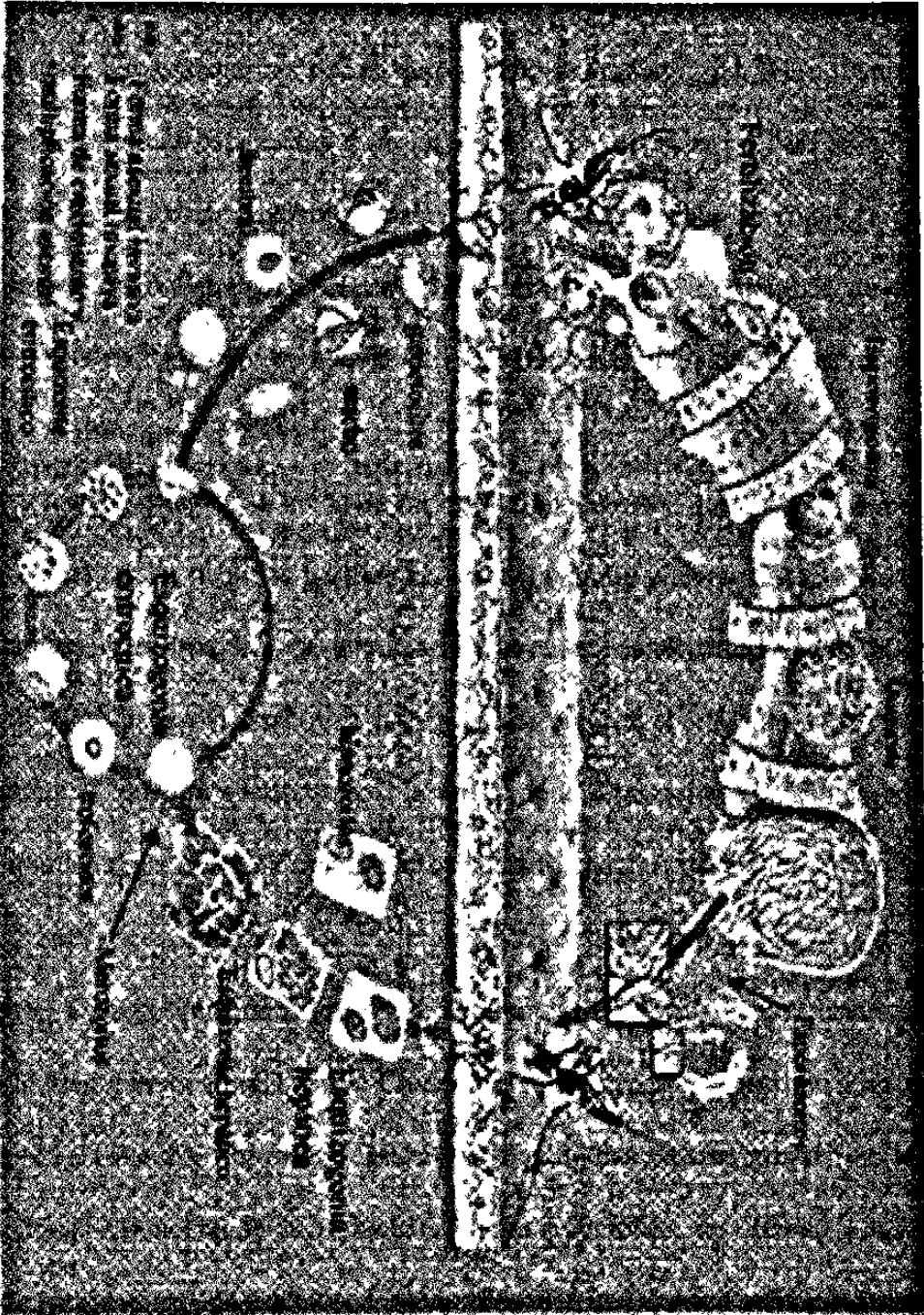


Figura 4. Ciclo de vida del *Plasmodium vivax*.

3. ANTECEDENTES.

Malaria, paludismo, fiebres palúdicas, fiebres intermitentes, fiebres veraniegas, son nombres distintos para una misma enfermedad. El nombre de Malaria fue dado en Italia en 1847 por Torti, porque se creía que era causada por el “aire malo” (en italiano, mal aria) o “miasmas” que se desprendían de las aguas estancadas y de los terrenos pantanosos; y el de Paludismo o fiebres palúdicas, porque las fiebres predominaban entre los pobladores de las zonas cercanas a pantanos, cuyo nombre en italiano es “palude” y en latín “palus”. El nombre de Fiebres Veraniegas se debe a que en Panamá eran más frecuentes y se generalizaban a la terminación de la estación lluviosa y al principio de la sequía.

En fábulas y leyendas griegas, se habla de monstruos misteriosos que salían del fondo de enormes pantanos, envueltos en neblinas pestilentes, lo que a fin de cuentas no era más que un simbolismo de la potencia destructora de la malaria. Hércules, dando muerte a la Hidra de Lerma, monstruo de siete cabezas, simboliza para algunos autores el más antiguo trabajo de saneamiento antipalúdico, ya que el monstruo era un pantano abastecido constantemente por fuentes de agua y que Hércules sólo pudo eliminar excavando canales, desviando el río Alfeo y cortando malezas.

Livio, Galeno, Celso, Varrón, Vitrubio y Columela describieron perfectamente la enfermedad desde la más remota antigüedad, e Hipócrates se refiere en sus escritos a las fiebres palúdicas (aún no se le conocían con este nombre) clasificándolas en tres grupos: cotidianas, ternarias y cuaternarias, reconociendo la influencia de las estaciones, las lluvias y las aguas estancadas en la proximidad de los pueblos. Platón, 184 años A.C., hace referencia del bazo abultado de los enfermos de malaria.

El parásito productor del paludismo fue descubierto con la ayuda del microscopio por el médico francés Charles Louis Alphonse Laverán en el hospital militar de Constantine (Argelia) el día 6 de noviembre de 1880. Al principio creyó que se trataba de un alga a la que llamó *Oscillaria malariae*, sin embargo rectificó luego denominando al parásito hematozoario. Laverán marchó a Italia y convenció de su descubrimiento a los malariólogos Marchiafava y Celli, quienes erigieron el género *Plasmodium*.

En 1897, Welch descubrió el *Plasmodium falciparum* productor de la forma tropical y en 1922, Stephens encontró el *Plasmodium ovale* en el África Oriental. El ciclo evolutivo se descubrió gracias a Sir Ronald Ross (1857-1932) médico inglés quien en 1898 demostró el papel del mosquito intermediario (no lo ubicó taxonómicamente) en el ciclo del paludismo en aves (gorriones y alondras), obteniendo el premio Nóbel en 1902 por sus descubrimientos; sin embargo fue el zoólogo italiano Gian Batista Grassi quien demostró el papel del mosquito como transmisor de la malaria en los humanos, señalando que el insecto del género *Anopheles* es el único vector del paludismo.

3.1. EL MOSQUITO TRANSMISOR: *ANOPHELES SPP.*

Desde el punto de vista parasitológico, los mosquitos del género *Anopheles* y específicamente los ejemplares hembras, son considerados como ectoparásitos temporales; sin embargo, algunos autores los ubican en un importante grupo de animales conocido como Hematófagos, que, en realidad constituyen una situación intermedia entre el parasitismo propiamente dicho y la depredación. Esta disparidad de criterios se debe a la ambigüedad que se presenta en la formulación de un concepto que exponga y comprenda toda la amplia gama de variaciones que conlleva el fenómeno del parasitismo. Los autores rusos Pavlovski, Filipchenko y Dogiel, coinciden en afirmar la relevancia de la forma de vida del parásito, dándole un papel

secundario a la forma de alimentación de éste; aunque los conceptos de estos autores son muy estimables, se acepta el término generalizado de que los parásitos son carnívoros que no destruyen su presa como los depredadores, pero que utilizan su energía.

3.1.1. Categorías sistemáticas para Anopheles:

REINO: Animalia

Organismos multicelulares holozoicos que forman embrión

DIVISION: Eumetazoa

Animales con tejidos y sistemas de órganos.

SUBDIVISION: Bilateria

Presencia de simetría bilateral

SERIE: Protostomia

El orificio primitivo del embrión, el blastoporo, se convierte en la boca, y el ano se forma secundariamente. El sistema nervioso es ventral.

PHYLLUM: Arthropoda

Animales complejos de exoesqueleto con apéndices articulados. Respiración por branquias, tráquea o modificaciones de éstas.

SUBPHYLLUM: Tracheata

Respiración traqueal

CLASE: Insecta

Artrópodos con un par de antenas; 3 pares de patas; cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen.

SUBCLASE: Pterigota Insectos con alas

ORDEN: Diptera

Insectos con un par de alas anteriores bien desarrolladas con las posteriores reducidas a muñones conocidas como halterios. Antenas pequeñas, ojos grandes, aparato bucal perforador y succionador, metamorfosis completa y complicada.

SUBORDEN: Nematocera

Dípteros pequeños conocidos comúnmente como mosquitos. Antenas largas; larvas con cabezas bien desarrolladas con piezas bucales morderas mas o menos desarrolladas.

FAMILIA: Culicidae

Nematóceros pequeños de 2,5 a 6 mm de longitud con cuerpo delgado y patas largas. La probóscide de la hembra se encuentra transformada en un órgano punzante y suctor. Los huevos son aproximadamente de 1 mm de longitud puestos por la hembra en la superficie del agua.

Larvas con cabeza muy bien diferenciada provista de piezas bucales masticadoras; una región torácica globulosa y un abdomen segmentado. Fase pupal con duración de 2 días a una semana.

GENERO: *Anopheles*

Abdomen con escamitas, posición levantada del abdomen durante el reposo; las larvas mantienen una posición paralela del eje longitudinal respecto a la superficie del agua. Hábitos preferentemente nocturnos y raras veces diurnos. La hembra deposita los huevos aisladamente y cada uno de ellos posee un flotador (aparato hidrostático).

3.2. Biología y bionomía.

3.2.1. 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 (Fig. 5). El tamaño, forma y patrón de dichos flotadores varían entre las especies y algunas veces entre individuos de la misma especie. Estas 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 en el criadero. 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 a 3 días a temperaturas de 25 a 30 °C, pero esto puede tomar más tiempo en algunas especies y a temperaturas inferiores. Los huevos de los anofelinos no resisten la desecación tan bien como los aedinos, pero algunos pueden resistir a la desecación total por períodos de pocas horas hasta varios días o a 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.



Figura 5. Huevo de Anofelino

3.2.2. Larvas. Al igual que los demás mosquitos, las larvas de los anofelinos pasan por cuatro fases de muda denominadas estadios. Las formas que adquieren cada una de estas fases se llaman “instars” y son morfológicamente similares excepto por el incremento secuencial de tamaño. Morfológicamente, las larvas de los anofelinos se distinguen fácilmente por la ausencia del sifón respiratorio posterior que se encuentra en los culicinos. Este sifón está reemplazado por un aparato espiracular situado en el dorso, que no se proyecta visiblemente del cuerpo (fig. 6). 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 disponibilidad del alimento. Las larvas de anofelinos utilizan una amplia variedad de hábitats, 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 hábitats similares. Sus microhábitats son generalmente, la vegetación flotante o emergente como algas y jacintos de agua y entre el detrito flotante.

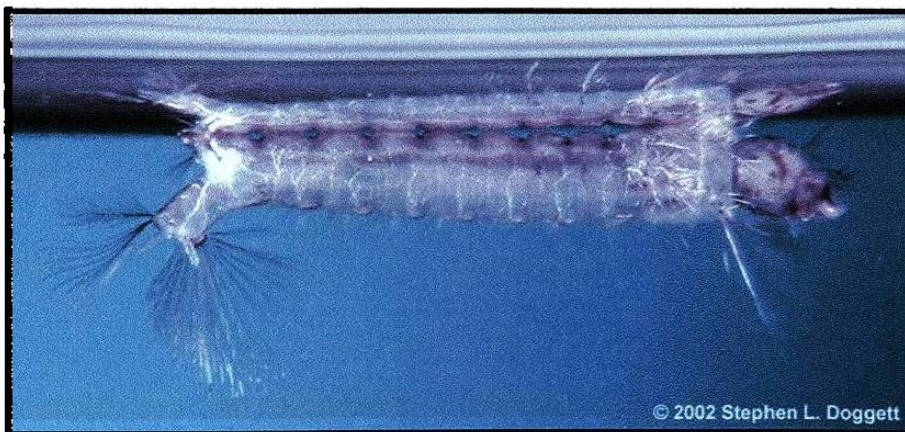


Figura 6. Larva de Anofelino.

3.2.3. 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. Morfológicamente, las pupas de los anofelinos son muy similares a las de los culicinos, pero pueden diferenciarse por la presencia de la cerda 9, que es una espina rígida en el margen lateral posterior en el dorso de los segmentos abdominales III al VII, y por la forma y longitud de las trompetillas (Fig. 7). 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 mas pequeñas y los machos adultos generalmente emergen unas horas antes que las hembras.

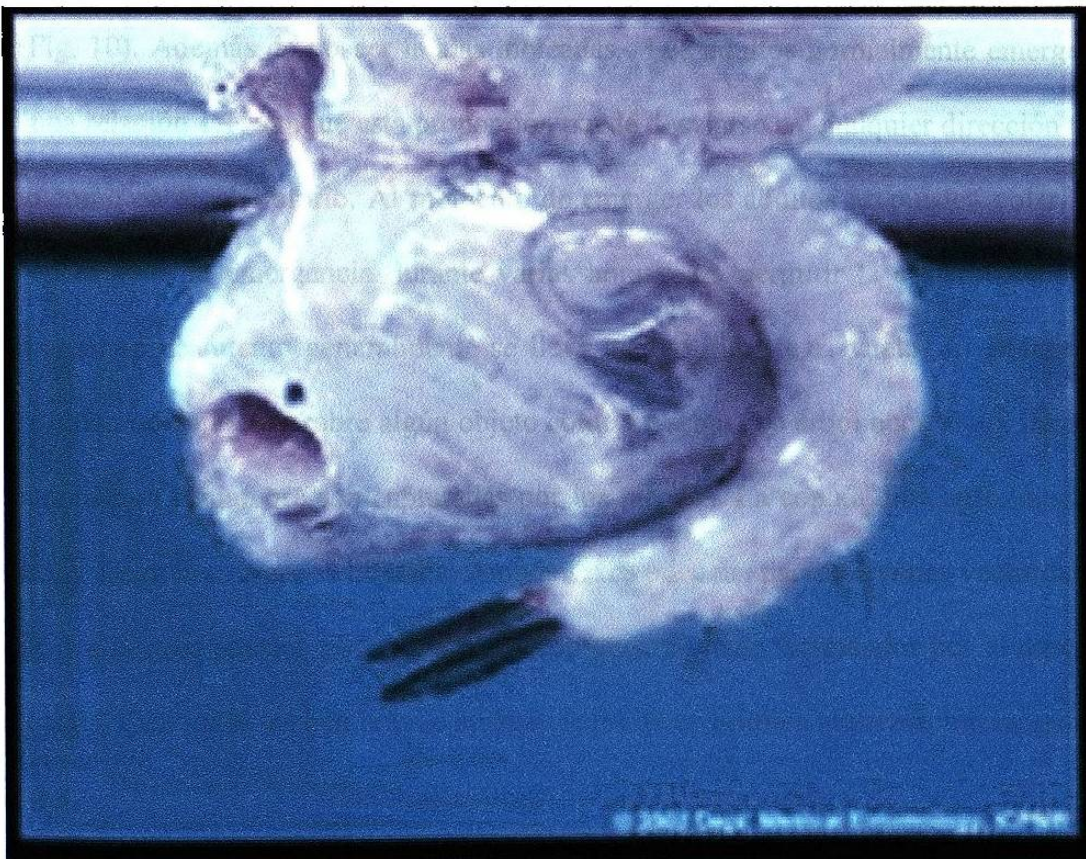


Figura 7. Pupa de Anofelino.

3.2.4. Adultos. Los anofelinos adultos se distinguen morfológicamente por el escutelo (un lóbulo transversal en el dorso del tórax, posterior al escudo), el cual es curvo en toda su extensión en vez de trilobulado como en el género *Chagasia* y en los culicinos (fig.8). En todos los mosquitos adultos, los machos pueden diferenciarse de las hembras por tener pelos más largos en las antenas (Fig. 9). Las hembras de los anofelinos pueden distinguirse fácilmente de los otros géneros de mosquitos por los palpos maxilares, que son casi tan largos como la proboscis, mientras que en los otros géneros, generalmente, no tienen más de un quinto del largo de la proboscis. Los anofelinos de ambos sexos se reconocen fácilmente cuando reposan o se alimentan, ya que sus cuerpos, generalmente adoptan una posición formando un ángulo de 30 ° o más con la superficie, mientras que los cuerpos de otros géneros se mantienen casi paralelos a la misma (Fig. 10). Además de poseer la alas moteadas. Los adultos normalmente emergen de la pupa en una relación 1:1, aunque esta proporción puede desviarse en cualquier dirección tanto en el campo como en el laboratorio. 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 generalmente se lleva a cabo durante el vuelo. Al anochecer, los machos forman un enjambre sobre algún objeto como un arbusto o árbol pequeño, y las hembras que vuelan hacia el enjambre son capturadas por los machos. La copula 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.

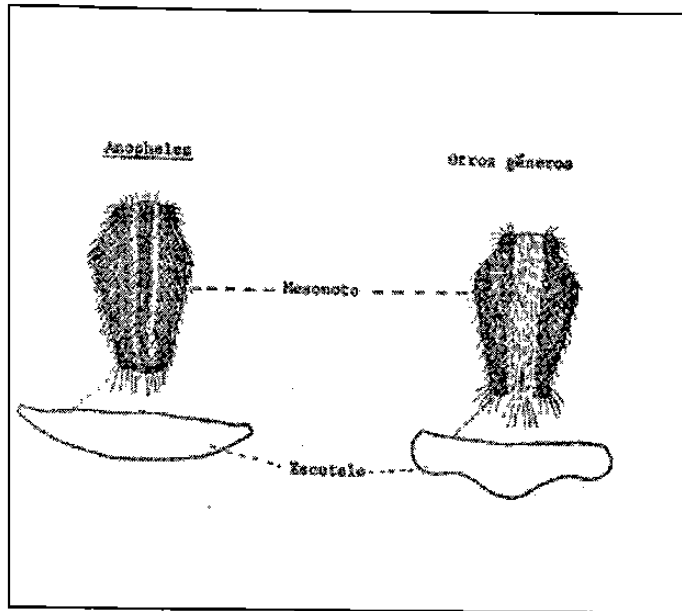


Figura 8. Tórax de Anofelinos y Culicinos

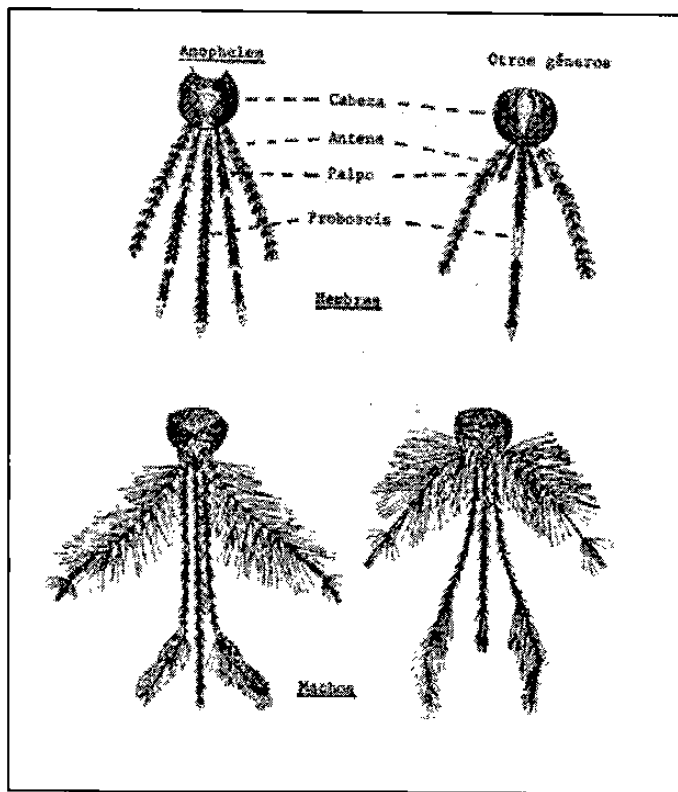


Figura 9. Machos y hembras.

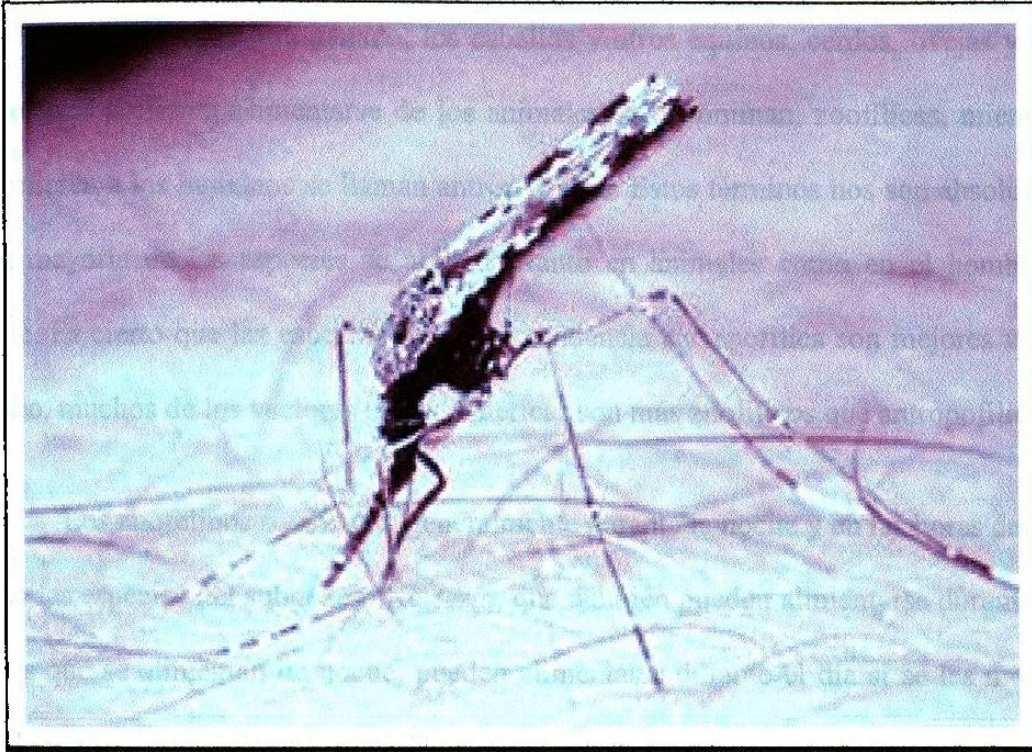


Figura 10. Posición de reposo de Anofelinos.

3.2.5. Ciclo gonotrófico. El ciclo gonotrófico 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 completar este ciclo es generalmente de 2 a 5 días dependiendo de la especie y la temperatura. La rapidez del desarrollo de los ovarios es proporcionalmente inversa a la temperatura, de modo que a temperaturas mas bajas el ciclo gonotrófico puede prolongarse varios días.

3.2.6. Hábitos alimenticios. Se alimentan en una gran variedad de animales, dependiendo primordialmente de la preferencia de una especie por el hospedero y de la disponibilidad de dichos hospederos. Los hospederos más comunes además del hombre, son los animales domésticos grandes como el ganado, los caballos y otros equinos, cerdos, ovejas y cabras. Las especies que prefieren alimentarse de los animales se denominan, zoofílicas, mientras que las que prefieren a los humanos se llaman antropofílicas. Estos términos no son absolutos, es decir que la mayoría de las especies se alimenta tanto en animales como en el hombre en grado variable. Es cierto que las especies de mayor tendencia antropofílica son mejores vectores pero de hecho, muchos de los vectores en las Américas son más zoofílicos que antropofílicos.

Los anofelinos se alimentan generalmente durante la noche y en las horas del crepúsculo excepto las especies del subgénero *Kertessia*, que también pueden alimentarse durante el día. Las especies que se alimentan de noche, pueden alimentarse durante el día si se les molesta en sus sitios de reposo, especialmente si el día está nublado y las densidades del mosquito son altas. La actividad de alimentación nocturna varía entre las especies y cada una tiene un patrón más o menos fijo con picos máximos de actividad, por ejemplo, en el crepúsculo y en las horas de la noche o al anochecer y al amanecer. Estos hábitos pueden alterarse un poco por las condiciones atmosféricas (lluvias o vientos fuertes), la luz de la luna, y la estación o el clima. Por lo tanto, las observaciones de campo deben realizarse durante períodos suficientemente largos para tomar estos factores en consideración.

Debido a que los anofelinos se alimentan con mayor frecuencia durante la noche, hay mayor probabilidad de que las personas sean picadas dentro o cerca de sus casas. A los mosquitos que pican principalmente dentro de las casas se les dice endofágicos y a los que pican

fuera se les denomina esofágicos. En las Américas los anofelinos son generalmente mas esofágicos que endofágicos y la mayoría muestran tasas de picadura mas altas fuera de las casas que dentro de ellas cuando se les ofrece una elección igual de hospederos. Sin embargo, esto no necesariamente implica una mayor tasa de transmisión de malaria fuera de las casas porque, excepto en circunstancias especiales la gente pasa mas tiempo dentro que fuera de las casas. Hay una gran variación en la tendencia de los mosquitos a entrar en las casas; algunas especies entran con facilidad en busca de una alimentación sanguínea, mientras que otras raras veces entran y pican. En algunos casos hay variación dentro de la misma especie.

3.2.7. Hábitos de reposo. Después de alimentarse, las hembras pasan la mayor parte de los días subsiguientes reposando mientras sus huevos se desarrollan y están listos para la postura. El período de reposo varía mucho entre las especies y es de gran importancia para la selección y el diseño de las medidas de control. En el caso de los vectores de la malaria, las hembras generalmente reposan primero sobre las paredes u otras superficies de las casas, debido a que la obtención de sangre humana ocurre principalmente durante la noche cerca o dentro de las casas. Algunas especies pueden permanecer en las casas durante todo su ciclo gonotrófico, otras reposan dentro de las casas durante algunas horas o hasta el día siguiente y luego van en busca de sitios de reposo o a la intemperie. Otras especies reposan solamente por algunos minutos dentro de las casas o se van enseguida. A las especies que reposan dentro de las casas se les denomina endofilicas y las que lo hacen en el exterior exofilicas. La mayoría de los mosquitos, inclusive los anofelinos tienden a reposar durante períodos variables de tiempo antes de acercarse al hospedero para alimentarse, ya sea dentro o fuera de las casas. Por consiguiente es común encontrar anofelinos que no se han alimentado reposando dentro de las casas y establos o cerca de ellos, especialmente durante las primeras horas de la noche. Las hembras que se alimentan en

los animales, establos o al descampado se pueden encontrar reposando durante la noche en las cercas o en la vegetaciones vecinas, pero en la mañana se trasladan a los sitios de reposo diurno, que generalmente están en la vegetación densa cerca del suelo o en las orillas de arroyos sombreados, oquedades de las rocas o en la madera y otros hábitats similares que proporcionan un microclima fresco y húmedo.

3.3. *Anopheles albimanus* Wiedemann.

Distribución: Estados Unidos, México, Guatemala, Honduras, Belice, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Cuba, Haití, República Dominicana, Jamaica, Bahamas, Antillas menores (Fig. 11).



De todos los anofelinos de América tropical, *An. Albimanus* se crían en los hábitats más diversos. Incluyen las márgenes de lagos, lagunas y pequeños arroyos, pero también se encuentran en zanjas de préstamo, huellas de animales, pequeñas depresiones del terreno y en salobre con aguas contaminadas. Las larvas generalmente prefieren zonas bien expuestas al sol, pero algunas veces se encuentran en lugares sombreados.

Esta especie es generalmente zoofílica, alimentándose en animales domésticos como el ganado, caballos, mulas, burros y cerdos, y solo al 15 al 20% se alimenta del hombre. El *An. Albimanus* pica durante toda la noche, pero la mayor actividad ocurre entre el anochecer y la media noche, y durante este período hay un pico de actividad que puede variar con la estación del año, las condiciones atmosféricas y el sitio. Con frecuencia hay un pico secundario justo antes o al amanecer. Cuando se hacen capturas en humanos simultáneamente dentro y fuera de las casas, cerca del 65% o más de las picadas ocurren en el exterior. Sin embargo, y tal como se señaló anteriormente, la importancia epidemiológica de los hábitos de picada que se miden de esta manera debe relacionarse con el sitio donde la población humana se encuentra en ese momento. Las capturas nocturnas, que son necesarias para estudiar estos fenómenos, son caras y difíciles. Sin embargo, se ha determinado que un periodo de captura de 2 a 4 horas durante las primeras horas de la noche es suficiente para mostrar los cambios en las densidades estacionales de esta especie.

Las pruebas de precipitina para estudiar las ingestas sanguíneas de hembras capturadas mientras reposan dentro de las casas, entrando a las mismas o reposando en establos mostraron que aproximadamente un 20% de ellas se había alimentado en seres humanos. Estos resultados indican que esta especie después de alimentarse en las casas puede reposar dentro de ellas, o

uscar otra casa o reposar en otros habitats cerca de o a cierta distancia del poblado. Estudios realizados en México demostraron que las hembras después de picar, el 44 % de las hembras reposa en los techos, el 29% en las paredes y el 27% en los pisos, muebles u otros enseres domésticos. Las hembras que reposaron en las paredes no mostraron preferencia por una altura determinada con relación al piso. Las hembras que picaron al ganado y a otros animales se encontraron reposando en postes, cercas y vegetación cercana. Tales sitios son excelentes fuente de *An. albimanus* para los estudios de laboratorio y puede capturarse un gran número de ellos en unas pocas horas al atardecer. Al amanecer todos estos mosquitos se trasladan a los habitats de reposo diurno que fueron descritas anteriormente.

Las densidades de población de la especie pueden variar enormemente de acuerdo con la época del año. Por ejemplo, en un estudio realizado recientemente en México se registraron tasas de aterrizaje en humanos de 150 mosquitos por hora/hombre durante septiembre y octubre, a diferencia de menos de una hembra por hora-hombre en marzo y abril. Las poblaciones generalmente alcanzan su pico máximo al final de la estación lluviosa y el menor número al final de la estación seca. Estas estaciones se extienden aproximadamente desde abril a octubre y de noviembre a marzo, respectivamente en casi todas las regiones del rango de distribución de esta especie. Sin embargo hay muchas excepciones en el patrón de densidad mencionado, ya sea debido a la variación local de los periodos de lluvia o al tipo de habitats de reproducción. En donde la topografía local es montañosa y bien drenada y la mayoría de los criaderos están restringidos a los arroyos, dichos sitios de reproducción pueden ser arrastrados durante las lluvias y por consiguiente las densidades picos pueden aparecer durante los periodos secos cuando el agua de los arroyos se estanca. La irrigación agrícola también puede influir sobre las poblaciones locales.

Existen informes de que el *An. albimanus* se dispersa a más de 32 Km. Sin embargo, la mayoría de los estudios que utilizan especímenes marcados muestran que esta especie se dispersa a menos de 3 Km. del lugar donde fueron liberados. Por otra parte, estudios realizados en el Salvador señalan que los individuos sobreviven hasta 14 días después de ser liberados. Estos resultados se correlacionan bien con otros provenientes de México que indican una supervivencia de por lo menos de 17 días.

Esta especie ha sido capturada a elevaciones hasta de 1941 m., pero normalmente se encuentran a elevaciones inferiores a los 400m. los resultados obtenidos en exitosas operaciones de control de la malaria en muchos países donde la aspersión residual en las casas se limitó a las áreas por debajo de los 500m., demuestran que éste es el límite superior práctico para dichas operaciones.

3.4. Aspectos relevantes de investigación sobre insecticidas.

Cerca del 60 % del territorio nacional esta en latitud por debajo del trópico de cáncer y rodeado por extensas franjas litorales, comprende una vasta región con condiciones propicias para la transmisión del paludismo. Se estima que el 58 % de la superficie corresponde a zonas endémicas, localizadas en la planicie costera y en las estribaciones de la vertiente del pacifico, en la frontera sur con Guatemala y Belice, en la península de Yucatán, y en el litoral del golfo de México hasta la parte sur del estado de Veracruz.

Los mas de 14 mil casos registrados en 1998 ocasionaron daños a la salud que limitaron la productividad principalmente en la costa del estado de Oaxaca, en la frontera sur de Chiapas y en menor proporción en la sierra de Sinaloa, sitios donde se ha dado atención especial con estrategias antipalúdicas que han permitido abatir la intensidad y dispersión del padecimiento.

Recientemente se detecto un incremento en el número de casos registrados o procedentes de la frontera sur con Guatemala y Belice. La región vecina a la línea divisoria sur con los estados de Chiapas, Tabasco y Quintana Roo, son áreas consideradas altamente receptivas y vulnerables, principalmente para la transmisión del paludismo por *Plasmodium falciparum*, razón por la que se da atención especial por parte del nivel nacional. Mas ahora que se observa una evolución favorable en el contexto general, esta región esta considerada en las prioritarias del programa nacional.

Son muchas las investigaciones que se han realizado en relación con la ecología vectorial. Las respuestas conductuales de las poblaciones de vectores anofelinos a las operaciones de control antimaláricas han tenido mayor énfasis en el rociado residual de las habitaciones con DDT, dieldrin y lindano, (Hamon J. Et. Al., 1970).

Es bien conocido que los depósitos de DDT ejercen un efecto irritante sobre los mosquitos adultos. La respuesta precisa de cada mosquito varia con la especie, condiciones fisiológicas, ambiente y la naturaleza de los depósitos de DDT. También se sabe que este efecto irritante es compartido por otros insecticidas, y que el DDT y el dieldrin tienen un efecto deterrente, previniendo la entrada de anofelinos a las casas tratadas. Este efecto deterrente ha sido registrado para varios carbamatos y organofosforados.

El contacto prolongado con los depósitos residuales es letal para la mayoría de los anofelinos susceptibles. En áreas tratadas los vectores no entrarán a las casas rociadas o entraran y las dejaran después de adquirir la dosis letal; o entraran y permanecerán en la casa hasta morir. La única oportunidad de sobrevivir para el vector es la Exofilia. Si el ambiente es favorable, con huéspedes alternativos fuera de las casas, refugios naturales convenientes y rangos permisibles

de humedad relativa y temperatura, la población vectorial probablemente sobrevivirá en una exofilia impuesta; si no el vector será erradicado.

Si las condiciones ambientales no son favorables, la longevidad del vector se reducirá y muy pocas hembras alcanzaran una edad Epidemiológicamente peligrosa. Sin embargo si las condiciones son buenas, la longevidad de la población vectorial será normal, permitiendo la transmisión de la malaria dependiendo de la relación entre el vector y el huésped.

Cuando los humanos pasan parte de la noche durmiendo fuera, o si el vector se alimenta fuera durante el día o si las casas están dentro de la maleza o pobremente construidas, el contacto entre el vector y el hombre será virtualmente normal a pesar del rociado intradomiciliar, y la transmisión de Malaria no se interrumpirá.

En todos los casos, cualquier decremento en la calidad de la cobertura de los insecticidas y cualquier incremento de los humanos por pasar la noche o dormir fuera de sus casas, facilitarán la transmisión de la Malaria.

Hamon y colaboradores en 1970 analizan las respuestas de Anofelinos a las operaciones de control con DDT, dieldrin en los rociados intradomiciliarios en diferentes áreas del mundo: Mediterráneo, Etiopía, Región Neotropical, Oriental e Indomalaya y la región Australiana. Los aspectos que fueron tomados en cuenta en esta discusión fue la sobrevivencia de los vectores en Exofilia, las relaciones entre el vector, el plasmodio y el humano y los cambios en el comportamiento de las poblaciones de los vectores.

Garret J y Shidrawi G., 1969 estudiaron el rociado con DDT en el Noreste de Nigeria, en el cual observaron que la tasa de picadura por hombre se redujo sustancialmente, así como la expectativa de vida de *A. gambiae*. Una reducción en la proporción de hembras paridas fue

observada en los meses siguientes a la aplicación del DDT. La expectativa de vida fue reducida de 7.1 a 0.8 días. Este estudio fue considerado como un ejercicio en entomología epidemiológica.

La influencia fisiológica sobre la conducta de *Anopheles darlingi* al DDT, fue estudiada por Roberts D. et. al., utilizando cajas tratadas y no tratadas con DDT en Marzo de 1980 y 1981. La tasa de escape de las cajas fue uniformemente mayor en las cajas tratadas que de los controles, exhibiendo una condición fisiológica de los mosquitos. También reportaron diferencias significativas en las tasas de escape durante los 5-10 minutos de observación. La presencia del DDT en las cámaras fue la que determinó los patrones de escape de las poblaciones de Mosquitos.

Fernández-Salas I. et.al., (1993) estudiaron los patrones de selección de huéspedes de *Anopheles Pseudopunctipennis* bajo condiciones de rociado intradomiciliario en el sureste de México. La proporción de hembras reposando fuera de las viviendas, hembras alimentadas con sangre humana declinaron marcadamente después de que las casas fueron rociadas con DDT. Esta respuesta al rociado fue atribuida a un efecto de éxito-repelencia del DDT.

En el Año 2000 Arredondo J. et. al., realizaron ensayos con la Bifentrina Polvo humectable para el control de *Anopheles sp.*, en Tapachula Chiapas, México. Midieron el efecto residual de este piretroide en diferentes superficies y a diferentes concentraciones, obteniendo una mortalidad mayor al 75% durante 22 semanas a 37.5 mg por metro cuadrado de i.a, en todas las superficies probadas. Se hizo un comparativo con Deltametrina, comprobando mediante la utilización de la trampa cortina colombiana que Bifentrina tenía un efecto de menor repelencia hacia los mosquitos.

Finot et al. 1997 evaluaron el potencial de la Bifentrina para el control de mosquitos sugiriendo las bases para la investigación sobre susceptibilidad de larvas, estudios de adultos con

papel filtro, aplicaciones tópicas y pruebas de irritabilidad. En suma las investigaciones preliminares se llevaron a cabo para evaluar la posible resistencia cruzada con otros insecticidas.

Las especies estudiadas incluyeron cepas susceptibles de *An. gambiae* s.s., y *Culex quinquefasciatus* y *An. gambiae* s.s cepa VK-PR (resistente a la permetrina y al Dieldrin), *Ae. aegypti* cepa LHP (resistente al DDT y piretroides) y *Culex quinquefasciatus* cepa BK-PR (resistente al DDT, organofosforados y piretroides).

Los bioensayos en larvas se llevaron a cabo con 5 concentraciones de soluciones alcohólicas del ingrediente activo y larvas de tercero y cuarto estadio en cuatro vasos y tres replicas. Se registro la mortalidad a las 24, 48 y 72 horas y los resultados fueron sujetos a análisis probit.

Los resultados mostraron que *An. gambiae* s.s fue 10 veces menos susceptible que *Ae. Aegypti* y *Cx. Quinquefasciatus*. Este fenómeno no fue comúnmente observado con otros piretroides tales como la Deltametrina y permetrina.

Aplicaciones tópicas sobre adultos utilizando un 0.1 microlitro de ingrediente activo diluido en acetona fue aplicado con una tubo microcapilar en el pronoto de tres mosquitos hembras de 5 días de edad, los cuales se mantuvieron en una superficie fría después de haber sido anestesiados con CO₂. Después del tratamiento las hembras fueron mantenidas en grupos de 25 en tazas de plástico a 28 °C y 80 % de humedad relativa adicionando azúcar para su alimentación. Se monitoreo la mortalidad después de una hora y a las 24 horas. Para cada prueba fueron usadas 25 hembras. Hubieron 2 replicas, cada una usando 5 concentraciones que dieron entre 5 y 100% de mortalidad. Contrario a los bioensayos larvales, la susceptibilidad de *An. gambiae*, *Ae. Aegypti* y *Cx. Quinquefasciatus* fue similar y la toxicidad inherente de la Bifentrina fue 10 veces más que la permetrina.

Bifentrina al 0.125% tiene un efecto irritante similar sobre las tres especies estudiadas, (mismo tiempo que pasan sobre la superficie tratada, el 50% (18.2- 29.4 seg.) y el 95% (260.3- 363.5 seg.). Sin embargo, este efecto irritante fue al menos tres veces más bajo que la permetrina (50%: 6 seg. y 95% 35.9 seg.) y Deltametrina (50%: 7.1 seg. y 95% 34.seg. El estudio mostró que la Bifentrina es menos irritante que la permetrina y la Deltametrina.

En India Yadav R.S et. al., 1999., evaluaron Bifentrina polvo humectable al 10% en rociados intradomiciliarios contra *Anopheles culifascies*, especie con triple resistencia al DDT, HCH, y Malatión. Las dosis de 100 a 200 mg/m², causaron una mortalidad mayor o igual a 80% hasta por 24 semanas; la de 50 mg/m² el mismo período de tiempo en madera, barro y metal y paredes de ladrillo solo 16 semanas. Bifentrina a 25 mg/m² produjo una mortalidad por arriba de 80% en 24 semanas sobre superficies de metal y barro.

3.5. Clasificación de los insecticidas.

Por su estructura química y al uso en salud pública, los insecticidas se clasifican en cuatro grupos: Organoclorados, órgano fosforados, carba matos y piretroides (Pant, 1988).

3.5.1. Organoclorados: Ejemplo. DDT, lindano, dieldrin.

Propiedades: Baja volatilidad, químicamente estables, solubles en lípidos, lento grado de biotransformación y degradación. Todos los compuestos que pertenecen a este grupo se caracterizan por:

1. La presencia de carbón, cloro, hidrógeno y algunas veces oxígeno, incluyendo un número de enlaces C-Cl.
2. La presencia de carbonos cíclicos (incluyendo anillos bencénicos).

3. La ausencia de sitios activos en la molécula.
4. Son polares y lipofílicos (se fijan en tejido graso).

DDT [1,1,1 –tricloro-2,2bis (paraclorofenil) etano] OMS16

El DDT es el insecticida orgánico más conocido y ampliamente usado, fue primeramente sintetizado por Tomar Zeidler en 1874, un estudiante Austriaco, pero sus propiedades insecticidas las descubrió el Dr. Paul Muller entre 1940 – 1942. El DDT es un polvo blanco con un ligero olor, insoluble en agua pero soluble en muchos solvente orgánicos. La principal vía de acceso al interior es a través de los lípidos de la cutícula.

Es un insecticida de acción neurotóxica, el cual afecta la función nerviosa por los mecanismos: 1) Inactivación del cierre del canal de sodio iónico, 2) reducción del transporte de potasio iónico a través de los poros, 3) inhibición de las enzimas ATPasas dependientes de Na^+K^+ y $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$, y 4) inhibe la habilidad de la calmodulina para regular cantidad de ión Ca^{2+} en el citosol, esencial en la liberación de neurotransmisores. Todo esto ocasiona que el potencial de acción del impulso nervioso sea extendido de su duración normal, retrasando la repolarización post potencial de la célula de 10 mseg. Hasta 30 mseg. (Echobicon, 1996). El impulso nervioso espontáneo se transforma en una serie continua después de la aplicación del DDT (Lagunas y Rodríguez, 1989).

3.5.2. Organofosforados:

Ejemplos: Malatión, temefos, metil-pirimifos, fentión, clorpirifós.

Propiedades: Se llaman así porque químicamente son diferentes formas de fosfatos. El primer producto fue descubierto por el alemán Gerhard Schraer en 1934. Los insecticidas

organofosforados, normalmente son ésteres derivados de los ácidos fosfóricos, fósforotioico, fósforoditioico, fosfonotioico, que a veces tienen grupos amidas o tiol. La mayor parte son solo ligeramente solubles en agua y tienen un alto coeficiente de partición aceite / agua y baja presión de vapor. Con excepción del diclorvos, la mayoría de los insecticidas organofosforados tienen baja volatilidad. La principal forma de degradación es la hidrólisis.

Malatión (OMS1)

Organofosforado con actividad insecticida y acaricida, de amplio espectro. Es un líquido transparente amarillo claro, con un olor semejante al mercaptano, soluble en la mayor parte de los alcoholes, ésteres solventes aromáticos y cetonas. Ligeramente soluble en éter de petróleo. Es estable durante períodos muy prolongados de tiempo, siempre que las condiciones de almacenaje sean adecuadas. Se recomienda almacenar a temperaturas de 20 a 25 °C.

El Malatión es uno de los insecticidas más seguros, con una DL50 de 900-5800 mg / Kg. Es detoxificado por el hígado en los mamíferos. Este insecticida mata por contacto, estomacal y por acción fumigante. Presenta selectividad debido a la presencia de grupos carboxilo, su función principal es inhibición de acetilcolinesterasa, enzima esencial en la función del sistema nervioso, al actuar como sustratos falsos competidores del neurotransmisor acetilcolina, ocasionando que se perpetúe el impulso nervioso por permanecer el neurotransmisor en el espacio sináptico, presentando la condición de neurotoxicidad retardada inducida por Organofosforados. La forma más común de biotransformación es por hidrólisis en insectos y mamíferos.

3.5.3. Carbamatos:

Ejemplo: Propoxur, bendiocarb, carbaril.

El desarrollo de los insecticidas Carbamatos se basó en la estructura de la fisostigmina (comúnmente llamada eserina). Esta sustancia es el principal alcaloide de la planta *Physostigma venenosum* Balfour. El grupo de los Carbamatos corresponde en su mayor parte a derivados del ácido N-metil-carbámico. Los Carbamatos empleados como insecticidas tienen baja presión de vapor y baja solubilidad en agua; son moderadamente solubles en benceno y tolueno y lo son más en metanol y acetona. La biotransformación se realiza a través de tres mecanismos básicos: Hidrólisis, Oxidación y conjugación. La eliminación se hace principalmente por vía urinaria.

Propoxur [(2-isopropoxyphenyl N-metil carbamato)] (OMS33)

Carbamato con acción insecticida.

Es un insecticida no sistémico de amplio espectro, con actividad por ingestión y contacto, efecto de choque y acción persistente, soluble en todos los solventes orgánicos polares. Estable en condiciones normales de almacenamiento. Susceptible de hidrolizarse en medio alcalino fuerte. Es activo sobre numerosas plagas domésticas. Cabe destacar, además de su rapidez de acción, el efecto expulsivo (saca los insectos de sus escondrijos, cucarachas, chinches, grillos, etc.), interfiere la transmisión de los impulsos nerviosos por inhibición de la colinesterasa, al igual que los organofosforados, aunque la unión con la acetilcolinesterasa es menos duradera.

3.5.4. Piretroides:

Ejemplos: Bifentrina, Deltametrina, permetrina, cipermetrina, ciflutrina, lambdacialotrina.

Todos los insecticidas piretroides son ésteres de ácidos carboxílicos (excepto un grupo de ésteres de oximas, aún no explotados comercialmente) compuestos de tres partes (mitad carboxílicos, enlace éster y mitad alcohólica) y generalmente no tienen más de tres centros quirales, localizados en los carbonos 1 y 3 del anillo del ciclopropano y en el carbono de la mitad alcohólica.

3.6. Bifentrina.

Es un insecticida piretroide sintético, no alfa ciano, descubierto por FMC Corp., al cual la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (US EPA) le otorgó el primer registro en 1984, (fig. 21). Además de controlar insectos chupadores, masticadores y voladores, también es muy activo contra arácnidos. Tiene una alta actividad lipofílica, por lo que prefiere los aceites y tejidos grasos de los insectos. No es soluble en agua y permanece adherido a las moléculas del suelo, la contaminación de mantos freáticos no es un problema. Bifentrina actúa por contacto, ingestión o inhalación en los insectos, además tiene una baja presión de vapor, por lo que los insectos deben entrar en contacto con el producto para causar su muerte. Para humanos, el potencial de intoxicación por inhalación es bajo.

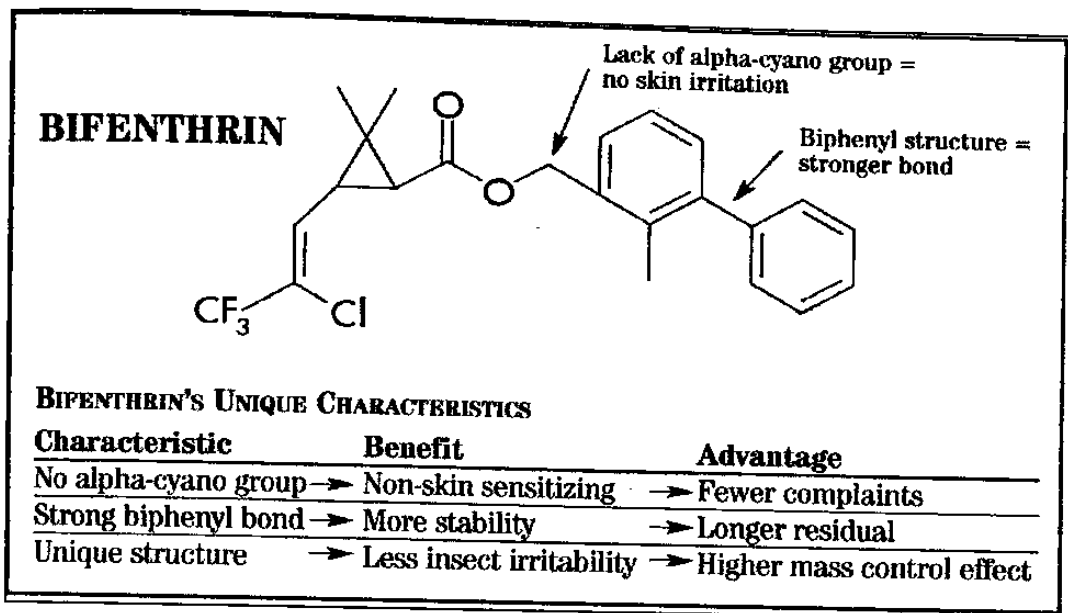


Figura 12. Molécula de Bifentrina (FMC, 2001)

3.7. Uso intradomiciliar del DDT para el control del Paludismo.

El DDT era una herramienta para el control de algunos vectores de paludismo, pero no es útil en todas las condiciones. Por ejemplo, el DDT fue notablemente efectivo contra anofelinos de todo el mundo, tanto en Europa, Norteamérica, Asia, África, como Centro y Sudamérica. Por Ejemplo, *An. Darlingi* en Sudamérica y *An. Funestus* Giles en África, como dichas especies pican en el interior de los domicilios y reposan en las paredes antes y después de picar y de paso aún no presentan resistencia al DDT, su control por el uso de DDT es posible. Por otro lado, algunos vectores como *An. Nuneztovari* Gabaldon son exofílicos y generalmente pican en el peridomicilio. Ningún tratamiento con insecticidas aplicado a las paredes es efectivo si el vector es exofílico y esofágico. Antes de que las autoridades responsables del control del paludismo consideren el uso de un tratamiento residual en las paredes de las casas (con DDT,

piretroides o algún otro), se necesita realizar estudios sobre los hábitos del vector responsable de la transmisión (Rozendaal, et al., 1989).

El DDT tiene un efecto de éxito –repelencia sobre algunas especies de *Anopheles*, característica que se cree es una de las razones que lo hace efectivo en romper el ciclo de transmisión de la malaria, si la transmisión se realiza en el intradomicilio. Esto fue observado en los inicios del uso del DDT por Metcalf et al. (1945) en *An. Quadrimaculatus* Say. Recientemente, Loyola et al. (1990) y Arredondo-Jiménez et al (1993^a), encontraron que el DDT es efectivo para controlar el paludismo, a pesar de que ha sido aplicado en zonas en donde aparentemente los anofelinos son muy resistentes a dicho insecticida.

Los compromisos contraídos por los acuerdos paralelos al tratado de libre comercio para Norteamérica, específicamente el acuerdo para la cooperación ambiental, enlistó entre sus sustancias peligrosas al DDT, por lo que el gobierno de México se comprometió a discontinuar su uso en programas de salud pública para el 2006. No obstante, a partir del año 2000, no se usa más el DDT en México.

5. JUSTIFICACION.

En seguimiento al Plan Regional de Acción de América del Norte para el manejo de DDT, estipulado en la Resolución 95-5 por el Consejo de Gobierno de Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA), que considero disminuir la exposición del humano y del ambiente a este compuesto hasta su sustitución, se acordó probar entre otras opciones los nuevos insecticidas piretroides. Ahora de manera particular se propone la Bifentrina 10 WP, caracteriza por ser biodegradable, no acumulativa, de amplio espectro y baja toxicidad.

La mayoría de los artículos que tratan sobre respuestas conductuales a la aplicación de Insecticidas en rociados intradomiciliares explican un comportamiento en relación con el DDT y solo recientemente en salud Pública se empezaron a estudiar los piretroides, a pesar de que estos ya eran utilizados en la Agricultura.

Este proyecto de investigación pretende probar la Bifentrina polvo humectable en la búsqueda de insecticidas alternativos efectivos para contar con un esquema de rotación de insecticidas.

5. HIPÓTESIS.

Existe la posibilidad que de acuerdo con la formulación de Bifentrina polvo humectable para rociado en pared, sea un producto con mayor residualidad, menor repelencia sobre *Anopheles albimanus*, disminuyendo la exofilia, la longevidad de las hembras a niveles que signifiquen bajo riesgo de transmisión de plasmodios y que la presión de selección de las poblaciones por los insecticidas sea menor con la rotación y por ende no generar resistencia a los mismos.

6. OBJETIVO GENERAL.

Valorar la efectividad del rociado domiciliario semestral del piretroide sintético Bifentrina en dosis de 25 mg/m² de ingrediente activo como coadyuvante para interrumpir la transmisión del paludismo.

7. OBJETIVOS PARTICULARES.

- Evaluar la eficacia residual de la Bifentrina.
- Valorar la aceptación de la comunidad protegida y del personal aplicativo del insecticida.
- Cuantificar el efecto de endofilia de los vectores al insecticida.
- Cuantificar los cambios de comportamiento de entrada y salida de las viviendas rociadas con Bifentrina de los anofelinos.
- Comparar mediante los indicadores IPA, ILP y ILOP el impacto epidemiológico del insecticida.

8. MATERIAL Y METODO.

8.1. Área de estudio: El sur del Estado de Quintana Roo, en las localidades de Juan Sarabia, Ramonal, Allende, Laguna Guerrero y Raudales, localizadas en la frontera que divide el Río Hondo entre México y el país de Belice, áreas rurales situadas a 50 kilómetros de la capital del estado, Chetumal, fueron escogidas para esta investigación (fig. 13). Estas localidades con una hiperendemia marcada de casos de Malaria y elevados índices de picaduras de *Anopheles albimanus* durante el 2001, con sitios de crianza pantanosos formados en los márgenes del río Hondo, de difícil acceso para las medidas de control larvario.

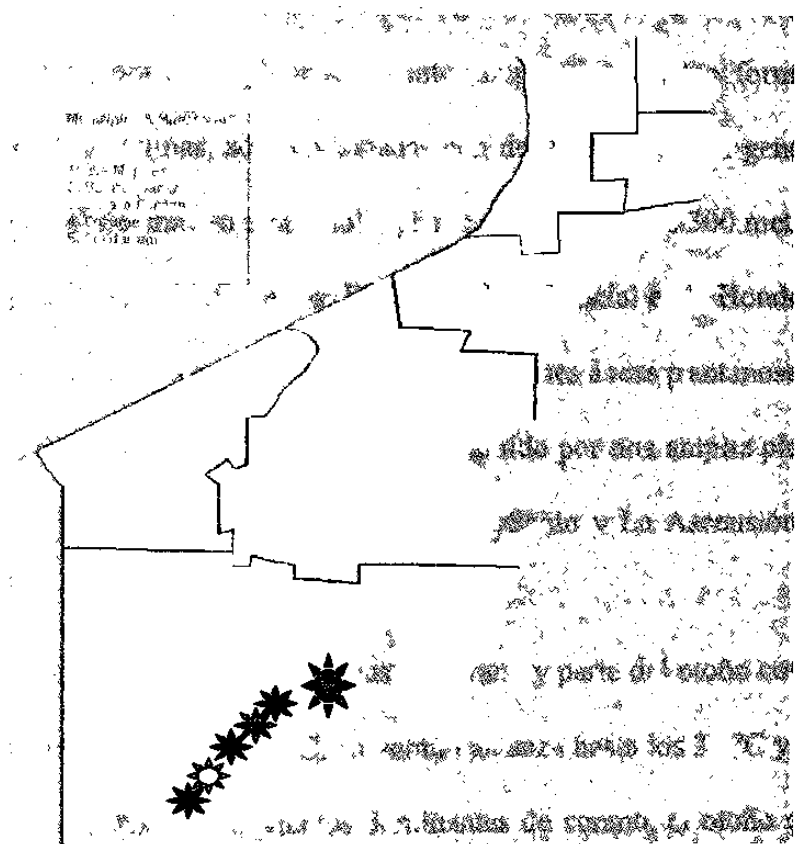


Figura 13. Área de estudio.

Quintana Roo está situado en la zona tropical del Sureste del país en la parte oriente de la península de Yucatán, limita al sur con Guatemala y Belice, al Norte con el Golfo de México, al este con el Mar Caribe y al Oeste con el estado de Campeche, está entre los paralelos 18° y 22° latitud Norte y 86° y 90° de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Tiene una extensión de 50,843 km², se divide políticamente en 8 municipios con 937,336 habitantes, con diferente cultura, hábitos y costumbres, predomina población mestiza.

La fisiografía esta representada por la plataforma Yucateca, ultima región en emerger del país, comprende selva, sabana y costa, el relieve es una planicie de gran uniformidad, la disolución constante de las rocas calizas amplia las fisuras por donde circula el agua convirtiéndolas en cavernas, la planicie se interrumpe por cenotes formado por techos de cavernas derrumbadas; dolinas, son hondonadas con depósitos de agua generalmente naturales. La altitud va del nivel del mar en una amplia planicie por debajo de 300 metros hasta la máxima del cerro del madrigal con 1,100 metros. El único río superficial es el Hondo, limite natural con Belice, en sus márgenes el agua estancada forma e normas áreas pantanosas. Otras fuentes de agua son los cenotes y aguadas. El litoral esta constituido por una amplia plataforma continental y tres bahías principales que son Chetumal, Espíritu Santo y La Ascensión; y arrecifes e islas coralígenas.

El clima es cálido húmedo con lluvias en verano y parte del otoño con mas de 2,000 mm, la temperatura media anual es de 27 °C, en verano alcanza hasta los 35 °C y la humedad relativa predominante es de 70-80 %. Los vientos dominantes de verano, el otoño e invierno soplan de Este a Noreste, en primavera del Sureste, durante el año se presentan vientos ciclónicos. Estos

factores favorecen la intensidad transmisión del paludismo durante la temporada de mayor precipitación.

La selva tiene árboles maderables como el cedro rojo, caoba, Ceiba, ayaxche, plantas trepadoras y ectoparásitas; comestibles como chicozapote, plátano, naranjo, mamey; en la costa acacias, palo de tinte y mangle.

Los materiales de construcción de las viviendas son paredes de bloque, que corresponden al 41 %, de madera 28%, techos de palma, tejamanil o madera. Además existe un gran número de viviendas temporales con condición precaria donde los moradores suelen vivir en hacinamiento.

La producción agrícola es de maíz, arroz, soya y cacahuate entre otros; la explotación ganadera es de bovinos, porcinos y ovinos; también hay avicultura y apicultura. La producción forestal y pesquera es importante; hay industria de alimentos, minerales, muebles y textiles.

La industria turística es la fuente principal de la economía estatal, ha creado grandes polos de desarrollo demandantes de toda clase de servicios. El Comercio sin impuestos ha tomado auge desde el año 2000 en la frontera con México y Belice en la zona libre del vecino país y el entretenimiento con la instalación de Casinos. Los empleos temporales algunos como la albañilería genera brotes de paludismo, al traer trabajadores de la construcción con parásitos de paludismo en periodo de incubación, que son ingeridos fácilmente por mosquitos vectores, ya que los trabajadores comúnmente pernotan en condiciones de desprotección quedando expuestos a la picadura de estos.

En cuestión de comunicaciones se han hecho grandes inversiones en los últimos años para mejorar su magnitud y calidad, para 1984 el estado contaba ya con 3,687 kilómetros de carreteras, cuatro aeropuertos, doce puertos y 17 estaciones de televisión.

La Secretaría de Salud inicia en 1999 un plan de atención especial, mediante apoyo y canalización de recursos humanos, financieros, insumos, equipos y asesoramiento. La estrategia incluye; estudios entomológicos, pesquisa de febriles, promoción de la notificación, observación prioritaria de muestras de sangre, tratamientos individuales de cura radical y masivos en dosis única, rociado domiciliario rápido, nebulizaciones espaciales, aplicación de larvicidas y saneamiento básico con participación comunitaria.

Los factores geográficos, demográficos y socioeconómicos determinan el potencial malariogénico y el nivel de endemividad, además de los intensos movimientos migratorios nacionales e internacionales.

Las especies de mosquitos involucrados como vectores primarios en la transmisión con *Anopheles albimanus* y *An. Vestitipennis*, secundarios, *An. Pseudopunctipennis* y *An. Crucians*. Otras especies registradas en la literatura para el estado aunque no han sido reportadas por el personal de entomología del programa estatal son *An. Apicimacula*, *An. Bradleyi*, *An. Punctimacula* y *An. Veruslanei*.

De 1991 a 2001 el promedio anual de casos fue de 254, el índice de laminas positivas 0.2, el índice parasitario anual por mil habitantes de 0.1, el índice anual de exámenes de 5.1 y el índice de rociamientos de 21.8, la transmisión se mantiene con diferente intensidad durante todo el año, la población mas afectada es la rural.

8.2. Evaluación de la Bifentrina polvo humectable utilizando la fase III del esquema de evaluación de insecticidas de la organización mundial de la salud.

8.2.1. Rociamientos intradomiciliarios: Se roció con Bifentrina al 10 % polvo humectable a dosis de 25mg de i.a. por metro cuadrado, preparando 62.5 gr del insecticida en 10 litros de agua, utilizando bombas de aspersión Hudson X-Pert con una descarga regular de 750 ml/min. a una presión promedio de 40 libras y bombas de Bajo volumen Solo, preparando 250 gr de insecticida en 10 litros de agua.

8.2.2. Medición del efecto residual de la Bifentrina utilizando pruebas biológicas de pared.

Con mosquitos capturados en las localidades mediante colectas con cebo humano se realizaron quincenalmente hasta completar ocho meses, pruebas biológicas de pared de acuerdo con los métodos recomendados por la OMS para determinar el efecto residual del insecticida, sobre diferentes materiales de construcción con los que están hechas las paredes de las casas. Determinando la mortalidad 24 horas después de concluir el tiempo de exposición en conos de acetato. Un total de 15 mosquitos hembras de *Anopheles albimanus*, fueron expuestos a las superficies rociadas durante una hora, tiempo para que los mosquitos adquirieran la dosis letal media necesaria para morir dentro o fuera de las viviendas. Se escogió como referencia de estudio una sola casa habitación que reuniera todos los materiales de construcción de las localidades y en ella se hicieron las evaluaciones periódicas.

8.2.3. Efectividad de la Bifentrina utilizando colectas humanas nocturnas. Se correlacionó la reducción de picaduras del vector por capturas humanas, con la edad de rociado, un mes antes del mismo y ocho meses después. Equipos de 2 técnicos realizaron capturas exponiendo pies y tobillos desnudos a los mosquitos hembras tratando de obtener éxito alimenticio, las cuales fueron capturadas con aspirador bucal, (fig. 14). Los especímenes colectados se colocarán en vasos de cartón etiquetados con la hora de captura. Los sitios de captura fueron dentro de la vivienda y en el peridomicilio, aproximadamente a cinco metros de la puerta principal. El tiempo de colecta fue de 6 horas iniciando inmediatamente después de la puesta del sol, con jornadas de 50 minutos por hora y 10 minutos de descanso. Durante tres noches consecutivas por semana por localidad, se obtuvieron datos de picadura hombre-hora de una semana, por mes y por localidad. Cada noche se alternaron viviendas para este muestreo con la intención de disminuir el sesgo estadístico. Una localidad que no fue sometida al rociado fue escogida como testigo para la comparación.



Figura 14. Colectas humanas en las localidades.

8.2.4. Cambios en grupos de edad y comportamiento alimentario. La longevidad durante el estado de hematófago de un artrópodo es un dato importante para determinar su potencial como vector. Se observaron ovarios para determinar paridad (Detinova, 1962). De las colectas de hembras obtenidas por capturas humanas, se transportaron al laboratorio, se disecaron los ovarios del 100% de los mosquitos adormecidos con temperatura para obtener ovarios frescos y evitar que se cartonicen. Mediante el método de Detinova, se observaron traqueolas enrolladas o distendidas y determinar si eran hembras longevas (Paridas) o recién emergidas de los sitios de crianza (núlparas) (Fig. 15). La ausencia de hembras longevas en los muestreos indicó que estaban muriendo por efecto del insecticida. La apariencia del abdomen antes de la disección determinara el grado de digestión de la sangre o Estado de sella (OMS, 1975), para determinar si las hembras de mosquito se alimentaron o no con sangre; así mismo la etapa de digestión de la sangre y su estado de gravidez.

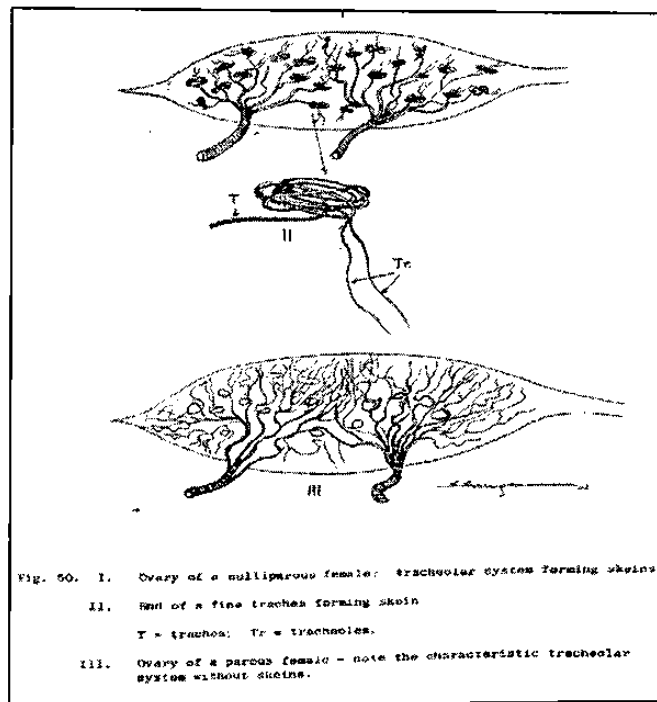


Figura 15. Observación de traqueolas ovariarias

8.2.5 Efectividad de la Bifentrina observando estados de digestión Sella en colectas de mosquitos adultos en reposo con aspiradores mecánicos.

La endofilia se define como la habilidad para pasar la mayor parte del tiempo durante el desarrollo de sus huevos dentro de las viviendas. Justo antes del amanecer un grupo de entomólogos, en un tiempo de 15 minutos por vivienda colectaron mosquitos reposando en el interior. Este muestreo se inició 15 días antes y una semana después de la aplicación del insecticida. Todos los mosquitos se contaron y se calculó la media de ejemplares por casa por quincena y por localidad. Esta información se relacionó con los cambios en las tasas de picadura medidas con cebo humano que se realizaron para cuantificar el efecto residual del insecticida.

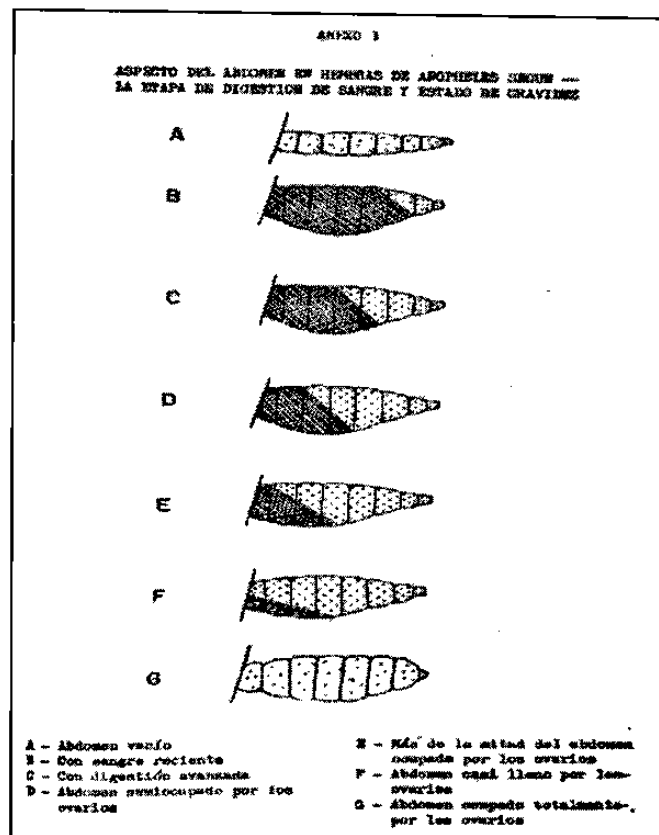


Figura 16. Estados de Sella

8.2.6. Evaluación del comportamiento de entrada y salida de *Anopheles albimanus* en relación con la aplicación de Bifentrina polvo humectable.

Por las características químicas de la molécula de Bifentrina, la cual carece del grupo Alfa-ciano que es el responsable del efecto irritación repelencia de la Deltametrina y otros piretroides, se empleó una trampa cortina colombiana para evaluar posibles efectos de repelencia, éxito alimenticio y mortalidad (Bown et al. 1986) (Fig. 17). Una vez por semana en cada localidad, se cubrió una casa con una cortina de tul de nylon desde el techo hasta el suelo.

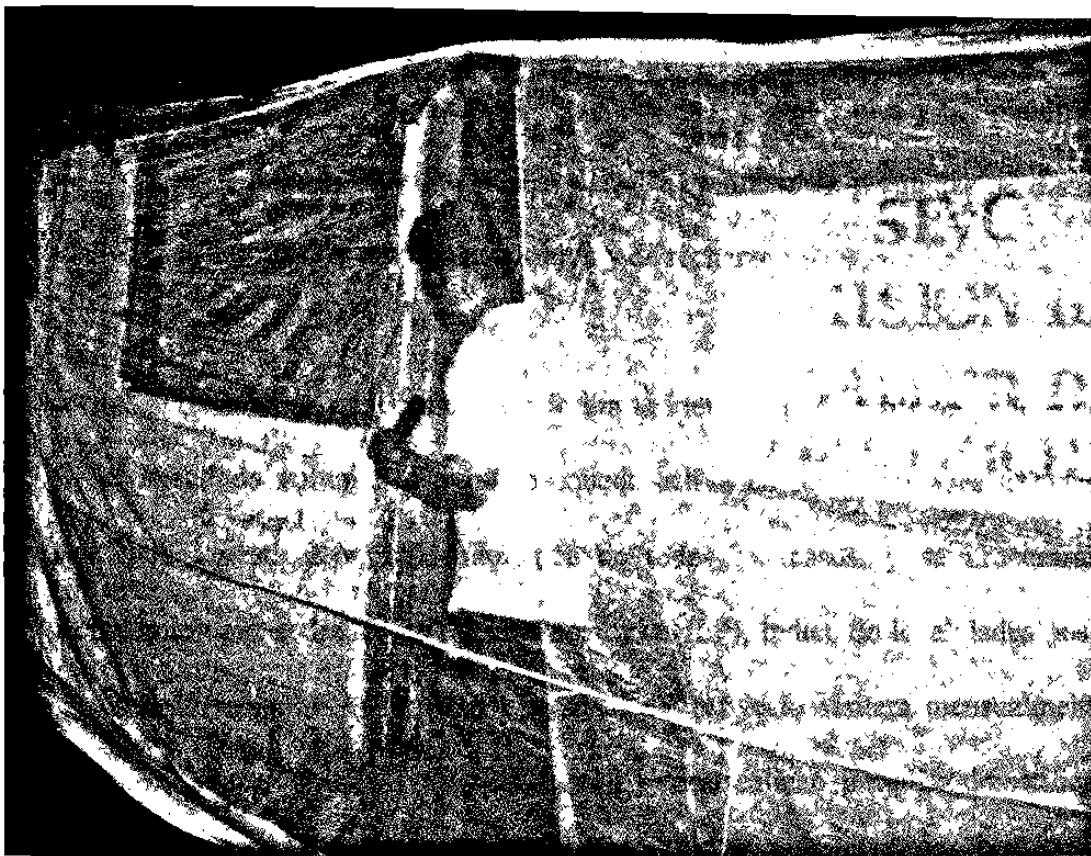


Figura 17. Trampa Cortina Colombiana

En el suelo entre la cortina y la pared se colocaron hojas blancas de para recoger mosquitos derribados o muertos por efecto del insecticida. Hembras mosquitos sin alimentar colectadas con capturas humanas en otro domicilio, se liberaron dentro de casa cubierta por la

cortina alrededor de las 19:00 horas. En intervalos de dos horas hasta las 02:00 am, los mosquitos que tuvieron una salida temprana fueron recuperados en la cortina y se clasificaron como alimentados y sin alimentar, y mantenidos en vasos de recuperación por 24 horas para determinar la mortalidad.

A las 6:00 horas antes de que la cortina sea recogida, se revisó el interior de la trampa en busca de mosquitos vivos, caídos y muertos.

8.2.7. Efectos de la Bifentrina en la comunidad y los rociadores. Empleando encuestas dirigidas para evaluar conocimientos, actitudes y practicas de los habitantes y la opinión de los rociadores en relación con la aplicación de Bifentrina. El número de preguntas se distribuyó equitativamente considerando aspectos de aceptación y de rechazo.

8.2.8.Reducción de casos de paludismo: se valorara la incidencia de casos de paludismo por notificación encomendada voluntarios y por búsqueda activa en las localidades tratadas con Bifentrina, se hará investigación epidemiológica de todos los casos, y se procesaran los indicadores epidemiológicos: Índice de laminas positivas (ILP), índice de localidades positivas (ILoP), y el índice Parasitario Anual (IPA): personal del proyecto visitara mensualmente las localidades para promover los puestos de notificación y para realizar pesquisa domiciliaria de febriles y sus convivientes, así como de aquellas personas con asociación epidemiológica.

9. RESULTADOS

9.1. Parámetros ambientales.

Durante el período de estudio se registraron temperaturas promedio de 28°C y una humedad relativa de 80%.

9.2. Preparación del insecticida.

Se utilizó una formulación de Bistar wp al 10% de Bifentrina grado técnico, se utilizó una mezcla de 62.5 gr. en 10 litros de agua, cuando se utilizó la manera tradicional de aspersión con bombas Hudson X-Pert, para depositar 25 mg/m². Cuando se empleó un rociado Bajo volumen con bombas motorizadas Solo, la mezcla necesitó 250 gr. de insecticida para 10 litros de agua y depositar la misma cantidad por metro cuadrado. La (Tab. 1) muestra el porcentaje de cobertura de las localidades sujetas a estudio, en un período comprendido de Julio a Septiembre de 2001 y en relación con la técnica de rociado utilizada; en general se obtuvo un porcentaje de cobertura de 93.6%.

9.3. Medición del efecto residual de la Bifentrina utilizando pruebas biológicas de pared. La mortalidad de los bioensayos en pared fue de 97% en los primeros 30 días cuando el rociado se realizó con bombas de aspersión Hudson o con la técnica de Bajo Volumen, no habiendo diferencias significativas en cuanto a la forma de aplicación. El efecto residual en pared de las viviendas rociadas con Bifentrina, utilizando hembras de *Anopheles albimanus* muestran un

máximo de 22 semanas con mortalidades mayores o iguales al 75%, con la dosis de 25 mg/m² (tabla 2).

9.4. Efectividad de la Bifentrina utilizando colectas humanas nocturnas. Un total de 3542 *An. albimanus* fueron colectados con cebo humano de 18:00 a 24:00 horas en las localidades sujetas a estudio entre Junio de 2001 y Enero de 2002 (Graf. 1). Las hembras de campo se trasladaron al laboratorio, donde se les alimentó con agua de azúcar al 10% para observar mortalidad. No se pudo observar un impacto directo del insecticida sobre la densidad de los mosquitos capturados y solamente en algunas localidades se registran disminución en el número de capturas, sobre todo en el interior del domicilio.

9.5. Cambios en los grupos de edad.

El impacto sobre la población vectorial se registró de manera evidente en la disminución de la edad de la población, ya que la paridad determinada por el método de Detinova, mostró una reducción del 50% antes de la aplicación a un 20% a los 15 días después del rociado, (Graf.2). Se diseccionó el 80% de las hembras capturadas (2830), y el otro 20% fue material biológico que no se pudo observar debido a la cartonización de sus intestinos y ovarios.

9.6. Efectividad de la Bifentrina observando estados de digestión Sella en colectas de mosquitos adultos en reposo con aspiradores mecánicos.

Se encontraron un total de 22 casas con *An.s albimanus* de 165 que se muestrearon, el promedio de mosquitos en reposo fue de 3.1, 15 días después de la aplicación de la Bifentrina, (Tab. 3). Los estados de digestión Sella de todas estas hembras fue de una alimentación reciente

y la mortalidad en recuperación a las 24 horas, tuvo un registro de 100% en los 2 primeros meses de la aplicación. En el transcurso del tercer mes la mortalidad disminuye a un 85% y se va haciendo menor conforme el rociado es mas antiguo. En la localidad testigo fueron muestreadas 200 viviendas, 60 de ellas positivas y un promedio de 5 mosquitos en reposo, con estados de digestión 1, 2 y 4. La mortalidad en este lote fue de 25%.

9.7. Evaluación del comportamiento de entrada y salida de *Anopheles albimanus* en relación con la aplicación de Bifentrina polvo humectable.

Se utilizó la trampa cortina colombiana para medir éxito repelencia, encontrando un 25% de las hembras liberadas sin alimentar (1650) tratando de escapar antes de conseguir éxito alimenticio, o por al menos dos horas de haber reposado en la habitación rociada, (Graf. 3). Las hembras recapturadas fueron alimentadas en el laboratorio durante 24 horas y se registró una mortalidad de 100%. En la localidad testigo sin rociar, los resultados mostraron que un 20 % de las hembras liberadas no lograron alimentarse y fueron capturadas tratando de escapar en la trampa cortina colombiana. No se registro mortalidad en la casa testigo al recuperar las hembras durante 24 horas.

9.8. Efectos de la Bifentrina en la comunidad y los rociadores.

En encuestas dirigidas a los habitantes de las casas rociadas, los cuales fueron en total 112, a los que se le cuestiono sobre cuatro parámetros de reacción a la aplicación de Bifentrina, (Graf. 4). El 85% no tuvo ninguna molestia, y el porcentaje restante tanto aplicadores como moradores, tuvieron algún síntoma de irritación, dolor de cabeza y comezón. También manifestaron que la Bifentrina fue efectiva para controlar otro tipo de Artrópodos como cucarachas y algunas arañas.

1.9. Reducción de casos de paludismo.

Fue muy difícil determinar el impacto de la aplicación del insecticida sobre la aparición de casos en las localidades estudiadas, ya que solamente se aplicó una vez durante ese tiempo, los casos de paludismo en el año 2001, tuvieron una incidencia mayor en las localidades de Juan Sarabia, Ramonal, Allende, Laguna Guerrero y Raudales, llegando a un total de 407, lo que significó un promedio de 7.8 casos por semana, (Graf. 5). Para el año 2002 donde se esperaba ver el impacto de la aplicación, el número de casos disminuyó a 276 con un promedio de 5.2 casos por semana y para el año 2003 la incidencia es aun menor con solamente 72 con un promedio de 1.6 casos hasta la semana 46; sin embargo esta reducción también puede atribuirse a las acciones simultáneas de ataque del vector y del parásito.

10. DISCUSIONES.

El rociado intradomiciliario como medida de control, las características esenciales de la medida por sí misma pueden ser reconocidas. El resultado esperado del rociado intradomiciliario, en contraste con las medidas antilarvales, primariamente no es la reducción de la densidad, si no un incremento en la mortalidad de las hembras preparadas para la transmisión de la enfermedad. El objetivo es matar mosquitos después de alimentarse, mientras reposan en superficies rociadas con insecticida.

Bifentrina cumple con las propiedades de un buen insecticida, baja repelencia, baja toxicidad, amable con el hombre y el medio ambiente y residualidad. Con las 22 semana de permanencia en superficies rociadas (madera y concreto). Estos resultado son muy similares a los encontrados por Arredondo-Jiménez et al., 2000 en estudio realizado en Tapachula Chiapas, lo que demuestra que la Bifentrina posee un buen efecto residual al ser aplicado mediante aspersion de bombas manuales.

En colectas humanas no se pudo observar disminución en las densidades y solo podemos observar una ligera disminución en las capturas realizadas en el intradomicilio, tal y como se menciona en los antecedentes, en donde fue notorio el impacto de la Bifentrina fue en la reducción de la tasa de paridad, de un 50% registrado antes de la aplicación y 20% después de la misma. Esto da lugar para poder decir que los rociados domiciliarios, siguen siendo una herramienta muy importante para el control de mosquitos transmisores de paludismo, como lo fue a fines de la segunda guerra mundial (OMS, 1999).

Antes de que las autoridades responsables del control del paludismo consideren el uso de un tratamiento residual en las paredes de las casas (con DDT, piretroides o algún otro), se necesita realizar estudios sobre los hábitos del vector responsable de la transmisión (Rozendaal,

et al., 1989). En el sur de Quintana Roo, la conducta de *Anopheles albimanus* registran datos de una marcada tendencia de este especie a permanecer por lo menos unas pocas horas reposando en el interior de las habitaciones rociadas. El promedio de anofelinos encontrados disminuyó de 4.5 a 2.4 en las casas visitadas y los estados de digestión se ven afectados al encontrar solamente Sella 1, después de la aplicación del insecticida.

La exofilia se define como la conducta que exhiben algunos vectores de reposar antes o después de alimentarse fuera de los domicilios (Fleming, 1986). Una de las propiedades de la molécula de Bifentrina es la carencia del grupo alfa-ciano, responsable de causar la repelencia e irritación de piretroides como la Deltametrina (FMC, 2000). Los resultados exhibidos por la trampa cortina colombiana al liberar hembras de *An. albimanus* sin alimentar, sugieren que hay una repelencia muy baja en relación con el área testigo, ya que el 30 % de las hembras mostraron una salida temprana sin conseguir su éxito alimenticio, comprobando con esto las propiedades descritas del insecticida anteriormente.

La aceptación de los rociadores y la gente que vive en la comunidad estuvo por encima de 85%, los efectos de irritación y comezón se manifestaron en el porcentaje restante. La molécula de Bifentrina posee propiedades muy diferentes a los piretroides con el radical alfa-ciano, menos poder de irritación y por ende menor repelencia (FMC, 2000).

En relación con la reducción de casos de paludismo, se registraron disminuciones en la morbilidad a partir del año de la aplicación (Graf. 5), el promedio de casas por semana disminuyó de 7.8 a 5.4. El impacto de Bifentrina sobre la interrupción de la transmisión de paludismo, tiene su lugar en la disminución de la capacidad vectorial de *An. albimanus* al reducir la tasa de paridad de 50 a 20%.

11. CONCLUSIONES

- 1.- *Anopheles albimanus* en el sur del estado de Quintana Roo sigue exhibiendo hábitos marcados de endofilia, es decir que los mosquitos tienden a pasar un tiempo de su vida reposando dentro de las viviendas. Los mosquitos entran y se alimentan adquieren la dosis letal y regresan a sus refugios naturales o permanecen en las casas hasta morir.
- 2.- Debido a esta característica, el rociado domiciliario sigue siendo el arma principal para controlar mosquitos longevos, capaces de transmitir paludismo. La paridad se redujo a niveles que significaron bajo riesgo de transmisión. Por las cualidades del producto de baja repelencia, las poblaciones de *An.s albimanus* siguieron consiguiendo éxito alimenticio en el interior de las casas, ya que no hubo ninguna variación en la estacionalidad y la temporalidad, teniendo con esto mayor oportunidad de que los mosquitos entraran en contacto con el insecticida.
- 3.- Los casos de paludismo siguen una tendencia descendente hasta el 2003 pero no podemos atribuirle todo el éxito a la aplicación del insecticida, ya que no se pudo evaluar en las localidades, solamente la actividad del rociado ya que se establecen acciones simultaneas como la aplicación de larvicidas, aplicaciones espaciales de ULV y los ataques masivos al p arásito mediante el uso de cloroquina y primaquina.
- 4.- A pesar de que a nivel nacional, la tendencia es de reducir al máximo de rociados residuales, esta investigación nos deja de experiencia que al menos en Quintana Roo y muy probable en todo el país, no debemos de dejar esta herramienta útil, por la sencilla razón de que los hábitos de los vectores no han cambiado y siguen teniendo menor expectativa de vida por acción de los insecticidas residuales en pared.

12. LITERATURA CITADA

- Arredondo – Jimenez, J.I., Loyola E.G., Rodríguez M.H. Danis-Lozano R., Fuentes G., Villareal C. 1993b. Efectividad de un insecticida Carbamato en rociado intradomiciliar a bajo volumen para el control del paludismo. Salud Pub. Mex. 35: 27 – 38.
- Bates, M. 1954. The Natural History of Mosquitoes. Macmillan, New York.
- Benenson A. S, 1997. Manual para el control de las enfermedades transmisibles. Organización Panamericana de la Salud. OMS. Washington, D.C. EUA
- Bruce-Chwatt, L.J y J. de Zulueta, 1980. The rise and fall of Malaria in Europe. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Ecobichon, D.J. 1996. Toxic effects of pesticides. Cassarett and Doull toxicology. The Basic Science of poison. Curtis D. Klassen (Ed). Fifth edition. Mc. Graw-Hill, New york, 643-669 pp.
- Fernández S. I. et al., 1993. Host Selection patterns of *Anopheles Pseudopunctipennis* under insecticide spraying situations in southern México. Journal Of the American Mosquito Control Association, 9(4): 375-384.

- Finot L., S., Duchon, F. Chandre and P. Guillet, 1997. Laboratory investigation on the activity of Bifenthrin against mosquitoes. Unpublished report to the WHO pesticide evaluation Scheme
- Fleming G., 1986. Biología y Ecología de los vectores de la Malaria en las Américas. OPS. Washington, D.C.
- Garret J. y R.G Shidrawi, 1969. Malaria Vectorial Capacity of a Population of *Anopheles gambiae*. WHO : 40: 531-545.
- Hamon J. et al, 1970. Problems facing *Anopheline* Vector Control. Vector Ecology And Behavior Before, During and After Application of Control Measures. Miscellaneous publications of the entomological Society Of America. 7: 28-43.
- Harwood, R.F. y M.T. James, 1993. Entomología Médica y Veterinaria. 7ª. Ed. Limusa, México.
- Knell, A.J. 1991. Malaria. A publication of the tropical programme of the wellcome trust. Oxford University Press.
- Loyola, E. G., M.A. Vaca, D. N. Bown, E. Pérez, M.H. Rodríguez, 1991. Comparative use of Bendiocarb and DDT to control *An. Pseudopunctipennis* in a malarious area of México. Medical and Vet. Entomol. 5: 233-242.

Mattingly, P. F. 1983. The paleogeography of mosquito-borne disease. *Biol. J. Linn. Soc.* 19: 185-210.

Organización Mundial de la Salud, 1986. Resistencia de vectores y reservorios de enfermedades a los plaguicidas. Serie de informes técnicos No. 737.

Pant, C. P. 1988. Malaria Vector Control : imagociding. In Wensdorfer, W.H. Mc. Gregor (eds) in *Malaria: Principles and practice of Malariology*,. Churchill-Livingstone, Edinburg, London, Melbourne and New York. Vol. 2: 1173-1212 pp.

Ramsey JM, E. Salinas, D.N. Bown, M.H. Rodríguez, 1994. *Plasmodium vivax* sporozoite rates from *Anopheles albimanus* in southern Chiapas, México. *J. Parasitology.* 80: 489-493.

Roberts D. R. et al., 1981. Influence of Physiological condition on the behavioral response of *Anopheles darlingi* to DDT. *Mosquito News.* Vol. 44 No. 3. Septiembre, 1984. pp. 357-358.

Rodríguez M.H., E.G. Loyola, 1989. Situación epidemiológica actual y perspectivas de la investigación entomológica en México, In S.Ibañez (ed), *Memorias del IV Simposio Nacional de Entomología Médica y Veterinaria.* Sociedad Mexicana de Entomología, México D.F.

Rozendaal, J. A., J.P.M. Van Of, J. Voorham, B.F.J. Oostburg, 1989. Behavioral studies of *Anopheles darlingi* in Suriname to DDT residues on house walls. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 5: 339-350.

Sistema Único de información para la Vigilancia Epidemiológica. DGE/SSA 1998.

Wilkerson and Strickman , 1990. Clave ilustrada para la identificación de las hembras de mosquitos anofelinos de México y Centroamérica. *J.Am.Mosq.Control Assoc.* Vol.6 No.1 pp. 7-34.

World Health Organization, 1998. Fact Sheets. No. 94. <http://www.who.ch/>

World Health Organization, 1975. Manual on practical entomology in malaria. Vol 2. WHO, Geneva.

Yadav R.S et al., 2003. House scale evaluation of Bifenthrin Indoor residual Spraying for Malaria Vector Control in India.

13. ANEXO

ESTADO	TRABAJO PROGRAMADO											TRABAJO REALIZADO											
	FECHA	KGS.	ORD.	P/N	AUT	CROQUIS	CARGAS		Mts.	HBTES.	H/D	FECHA	Casas Rociadas	Casas	Kgs.	Casas cerradas	Casas Pendientes	Otras Causas	Casas Nuevas	Habitantes Protegidos	H/D	%	
							SUSP.	SUSP.															
QUINTANA ROO																							
O.P.B.																							
Juan sarabia	30-Jul	35	1	6	2	*	281	281	Solo	709	21	30-Jul	256	92	23	8	10	8	1	800	30	91.1	
	2-Aug										10-Aug												
Ramonal	3-Aug	36	2	4	2	*	285	285	Hudson	831	36	3-Aug	270	167	21	9	1	5	-	812	42	94.7	
	13-Aug										13-Aug												
Allende	14-Aug	36	3	4	2	*	286	286	Solo	841	21	13-Aug	268	146	12.25	3	9	11	771	25	90.2		
	17-Aug										18-Aug												
Lag. Guerrero	20-Aug	30	4	5	2	*	245	245	Solo	627	19	29-Aug	242	124	15.5	-	3	11	516	24	98.7		
	22-Aug										1-Sep												
Raudales	29-Aug	21	5	2	2	*	173	216	Hudson	227	13	5-Sep	153	106	13.25	2	16	4	208	30	88.43		
	27-Aug										10-Sep												
TOTAL DEL MES		158	15	21	10	0	1270	1313	0	3235	110	1189	635	85	51	16	41	27	3107	151	93.6		

Tabla 1. Porcentaje de cobertura del Rociado con Bifentrina en las localidades estudiadas.

EFECTO RESIDUAL					
SEMANAS					
LOCALIDAD	MOTOMOCHILA	HUDSON	MOTOMOCHILA	MOTOMOCHILA	HUDSON
TECNICA ROCIADO					
TIPO DE MATERIAL	JUAN SARABIA	RAMONAL	ALLENDE	LAGUNA GUERRERO	RAUDALES
MADERA	21	22	22	20	22
CONCRETO	20	22	21	20	22

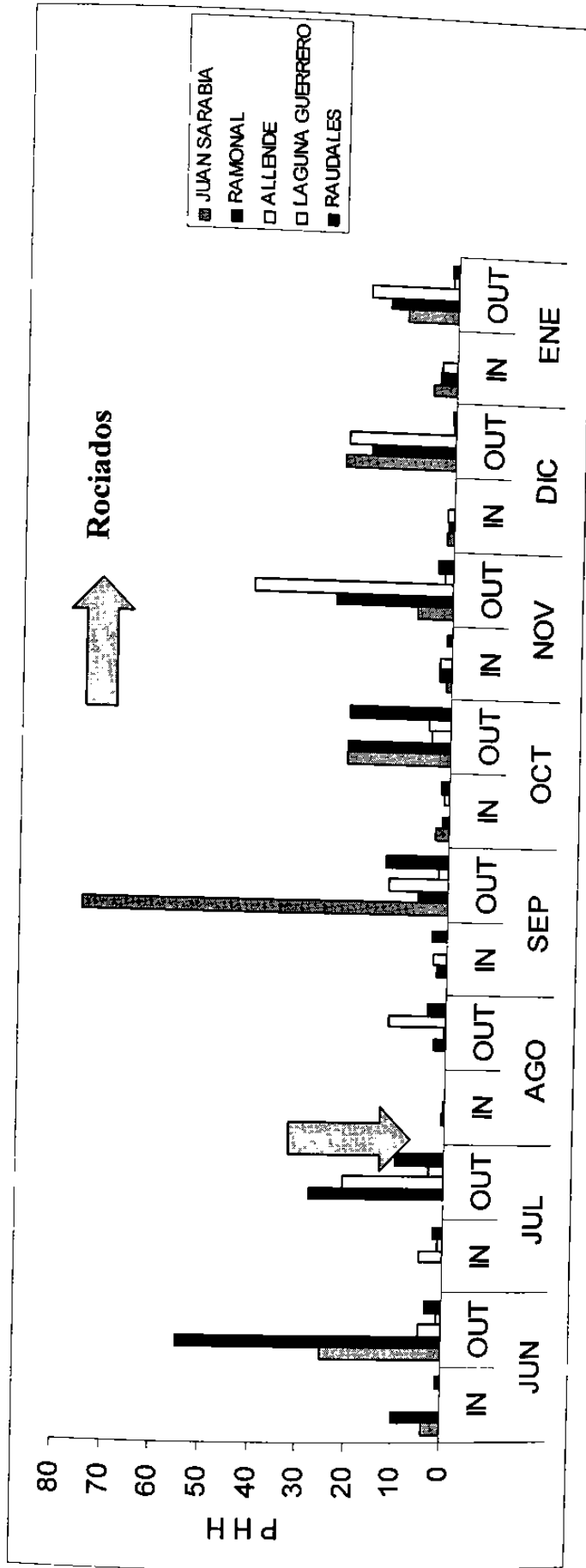
Tabla 2. Número de semanas de efecto residual con 75% o más de mortalidad de acuerdo con las superficies rociadas.

LOCALIDAD	JUN		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC		ENE	
	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT
	JUAN SARABIA	4	25	5.6	23.4	0	27.3	2.6	7.5	2.7	21.3	0.88	7.5	1.5	22.7	5
RAMONAL	10	55	6.3	28	0.66	2.5	2	6.3	1.4	21.2	2.5	24.11	0.88	17.5	3.6	14.1
ALLENDE	0	5	5	21.1	0.22	0.33	2.7	12.1	0.8	3.7	2.5	41.1	1.3	22	3	18
LAGUNA GUERRERO	0	1	1	3	0	12	0	2	1	4.6	0	1.6	0	0.22	0	1
RAUDALES	1	3.5	2	10	0	4	3	13	1.6	21	1	3	0.11	0.66	0	1.5

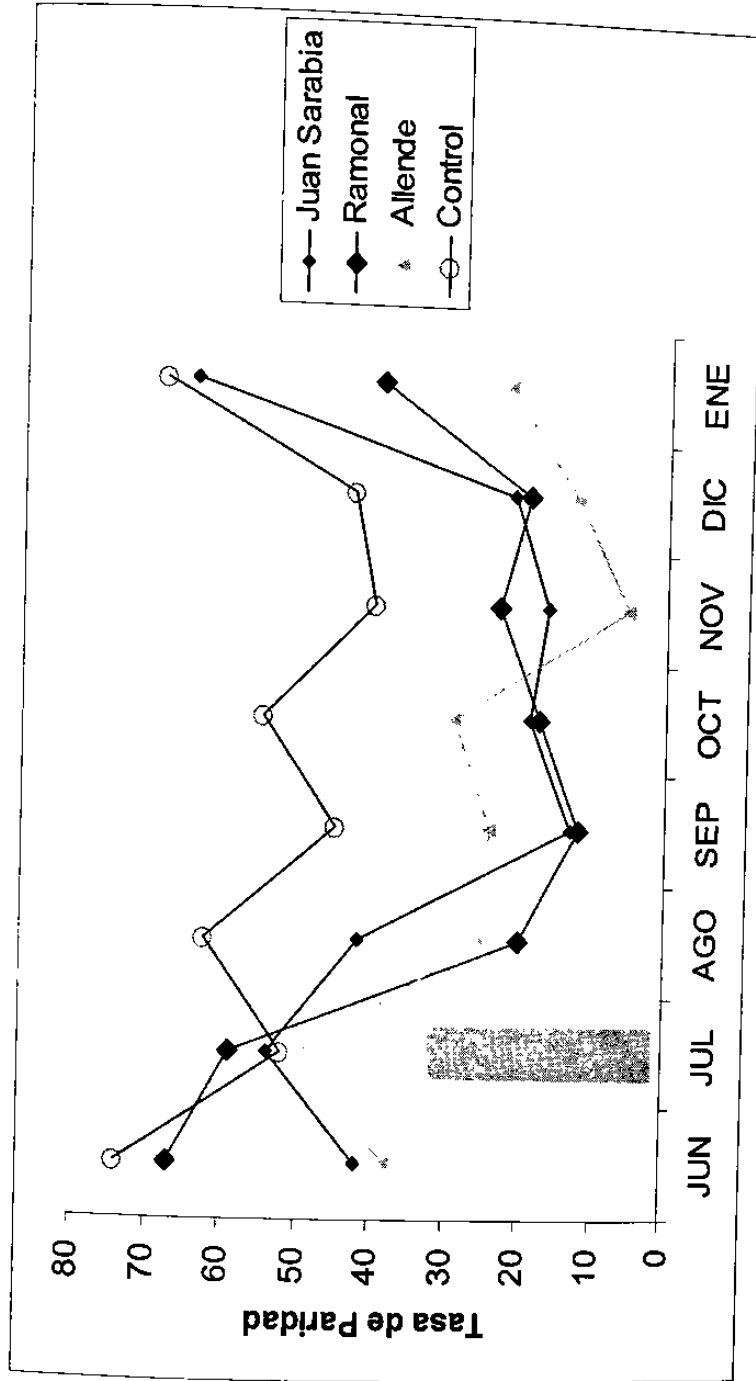
Tabla 3. Densidad en Picadura por hombre por hora de acuerdo al sitio de colecta, antes y después de los rociados.

PROMEDIO DE ANOFELINOS CAPTURADOS EN CASAS POSITIVAS										
LOCALIDADES	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	TOTAL			
JUAN SARABIA	3	4.5	2	1	2	4	2.7			
RAMONAL	4.5	4	2	1.5	3	3	3			
ALLENDE	3	4.5	2.2	6	4	2	3.6			
CONTROL	7	4.5	6	3.5	5	4	5			

Tabla 4. Promedio de Anofelinos capturados reposando dentro de los domicilios.



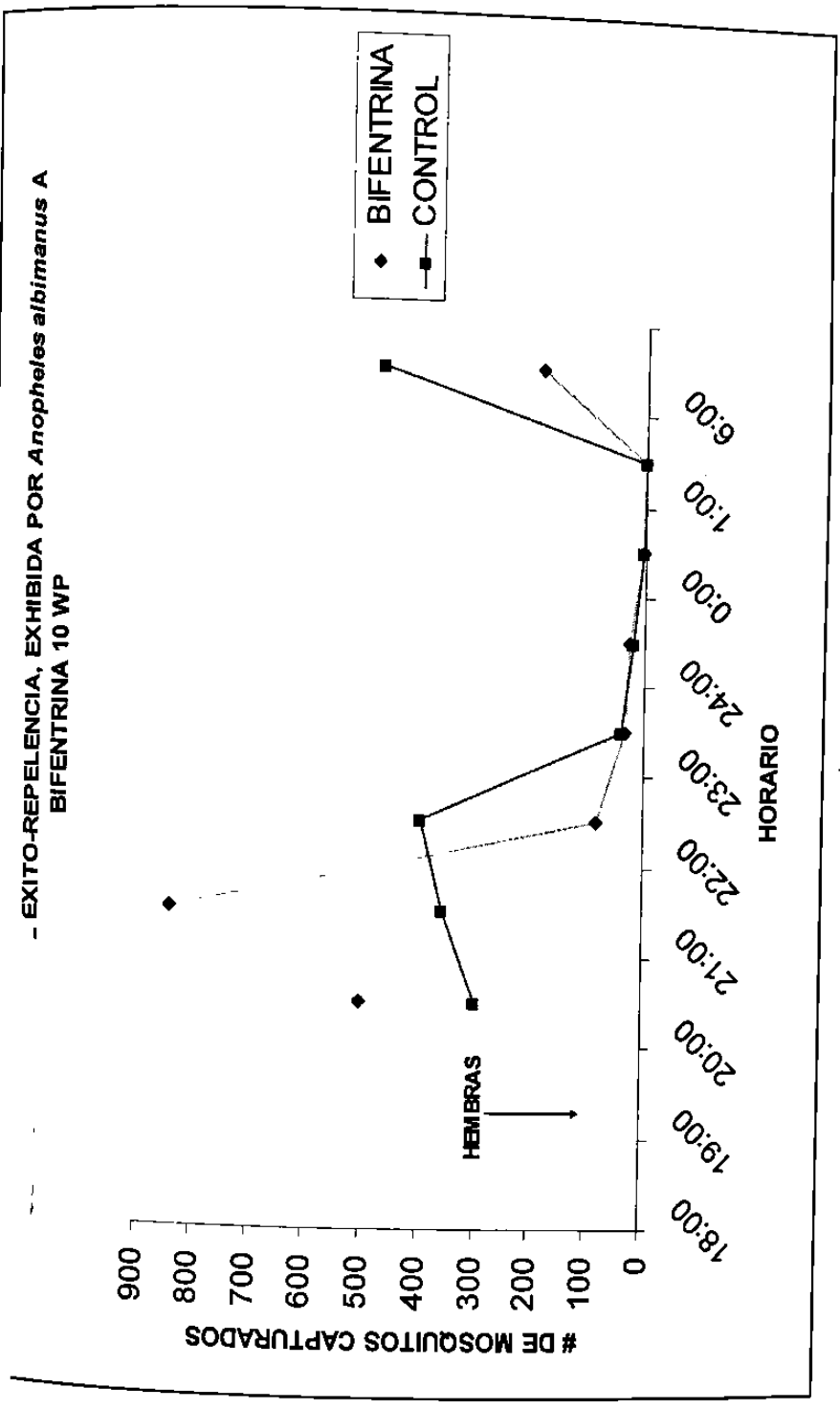
Grafica 1. Variación temporal y Espacial de Anopheles albimanus en relación a la aplicación de Bifentrina.



Gráfica 2. Comportamiento de la Edad Fisiológica en relación con la aplicación de Bifentrina.

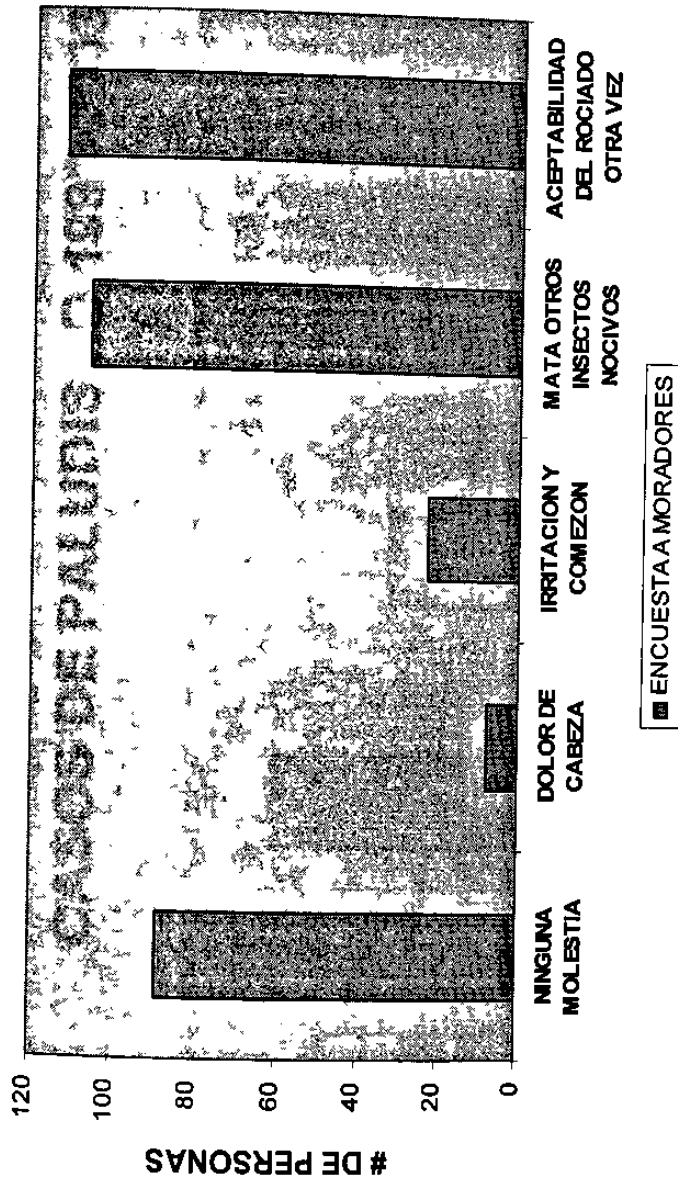


Rociados



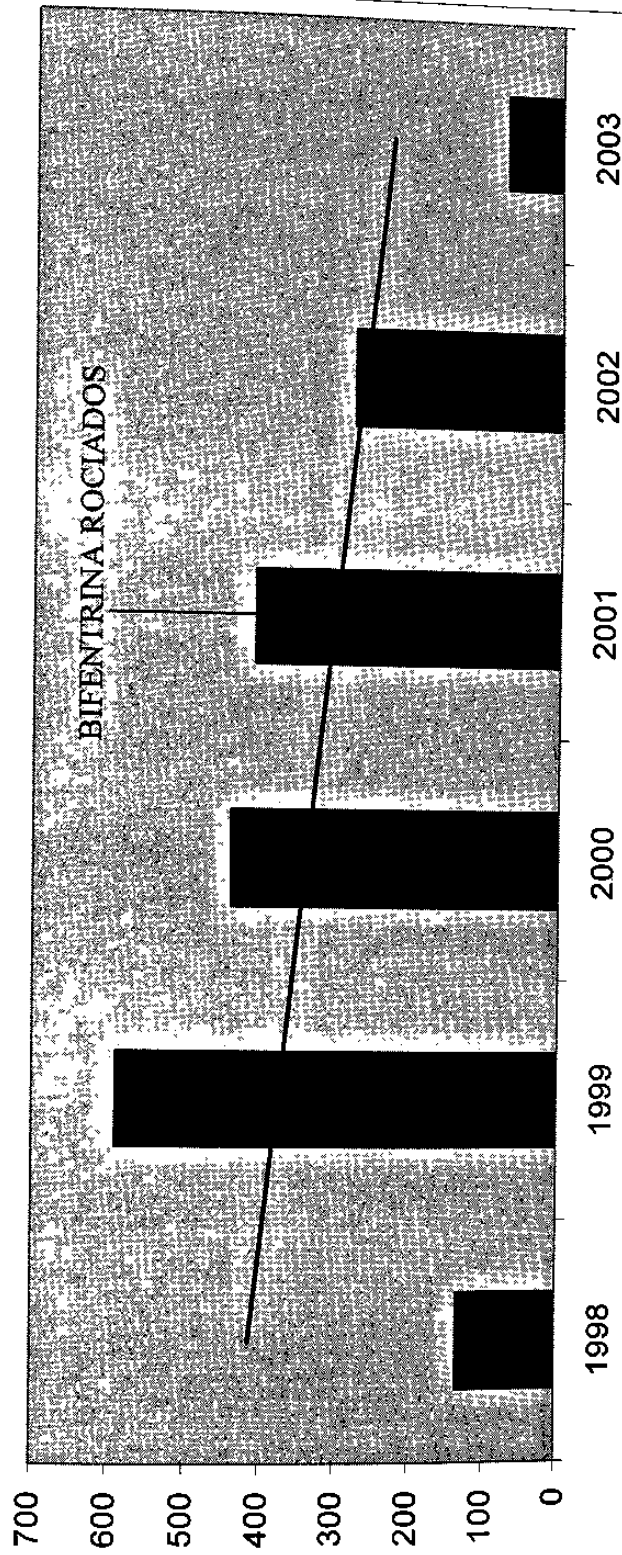
Gráfica 3. Comportamiento se éxito repelencia, exhibida por *Anopheles albimanus* en relación con la Aplicación de Bistar 10 wp.

ENCUESTA DE ACEPTACION AL ROCIADO DOMICILIARIO CON BIFENTRINA 10 WP, EN LOCALIDADES DEL SUR DEL ESTADO DE Q.ROO, 2001.



Gráfica 4. Resultados de las encuestas de aceptación al rociado intradomiciliario con Bifentrina 10 wp.

CASOS DE PALUDISMO 1998-2003



Gráfica 5. Casos de Paludismo en el Sur del Estado de Quintana Roo 1998-2003

